T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI KULLANILARAK PISA VERİLERİNE GÖRE ÖĞRENME DÜZEYLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gözde Fatma HACIOĞLU

Danışman
Prof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK

ARTVİN-2024

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak PISA Verilerine Göre Öğrenme Düzeylerine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi" adlı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallarauygun olarak davrandığımı taahhüt ederim. Aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasalsonucu kabul ettiğimi de beyan ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

□ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

□ Tezim sadece Artvin Çoruh Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.

□ Tezimin 6 ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

15/10/2024

Gözde Fatma HACIOĞLU

İmza

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEZ KABUL TUTANAĞI

Prof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK danışmanlığında, **Gözde Fatma HACIOĞLU** tarafından hazırlanan bu çalışma 17/09/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi** Anabilim Dalı'nda **oybirliği/~~oyçokluğu~~** ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Refik Dilber	İmza:……
Jüri Üyesi	: Prof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK	İmza:……
Jüri Üyesi	: Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT	İmza:……

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir.

15/10/2024

Prof. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ BEYANNAMESİ ..... **II**
TEZ KABUL TUTANAĞI ..... **III**
İÇİNDEKİLER ..... **IV**
TABLO LİSTESİ ..... **VII**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **XIX**
KISALTMALAR ..... **XXII**
ÖZET ..... **XXIII**
SUMMARY ..... **XXV**
ÖNSÖZ ..... **XXVI**

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

1.1. Araştırma Problemi **3**
1.2. Araştırma Soruları **4**
1.3. Araştırmanın Amacı **5**
1.4. Araştırmanın Önemi **6**
1.5. Sayıltılar **8**
1.6. Sınırlılıklar **8**

İKİNCİ BÖLÜM
KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. PISA Nedir? **9**
2.2. 2015 PISA Uygulaması **10**
2.3. 2018 PISA Uygulaması **11**
2.4. Değişkenler **11**
2.5. PISA ile İlgili Çalışmalar **12**
2.6. PISA Araştırmalarında Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Uygulandığı Çalışmalar **16**

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
YÖNTEM

3.1. Çalışmanın Modeli **19**
3.2. Çalışmanın Evreni ve Örneklemi **19**
3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları **20**
3.4. Verilerin Analiz Süreci ve Metodoloji **22**
3.5. Verilerin Analizinde Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmaları **27**

3.5.1. Rastgele orman (RF) 27
3.5.2. Aşırı gradyan artırma (XGBoost) 28
3.5.3. Destek vektör regresyon (SVR) 29
3.5.4. Bayes düzenlemeli yapay sinir ağları (BRNN) 31

3.6. Model Performans Metrikleri **32**

3.7. Değişkenlerin Önem Parametrelerinin Belirlenmesi: SHAP Metodu 34
3.8. Değişkenlerin Benzerliklerinin Karşılaştırılması: Jaccard indeksi 34
3.9. Yazılım/Donanım Kaynakları ve Programlama 36

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
BULGULAR

4.1. 2015 PISA Bulguları 38

4.1.1. Türkiye Örneklemi 38

4.1.1.1. Fen Okuryazarlığı 38
4.1.1.2. Matematik Okuryazarlığı 55
4.1.1.3. Okuma Becerileri 67

4.1.2. Singapur Örneklemi 79

4.1.2.1. Fen Okuryazarlığı 79
4.1.2.2. Matematik Okuryazarlığı 91
4.1.2.3. Okuma Becerileri 103

4.2. 2018 PISA Bulguları 115

4.2.1. Türkiye Örneklemi 115

4.2.1.1. Fen Okuryazarlığı 115
4.2.1.2. Matematik Okuryazarlığı 128
4.2.1.3. Okuma Becerileri 141

4.2.2. Çin (B-S-J-Z) Örneklemi 153

4.2.2.1. Fen Okuryazarlığı 153
4.2.2.2. Matematik Okuryazarlığı 164
4.2.2.3. Okuma Becerileri 176

4.3. Önem Parametresi Yüksek Değişkenlerin Karşılaştırılması 188

4.3.1. Alana Göre Benzerliklerin Karşılaştırılması 188

4.3.1.1. Türkiye 2015 PISA Bulguları 189
4.3.1.2. Singapur 2015 PISA Bulguları 191
4.3.1.3. Türkiye 2018 PISA Bulguları 194
4.3.1.4. Çin (B-S-J-Z) 2018 PISA Bulguları 196

4.3.2. Ülkeye Göre Benzerliklerin Karşılaştırılması 199

4.3.2.1. 2015 PISA: Türkiye ile Singapur 199
4.3.2.2. 2018 PISA: Türkiye ile Çin (B-S-J-Z) 201

4.3.3. Yıla göre benzerliklerin karşılaştırılması 204

4.4. Başarı Puanlarının Geleceğe Yönelik Tahmini 206

4.4.1. 2018 PISA Fen başarı skorlarının tahmini 206
4.4.2. 2018 PISA Matematik başarı skorlarının tahmini 213
4.4.3. 2018 PISA Okuma Becerisi Skorlarının Tahmini 219

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇLAR TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Özel Sonuçlar 225

5.1.1. 2015 PISA Türkiye Sonuçları 225
5.1.2. 2015 PISA Singapur sonuçları 227
5.1.3. 2018 PISA Türkiye Sonuçları 230
5.1.4. 2018 PISA Çin Sonuçları 232
5.1.5. Önem Parametresi Yüksek Değişkenlerin Karşılaştırılması 235
5.1.6. Başarı Puanlarının Geleceğe Yönelik Tahminleri 239

5.2. Genel Sonuçlar 241
5.3. Tartışma 242
5.4. Öneriler 247

KAYNAKLAR 249
EKLER 263
ÖZGEÇMİŞ 336

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. PISA kriterlerine göre tespit edilen çeşitli değişkenlerin kategori ve alt kategorileri 21
Tablo 2. Araştırmada Türkiye örneklemi için gözlemlenen değişkenlerin sayıları 22
Tablo 3. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 38
Tablo 4. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri 39
Tablo 5. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 40
Tablo 6. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri 41
Tablo 7. Öğrenci odaklı değişkenler için Shapley değerlerinin kümülatif toplamları ile belirlenen değişkenler ile oluşturulan modellerin değişken sayıları ve performans göstergeleri 48
Tablo 8. Okul odaklı değişkenler için Shapley değerlerinin kümülatif toplamları ile belirlenen değişkenler ile oluşturulan modellerin değişken sayıları ve performans göstergeleri 48
Tablo 9. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 51
Tablo 10. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 51
Tablo 11. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin eğitim verisi performans metrikleri 52
Tablo 12. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri..... 52
Tablo 13. 2015 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 53
Tablo 14. 2015 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 54

Tablo 15. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 55
Tablo 16. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri ... 56
Tablo 17. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 57
Tablo 18. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri ... 58
Tablo 19. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 63
Tablo 20. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri 63
Tablo 21. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 64
Tablo 22. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri 64
Tablo 23. 2015 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 65
Tablo 24. 2015 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 66
Tablo 25. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 67
Tablo 26. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri ... 68
Tablo 27. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 69
Tablo 28. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri ... 70

Tablo 29. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 75
Tablo 30. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 75
Tablo 31. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 76
Tablo 32. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri 76
Tablo 33. 2015 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 77
Tablo 34. 2015 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 78
Tablo 35. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 79
Tablo 36. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri ... 80
Tablo 37. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 81
Tablo 38. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri 81
Tablo 39. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 87
Tablo 40. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 87
Tablo 41. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 88
Tablo 42. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 88
Tablo 43. 2015 Singapur Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 89
Tablo 44. 2015 Singapur Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 90

Tablo 45. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 91
Tablo 46. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri ... 92
Tablo 47. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 93
Tablo 48. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri ... 93
Tablo 49. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 99
Tablo 50. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 99
Tablo 51. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 100
Tablo 52. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 100
Tablo 53. 2015 Singapur Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 101
Tablo 54. 2015 Singapur Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 102
Tablo 55. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 103
Tablo 56. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri . 104
Tablo 57. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 105
Tablo 58. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri . 105

Tablo 59. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 111
Tablo 60. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 111
Tablo 61. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 112
Tablo 62. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 112
Tablo 63. 2015 Singapur Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 113
Tablo 64. 2015 Singapur Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 114
Tablo 65. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 115
Tablo 66. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri 116
Tablo 67. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 117
Tablo 68. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri..... 118
Tablo 69. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 123
Tablo 70. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 123
Tablo 71. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 124
Tablo 72. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 124
Tablo 73. 2018 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 125
Tablo 74. 2018 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 127

Tablo 75. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 128
Tablo 76. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri 129
Tablo 77. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 130
Tablo 78. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri 130
Tablo 79. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 136
Tablo 80. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 136
Tablo 81. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 137
Tablo 82. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 137
Tablo 83. 2018 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 138
Tablo 84. 2018 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 140
Tablo 85. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 141
Tablo 86. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri 142
Tablo 87. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 143
Tablo 88. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri 143
Tablo 89. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 148
Tablo 90. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 148

Tablo 91. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 149
Tablo 92. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 149
Tablo 93. 2018 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 150
Tablo 94. 2018 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 152
Tablo 95. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 153
Tablo 96. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri 154
Tablo 97. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 155
Tablo 98. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri 155
Tablo 99. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 160
Tablo 100. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 160
Tablo 101. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 161
Tablo 102. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 161
Tablo 103. 2018 Çin Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 162
Tablo 104. 2018 Çin Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 163
Tablo 105. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri 164
Tablo 106. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri 165

Tablo 107. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 166
Tablo 108. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri 166
Tablo 109. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 172
Tablo 110. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 172
Tablo 111. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 173
Tablo 112. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 173
Tablo 113. 2018 Çin Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 174
Tablo 114. 2018 Çin Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 175
Tablo 115. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 4. Grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 176
Tablo 116. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 4. Grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri 177
Tablo 117. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 178
Tablo 118. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri 178
Tablo 119. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 184
Tablo 120. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 184
Tablo 121. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri..... 185
Tablo 122. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri 185

Tablo 123. 2018 Çin Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. 186
Tablo 124. 2018 Çin Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi. 187
Ek Tablo 1. 2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler.. 263
Ek Tablo-2. 2015 PISA verileri için modellerde kullanılan okul odaklı değişkenler 265
Ek Tablo-3. 2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler . 267
Ek Tablo-4. 2018 PISA verileri için modellerde kullanılan okul odaklı değişkenler 270
Ek Tablo 5. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 273
Ek Tablo 6. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 276
Ek Tablo 7. PISA-2015 Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 279
Ek Tablo 8. PISA-2015 Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 282
Ek Tablo 9. PISA-2015 Türkiye örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 284
Ek Tablo 10. PISA-2015 Türkiye örneklemi Okuma becerileri alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 287
Ek Tablo 11. PISA-2015 Singapur örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 289
Ek Tablo 12. PISA-2015 Singapur örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 292

Ek Tablo 13. PISA-2015 Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 294
Ek Tablo 14. PISA-2015 Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 297
Ek Tablo 15. PISA-2015 Singapur örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 299
Ek Tablo 16. PISA-2015 Singapur örneklemi Okuma becerileri alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 302
Ek Tablo 17. PISA-2018 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 304
Ek Tablo 17. PISA-2018 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 305
Ek Tablo 17. PISA-2018 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 306
Ek Tablo 18. PISA-2018 Türkiye örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 307
Ek Tablo 19. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 309
Ek Tablo 19. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 310
Ek Tablo 19. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 311

Ek Tablo 20. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 312
Ek Tablo 20. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 313
Ek Tablo 21. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 314
Ek Tablo 21. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 315
Ek Tablo 21. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 316
Ek Tablo 22. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 317
Ek Tablo 22. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 318
Ek Tablo 23. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 319
Ek Tablo 23. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 320
Ek Tablo 23. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 321
Ek Tablo 24. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması 322

Ek Tablo 24. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)..... 323
Ek Tablo 25. PISA-2018 Çin örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması..... 324
Ek Tablo 25. PISA-2018 Çin örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 325
Ek Tablo 25. PISA-2018 Çin örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 326
Ek Tablo 26. PISA-2018 Çin örneklemi Matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması..... 327
Ek Tablo 26. PISA-2018 Çin örneklemi Matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 328
Ek Tablo 27. PISA-2018 Çin örneklemi Okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması..... 329
Ek Tablo 27. PISA-2018 Çin örneklemi Okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor) 330
Ek Tablo 28. PISA-2018 Çin örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması..... 331
Ek Tablo 28. PISA-2018 Çin örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)..... 332
Ek Tablo 29. PISA-2018 geleceğe yönelik tahmin için fen skoru tahmin değişkenleri... 333

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1. Çalışmada uygulanan genel işlem adımları (*Not: Figürler temsili çizilmiştir*)..... 26
Şekil 2. **a)** öğrenci odaklı, **b)** okul odaklı değişkenler için Shapley değerlerinin yüzde kümülatif dağılımı 44
Şekil 3. 2015 Türkiye Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 50
Şekil 4. 2015 Türkiye Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller..... 62
Şekil 5. 2015 Türkiye Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 74
Şekil 6. 2015 Singapur Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 86
Şekil 7. 2015 Singapur Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller..... 98
Şekil 8. 2015 Singapur Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 110
Şekil 9. 2018 Türkiye Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 122
Şekil 10. 2018 Türkiye Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller..... 135
Şekil 11. 2018 Türkiye Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 147

Şekil 12. 2018 Çin Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 159
Şekil 13. 2018 Çin Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 171
Şekil 14. 2018 Çin Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller 183
Şekil 15. 2015 Türkiye örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 190
Şekil 16. 2015 Türkiye örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 191
Şekil 17. 2015 Singapur örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 192
Şekil 18. 2015 Singapur örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 193
Şekil 19. 2018 Türkiye örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 194
Şekil 20. 2018 Türkiye örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 196
Şekil 21. 2018 Çin örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 197
Şekil 22. 2018 Çin örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 198
Şekil 23. 2015 Türkiye ve 2015 Singapur ülkelerinin öğrenci odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 199
Şekil 24. 2015 Türkiye ve 2015 Singapur ülkelerinin okul odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 200
Şekil 25. 2018 Türkiye ve 2018 Çin ülkelerinin öğrenci odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 202
Şekil 26. 2018 Türkiye ve 2018 Çin ülkelerinin okul odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 203

Şekil 27. 2015 Türkiye ile 2018 Türkiye örneklemi öğrenci odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 204
Şekil 28. 2015 Türkiye ile 2018 Türkiye örneklemi okul odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi. 205
Şekil 29. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA öğrenci fen skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları. 209
Şekil 30. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA okulların fen skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları. 212
Şekil 31. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA öğrenci matematik skorlarının çapraz doğrulama diyagramı**. (b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları. 215
Şekil 32. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA okul matematik skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları. 218
Şekil 33. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA öğrenci okuma becerisi skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları..... 221
Şekil 34. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA okul okuma becerisi skorlarının çapraz doğrulama diyagramı**. (b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları..... 224

KISALTMALAR

BRNN	: Bayesyan Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları
ICT	: Bilgi ve İletişim Teknolojisi
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PISA	: Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı
RF	: Rastgele Orman
SVR	: Support Vector Regresyon
TIMSS	: Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
XGBoost	: Aşırı Gradyan Artırma

ÖZET

MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI KULLANILARAK PISA VERİLERİNE GÖRE ÖĞRENME DÜZEYLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Bu araştırmada, PISA 2015-2018 sınav verilerini kullanarak, makine öğrenmesi algoritmaları ile Türkiye'den katılan öğrencilerin fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri üzerindeki akademik performans seviyelerini etkileyen öğrenci, aile ve okullara ait etmenlerin tespit edilmesi ve öğrencilerin akademik performanslarının tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca öğrenci performansını tahmin etmek amacıyla oluşturulan makine öğrenmesi modellerini anlamlı şekilde etkileyen değişkenler belirlenmiştir. Singapur ve B-S-J-Z (Çin) gibi ülkelerin PISA performanslarıyla bu değişkenlerin öğrencilerin akademik performansları üzerindeki etkileri karşılaştırılarak benzerlikler ve farklılıklar belirlenmiştir.

Araştırma kapsamında, makine öğrenmesi algoritmalarından Random Forest (RF), XGBoost, Destek Vektör Regresyon (SVR) ve Bayesyan Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (BRNN) algoritmaları kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmiştir. XGBoost algoritmasının, özellikle fen ve matematik okuryazarlık skorlarında düşük hata oranları ile yüksek performans sergilediği ve diğer algoritmalara kıyasla daha yüksek doğrulukta tahminler yaptığı belirlenmiştir. Değişkenlerin model performansına katkıları Shapley değerleri kullanılarak incelenmiş ve yüksek önem derecesine sahip değişkenler belirlenmiştir. Ayrıca, okulların ve öğrencilerin gelecekteki skorlarının tahmin edilmesi de amaçlanmıştır. Stratejik planlamalar yapmak ve eğitim sisteminin gelecekteki durumunu öngörmek için bu tahminler önemli detaylar vermektedir.

Elde edilen bulgular, mevcut eğitim politikalarının yeniden değerlendirilmesi ve daha iyi hale getirilmesine ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Eğitim verilerinin analizi ve öğrenci performansını etkileyen öğrenci ve okul odaklı değişkenlerin belirlenmesi, eğitim sisteminin daha verimli hale getirilmesine katkıda bulunur. Bu süreç, öğrenci performansının artırılması için stratejiler geliştirilmesine yönelik bakış açısı sunar.

Çalışma, Türkiye'nin PISA sınavlarındaki mevcut halini görmek ve gelecekteki eğitim politikalarını oluşturmak için önemli bilgiler vermektedir. Bu çalışma, öğrenci başarılarını etkileyen önemli değişkenleri belirlemenin yanı sıra, aynı zamanda öğrencilerin ve okulların gelecekteki performanslarını tahmin ederek, uzun vadeli eğitim planlamalarına da katkıda

bulunmuştur. Bu bağlamda, elde edilen bulgular, gelecekte yapılacak daha detaylı ve kapsamlı araştırmalara temel olacak niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: PISA, Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı, Okuma Becerileri, Makine Öğrenmesi

SUMMARY

IDENTIFYING FACTORS AFFECTING LEARNING LEVELS BASED ON PISA DATA USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

The aim of this study was to identify the student, family, and school-level factors that affect the academic performance of Turkish students in terms of scientific literacy, mathematical literacy, and reading skills using PISA 2015-2018 data. Additionally, machine learning algorithms were used to develop models for predicting student performance, and the variables that significantly affected these models were identified. The study also compared the effects of these variables on student performance with those of countries such as Singapore and China.

Machine learning algorithms including Random Forest (RF), XGBoost, Support Vector Regression (SVR), and Bayesian Regularized Neural Networks (BRNN) were used to develop prediction models. It was found that XGBoost had a high performance in predicting scores, especially for scientific and mathematical literacy, with low error rates compared to other algorithms. The contributions of the variables to model performance were analyzed using Shapley values, and the most important variables were identified. Furthermore, predictions were made for future school and student scores, which is significant for strategic planning and forecasting the future state of education systems.

The findings suggest that current educational policies need to be re-evaluated and improved. The analysis of education data and identifying student- and school-level factors affecting student performance can contribute to making the education system more effective. This process provides a perspective on developing strategies to improve student performance.

This study is important for understanding Turkey's current state in PISA exams and creating future educational policies. Additionally, it identified key variables affecting student success, predicted future student and school performances, and contributed to long-term education planning. In this context, the findings are expected to serve as a basis for more detailed and comprehensive future research studies.

Keywords: PISA, Science Literacy, Mathematics Literacy, Reading Skills, Machine Learning

ÖNSÖZ

"Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak PISA Verilerine Göre Öğrenme Düzeylerine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi" konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 222K321 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız

Tez konusundaki bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Elde edilen verilerin analiz edilmesinde ve tezin yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT'a teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan ve eğitim hayatım boyunca desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen annem Hafize ÖZDEMİR'e, babam Hızır ÖZDEMİR'e ve kardeşlerim Ceren KÖKÜŞEN ve Halil İbrahim ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, bu süreçte her zaman yanımda olan ve beni hep destekleyen eşim Ahmet Cem HACIOĞLU'na sonsuz teşekkürler…

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Gözde Fatma HACIOĞLU
ARTVİN 2024

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Ülkelerin eğitim sistemlerindeki temel amaç istenilen özelliklere sahip bireyler yetiştirebilmektir. Bu noktada ulusal ve uluslararası düzeyde okul ve öğrenci özelliklerinin bilinmesi, öğrenci performanslarının takip edilmesi, bireylerin değişen ve gelişen dünyaya ayak uydurabilmesi açısından önemlidir (Anagün, 2011). Ülkelerin eğitim ve öğretim programlarında mevcut eksiklikleri tespit etmeleri ve uluslararası başarı düzeylerini izleyebilmeleri, gerekli düzenlemeleri yapabilmeleri bilimsel araştırmaların yapılmasına dayanmaktadır (Kesercioğlu ve diğerleri, 2001; Çelen ve diğerleri, 2001). Bu bağlamda yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar öğrenci performanslarını tespit etmesi ve ülkelerin eğitim sistemleri hakkında bilgi vermesi açısından bize o ülke hakkında yorum yapma olanağı sağlar. Ayrıca ülkelerin öğrenci başarılarını artırabilmek ve eğitim sistemlerini düzenlemek için ne gibi değişkenleri revize etmesi gerektiğini görmesi noktasında da yapılan bu çalışmalar önemlidir.

Uluslararası alanda yapılan değerleme çalışmalarından biri de Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (Programme For International Student Assesment-PISA)'dır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) 3 yıllık aralarla düzenlediği PISA, zorunlu eğitimin sonunda örgün eğitime devam eden 15 yaş grubundaki öğrencilerin sahip oldukları bilgi ve becerilerle karşılaşabilecekleri durumlar karşısında, bunları kullanıp kullanamayacağı ve bu bilgi ve becerilerle nasıl tepki vereceğini ölçmeyi amaçlayan bir tarama çalışmasıdır (PISA 2009 ulusal ön raporu, 2010).

Son yıllarda PISA gibi genel ölçekli sınavlara katılmış olan öğrencilerin başarılarını incelemek amacıyla makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımındaki artış dikkat çekmektedir (Saarela ve diğerleri, 2016; Toprak, 2017; Aksu & Doğan, 2018; Rebai ve diğerleri, 2020; Lezhnina & Kismihok, 2022; Immekus ve diğerleri, 2022; Bezek Güre ve diğerleri, 2023; Kasap ve diğerleri, 2023) . Erdoğan ve Taştan (2024) yaptıkları çalışmada 2018 PISA Türkiye verilerinden yararlanarak öğrencilerin fen, matematik ve okuma becerileri performanslarını etkileyen değişkenleri bulmayı amaçlamıştır. Ayrıca gözetimli regresyon tabanlı makine öğrenmesi yöntemlerinden bazıları seçilmiştir. Bu yöntemlerin sonuçları karşılaştırılarak en iyi modeli tespit etmek amaçlanmıştır. Model olarak yükseltme regresyon ağacı (BRT) torbalama ve rastgele orman regresyon ağaçları modelleri kullanılmıştır. Sonuç olarak karşılaştırılan modellerden yükseltme regresyon ağacı modeli

diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada öğrencilerin yaşam doyumunu ölçmek için 2018 PISA uygulamasında İngiltere ve Japonya verileri kullanılarak makine öğrenmesi modelleri ile tespit çalışması yapılmıştır. Makine öğrenmesi modellerinden rastgele orman (RF) ve k-en yakın komşu (KNN) modelleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda modellerin İngiltere verilerinde daha iyi sonuç çıkardığı ayrıca öğrencilerin yaşam memnuniyetini rasgele orman modelinin k-en yakın komşu modeline göre yordama yeteneğinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yaşam anlamı, öğrenci rekabeti, öğretmen desteği, zorbalığa maruz kalma ve evde ve okulda BT kaynaklarının öğrencilerin yaşam memnuniyetini tahmin etmede önemli roller oynadığını tespit etmiştir. (Pan & Cutumisu, 2023)

Yukarıda da geniş bir şekilde ifade edildiği gibi son yıllarda akademik başarı performansının tahmin edilebilmesi amacıyla makine öğrenme algoritmalarının kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Özellikle PISA verileri üzerine pek çok farklı ülke için pek çok farklı değişkene bağlı olarak, makine öğrenme algoritmaları ile akademik başarı tahmin edilmeye çalışılmış ve bu konuda bilinen klasik istatistiksel yaklaşımlara göre belirgin başarılar elde edilmiştir. Ancak ülkelerin akademik başarılarının birbirleri ile karşılaştırmalı bir şekilde incelenerek, performansı yüksek makine öğrenme algoritmaları ile bu başarı seviyelerinin tahmin edilebilmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmaların sayısı oldukça azdır (Masci ve diğerleri, 2018).

Makine öğrenmesi (ML), matematik ve istatistik bilimlerinin yanı sıra diğer disiplinlerin de katkılarıyla geliştirilen, farklı alanları bir araya getiren bir disiplinler arası çalışma alanıdır (Mitchell, 1997). Bu alanda, makinelerin eğitilerek sorunların hızlı bir şekilde tespit edilmesi ve çözümlerin üretilmesi prensibi esas alınmaktadır (Michalski & Kodratoff, 1990). Astronomi, sağlık, endüstri, finans, eğitim gibi pek çok alanda uygulamaları bulunan makine öğrenmesi ve ilgili diğer disiplinlerle geliştirilen akıllı sistemler, insan hayatını kolaylaştırmakta ve gelecekle ilgili tahminler yaparak karar alma süreçlerine destek olmaktadır (Alpaydın, 2014)

Son yıllarda, makine öğrenmesi uygulamalarının eğitim sektöründe kullanımı artmaktadır. Özellikle öğrenci başarısını artırmaya yönelik olarak, akademik başarı tahmini için makine öğrenmesi sıkça tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir (Agarwal ve diğerleri, 2012). Öğrencilerin akademik performanslarının önceden tahmin edilmesi, eğitimdeki planlama ve rehberlik çalışmalarının daha etkili olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, risk altındaki öğrencilerin belirlenmesi, akademik başarılarını artırmak için erken önlemlerin,

örneğin takviye kursların veya danışmanlık hizmetlerinin alınması açısından olumlu sonuçlar doğurabilir (Şahin, 2021).

Bu bağlamda yapılacak çalışma ile öğrencilerin öğrenme düzeylerini etkileyen faktörler makine öğrenmesi algoritmalarından, literatürde en başarılı sonuçları verdiği görülen, Destek vektör makineleri (Support vector machine, SVM), Rastgele Orman (Random Forest, RF), Aşırı Gradyan Artırma **(**eXtreme Gradient Boosting XGBoost) ve Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (Bayesian regularized neural network, BRNN) algoritmaları ile tespit edilecektir. Ayrıca yine makine öğrenmesi algoritmaları ile 2015 PISA verileri kullanılarak Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alanlarında ayrı ayrı öğrencilerin performanslarını etkileyen değişkenler önem derecelerine göre makine öğrenme algoritmaları ile belirlenecektir. 2018 PISA Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alanlarında öğrencilerin performanslarının tahmin çalışması yapılacak ve gerçek sonuçlarla karşılaştırılacaktır. Daha sonra çıkan sonuçlar diğer ülkelerle karşılaştırılacaktır.

1.1. Araştırma Problemi

Günümüzde, bilgisayar programlarında gerçekleşen gelişimler dikkate alındığında araştırmacılar için makine öğrenme algoritmaları ve büyük veri analizleri kritik öneme sahiptir. Bu çerçevede, makine öğrenme yöntemleri son yıllarda geniş veri setlerinden anlamlı sonuçlar elde edilebilmesinde büyük önem kazanmıştır (Jordan & Mitchell, 2015). Makine öğrenme algoritmaları, eğitim sektörünün gelişiminde kritik öneme sahip olup, öğrencilerin, öğretmenlerin ve eğitimde yetkili diğer aktörlerin etkili analizler gerçekleştirmelerinde yardımcı olmaktadır.

Makine öğrenme algoritmasının, eğitim alanında ölçme sonuçları ile tahmin etmeyle ilgili çalışmalarda kullanımı artmaktadır. (Berland ve diğerleri, 2014). Bu yaklaşım, ülkelerin değişkenlerinin belirlenmesine ve öğrencilerin öğrenme seviyelerini daha doğru tespit edilmesinde yardımcı olmaktadır.

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından yürütülen Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA), öğrencilerin Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri performanslarını belirlemek için önemli bir araçtır (OECD, 2016). Ancak, PISA verilerinin analiz edilmesi ve öğrencin başarı seviyelerini etkileyen faktörlerin tespitinde geleneksel yöntemlerin kullanımı zorlayıcı ve zaman alıcı

olabilir. Burada, makine öğrenme algoritmaları, PISA verilerinden anlamlı bilgiler elde etmeyi ve öğrencilerin başarılarını etkileyen faktörleri belirlemeyi kolaylıkla tespit etmektedir.

Eğitim ile ilgili çalışmaların dijital yöntemlere çevrilmesi ve karar süreçlerinin giderek veri odaklı gerçekleşmeye başlamasıyla, makine öğrenmesi gibi ileri analiz tekniklerinin rolü önemli ölçüde artmaktadır. Büyük veri setlerinin analiz edilmesini sağlayan bu teknikler, öğrencilerin başarı seviyelerini etkileyen faktörlerin tespit edilebilmesinde uygun çözüm önerilerini sunmaktadır.

Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, PISA uygulamalarından elde edilecek verileri kullanarak öğrencilerin verimliliğini etkileyen bileşenleri belirlemek ve makine öğrenmesi algoritmaları yardımıyla bu bileşenleri analiz etmek olacaktır. Bu çalışma, eğitim politikası düzenleyicilerine daha kapsamlı bir bakış açısı sağlayacak ve eğitimde karar verme süreçlerini verilere dayandırılabilmesine yardımcı olacaktır. Bu bilgiler ışığında 2015 PISA ve 2018 PISA uygulamalarındaki fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerilerinde etkili olan öğrenci, okul ve aile ile ilgili faktörlerin önem seviyeleri belirlenerek; öğrencilerin öğrenme seviyelerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Araştırma Soruları

Çalışmada yukarıda bahsedilen amaçlar doğrultusunda aşağıdaki alt problemlere cevap aranmıştır;

1. 2015 PISA'da Türkiye’nin okuma becerisi, fen ve matematik okuryazarlığı alanlarındaki başarı sonuçlarında etkili olan yüksek önem seviyesindeki değişkenler nelerdir? Bu değişkenler, okuma becerisi, fen ve matematik okuryazarlığı alanlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösteriyor mu?
2. 2015 PISA ve 2018 PISA'da Türkiye’nin okuma becerisi, fen ve matematik okuryazarlığı sonuçlarında etkili olan yüksek önem seviyesindeki değişkenler nelerdir? Yıllara göre bu değişkenler istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösteriyor mu?
3. 2015 PISA'da Singapur ve Türkiye örneklemlerinde okuma becerisi, fen ve matematik okuryazarlığı sonuçlarında etkili olan yüksek önem seviyesindeki değişkenler

nelerdir? Ülkelere göre bu değişkenler istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösteriyor mu?

4. 2018 PISA'da B-S-J-Z (Çin) ve Türkiye örneklemlerinde okuma becerisi, fen ve matematik okuryazarlığı sonuçlarında etkili olan yüksek önem seviyesindeki değişkenler nelerdir? Ülkelere göre bu değişkenler istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösteriyor mu?
5. 2015 PISA ve 2018 PISA'da Türkiye'nin okuma becerisi, fen ve matematik okuryazarlığı sonuçlarında etkili olan yüksek önem seviyesindeki değişkenleri yordamakta kullanılan Rastgele Orman (RF), Aşırı Gradyan Artırma (XGBoost), Destek Vektör Regresyon (SVR) ve Bayesyan Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (BRNN) makine öğrenmesi algoritmaları ile ulaşılan tahmin performansları ne düzeydedir?

1.3. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı OECD'nin düzenlediği, 2015-2018 PISA sınavlarından sağlanan verileri kullanarak, öğrencilerin okuma becerilerinin, fen okuryazarlığının ve matematik okuryazarlığının, öğrencilerin akademik başarılarını etkileyen yüksek önem seviyeli değişkenlerin belirlenmesinde makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak ve belirlenen değişkenlerin öğrencilerin akademik başarında ne oranda anlamlı etkilerinin olduğunun tespit edilmesidir. Ayrıca, araştırmada gözlemlenen bulgulardan elde edilen sonuçlara göre ilk sıralardaki ülkelerin sonuçlarıyla Türkiye'nin sonuçları karşılaştırılarak, yıllara göre alanlardaki farklılıkların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Türkiye'nin 2015 PISA ve 2018 PISA okuma becerileri, fen okuryazarlığı ve matematik okuryazarlığı üzerinde etkili olan değişkenler tek tek kontrol edilerek, belirli optimizasyon seviyelerinde; Destek vektör makineleri (Support vector machine, SVM), Rastgele Orman (Random Forest, RF), Aşırı Gradyan Artırma **(**eXtreme Gradient Boosting XGBoost) ve Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (Bayesian regularized neural network, BRNN) makine öğrenmesi algoritmaları ile tahminler gerçekleştirilecektir. Böylece okuma becerileri, fen okuryazarlığı ve matematik okuryazarlığı başarısında etkili olan yüksek önem seviyesindeki değişkenler makine öğrenmesi algoritmalarıyla belirlenerek, gelecekte yapılacak çalışmaların gelişimine katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Araştırmada odaklanmak istenen alt amaçlar şunlardır:

1. Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak; 2015 PISA'da Türkiye'nin okuma becerisi akademik başarı skorlarını etkileyen yüksek önem seviyesindeki değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerden faydalanarak öğrencilerin 2018 PISA okuma becerisi akademik başarı seviyelerinin hangi oranda tahmin edilebileceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.
2. Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak; 2015 PISA'da Türkiye'nin fen akademik başarı skorlarını etkileyen yüksek önem seviyesindeki değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerden faydalanarak öğrencilerin 2018 PISA fen akademik başarı seviyelerinin hangi oranda tahmin edilebileceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.
3. Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak; 2015 PISA'da Türkiye'nin matematik akademik başarı skorlarını etkileyen yüksek önem seviyesindeki değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerden faydalanarak öğrencilerin 2018 PISA matematik akademik başarı seviyelerinin hangi oranda tahmin edilebileceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.
4. 2015 PISA sınavında 1. sırada bulunan Singapur'un okuma becerileri, fen ve matematik okuryazarlığı skorlarını etkileyen yüksek önem seviyesindeki değişkenler ile Türkiye'nin aynı yıldaki okuma becerileri, fen ve matematik okuryazarlığı skorları karşılaştırılarak, ülkeler arasındaki farklılık ve benzerliklerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır.
5. 2018 PISA sınavında 1. sırada bulunan B-S-J-Z (Çin) okuma becerileri, fen ve matematik okuryazarlığı skorlarını etkileyen yüksek önem seviyesindeki değişkenler ile Türkiye'nin aynı yıldaki okuma becerileri, fen ve matematik okuryazarlığı skorları karşılaştırılarak, ülkeler arasındaki farklılık ve benzerliklerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır.
6. 2015 PISA ve 2018 PISA sınavlarında Türkiye'nin okuma becerileri, fen ve matematik okuryazarlığı skorlarını etkileyen yüksek önem seviyesindeki değişkenlerin tahmin edilebilmesinde kullanılan Aşırı Gradyan Artırma (XGBoost), Rastgele Orman (RF), Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (BRNN) ve Destek Vektör Regresyon (SVR) makine öğrenmesi algoritmalarıyla tespit edilen tahmin performanslarının karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

1.4. Araştırmanın Önemi

Ülkelerin eğitim seviyelerini uluslararası düzeyde değerlendirilebilmesinde PISA sonuçları, önemli bir kaynaktır (OECD, 2016). Orta veya geri sıralarda bulunan Türkiye gibi ülkeler için, yeni eğitim politikaların belirlenmesi uygulanmasında PISA sonuçları

analizlerinden faydalanılabilir. Ancak, ülkelerin eğitim kalitelerini arttırabilmeleri ve etkili stratejiler geliştirebilmeleri için PISA sonuçlarının detaylı analiz edilmesi ve sonuçların en doğru şekilde yorumlanması gereklidir.

Bu tez çalışmasının asıl amacı 2015 PISA ve 2018 PISA sınavlarında Türkiye'nin sonuç performansını inceleyerek, öğrencilerin başarı durumlarında etkili olan faktörleri tespit etmeyi ve eğitim politikasıyla ilgili stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Özellikle, B-S-J-Z (Çin) ve Singapur gibi başarılı ülkelerle Türkiye karşılaştırıldığında, eğitimdeki yetersizliklerin gözlemlenerek, bu yetersizliklerin geliştirilmesi ve asıl olan potansiyelini ortaya koyulması hedeflemektedir. Bu analiz, Türkiye'nin eğitim sistemindeki güçlü ve zayıf yönlerinin tespitine önemli bir fırsat sunmaktadır.

Ayrıca, bu çalışma literatüre yeni bir katkı sağlamakla birlikte; daha önce literatürde bulunmayan bir yaklaşımla Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak değişkenlerin önem seviyeleri belirlenmiştir. Bu yaklaşımın benimsenmesi, eğitim araştırmalarında yeni bir yöntem olarak kabul edilebilir ve gelecekteki çalışmalara ilham verebilir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin eğitim seviyesini uluslararası düzeyde yükseltmek ve gelecekteki PISA sınav sonuçlarında daha üst sıralarda yer almasını sağlamak için rehber olabilecek bir tez çalışmasıdır. Çalışmada ulaşılacak bulgular, eğitim politikalarıyla ilgili stratejilerin şekillendirilmesi ve uygulanması açısından karar vericilere değerli bir rehberlik sunabilir.

Bu çalışmanın özgünlüğünü aşağıdaki sebepler göstermektedir.

1. Bu çalışmada Türkiye'nin 2015 PISA sınavındaki fen okuryazarlığını, matematik okuryazarlığını ve okuma becerilerini etkileyen öğrenci, okul ve aile ile ilgili tüm değişkenlere ait önem seviyelerinin tespit edilecek olması yönünden öğrencilerin başarılarını etkileyen tüm değişkenlerin incelendiği ilk çalışmadır. Bu bağlamda çalışmada OECD sınıflandırmasına uygun olarak 2015 PISA ve 2018 PISA sınavları için Türkiye ve 2015 PISA sınavında fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanlarında ülkeler sıralamasında 1. sırada yer alan Singapur, 2018 PISA sınavında fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanlarında ülkeler sıralamasında 1. sırada yer alan B-S-J-Z (Çin) için ortak olarak belirlenen 14 kategori altında yer alan 27 alt kategorideki toplam 287 değişken üzerinde çalışılmıştır.

2. Bu çalışmadaki temel motivasyon, güncel makine öğrenme algoritmalarını kullanarak öğrencilerin fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerilerindeki akademik başarı seviyesinin gelecekteki tahmini ve analizi ile ilgili literatürde var olan herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olmasıdır. Bu bakış açısına göre tasarlanan bu çalışma ile hem konu hem de kullanılan yöntemler bakımından benzersiz sonuçlar sağlayacaktır.

3. Bu çalışmada PISA sınavında öğrencilerin başarılarını tanımlayan değişkenlerin önem seviyelerini belirlemek amacı tanımlanmış olan makine öğrenmesi algoritmaları ile Türkiye verilerinin değişken sınıfları ayrı ayrı (katmanlı olarak) değerlendirilmesi ilk defa bu çalışma ile yapılmış olacaktır.

1.5. Sayıltılar

1. 2015 PISA ve 2018 PISA sınavlarına katılan öğrencilerin fen, matematik ve okuma becerisi testi sorularını ve öğrenci anketinde yer alan maddeleri içtenlikle cevapladıkları varsayılmıştır.
2. 2015 PISA ve 2018 PISA sınavına Türkiye'den katılan öğrencilerin dil ve kültür farkından kaynaklanan faktörlerin öğrenci başarılarını etkilemediği varsayılmıştır.

1.6. Sınırlılıklar

1. 2015 PISA ve 2018 sınavlarında yer alan anketlerden seçilen sorulara verilen cevaplar ve öğrencilerin almış olduğu fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri puanları ile sınırlıdır.
2. 2015 PISA ve 2018 sınavlarında Türkiye, B-S-J-Z (Çin) ve Singapur için ortak olarak belirlenen 14 kategori altında yer alan 27 alt kategorideki toplam 287 değişkenle sınırlıdır.
3. Çalışma kapsamında kullanılan sınıflama ve tahminleme modelleri Rastgele Orman (RF), Aşırı Gradyan Artırma (XGBoost), Destek Vektör Regresyon (SVR) ve Bayesyan Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (BRNN) makine öğrenmesi algoritmaları ile sınırlıdır.

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. PISA Nedir?

Öğrencilerin akademik başarılarının belirlenmesi hem ülkelerin eğitim politikalarına ait başarı seviyelerinin ortaya konulması hem de başarıyı etkileyen dış faktörlerin ülkelerin özelinde tespit edilebilmesi bakımından son derece önemlidir. Bu bağlamda Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (The Organisation for Economic Co-operation and Development) OECD'nin ülkelerin eğitim politikalarına öneriler sunduğu en güçlü gösterge 2000 yılından beri her üç yılda bir 90'dan fazla ülkede uygulanan Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (Programme for International Student Assessment) PISA sınavları olarak gösterilmektedir. PISA belirli yaş gruplarındaki öğrencilerin, okuma düzeylerini, matematik ve fen becerilerini kullanma yeteneğini ölçmeyi amaçlar. Bu ölçüm için açık-uçlu ve kapalı-uçlu soruların yanı sıra çoktan seçmeli sorular da kullanılmaktadır. Her PISA uygulamasında matematik, okuma ve fen alanlarından biri ağırlıklı alan olarak belirlenmektedir. Ancak bununla birlikte öğrenciler diğer ana derslerden de sınanırlar. PISA, ülkeler için eğitimsel yaklaşımlara ait durum değerlendirmesinin yanında üçer yıllık periyotlar içindeki eğitimsel süreçlerin gelişimi hakkında da önemli veriler içermektedir. Öğrencilerin akademik başarı düzeylerinin bu verilere bağlı olarak tahmini ve ülkeler için farklı değişkenlerin önem seviyelerinin tespiti, eğitimsel süreçlerin gelişimi ve iyileştirilmesi bakımından son derece önemlidir.

Ayrıca PISA'nın amacı, katılımcı ülkelerin eğitim sistemlerini anlamak, eğitim politikalarını geliştirmek ve öğrencilerin yaşamsal becerilerini artırmak için kapsamlı bir veri tabanı oluşturmaktır. Bu program, sadece öğrencilerin başarılarını değil, aynı zamanda eğitim sistemlerinin eşitlik, erişim ve kalite gibi temel özelliklerini değerlendirmektedir (PISA 2009 ulusal ön raporu, 2010).

PISA'nın metodolojisi, öğrencilerin gerçek dünya problemlerine nasıl yaklaştıklarını anlamak için tasarlanmıştır. Testler, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve bilgiyi kullanma becerilerini ölçmektedir. Sonuçlar genellikle ülkeler arasında karşılaştırılır ve eğitim politikalarının belirlenmesinde önemli bir rol oynar (PISA 2009 ulusal ön raporu, 2010).

2.2. 2015 PISA Uygulaması

2015 PISA uygulamasına 72 ülke katılmıştır. Bunların 35'i OECD ülkesidir. Toplamda yaklaşık olarak 29 milyon öğrenciyi temsilen 540.000'e yakın öğrenci uygulamaya katılmıştır. İlk defa bilgisayar tabanlı değerlendirme sistemi uygulanan 2015 PISA uygulamasında bu değerlendirme yöntemini kullanmak istemeyen ülkeler için kağıt-kalem tabanlı değerlendirme sistemi kullanılmıştır.

72 ülkenin fen okuryazarlığı performans ortalaması 465 iken Türkiye'nin ortalaması 425 puan olarak hesaplanmıştır. Türkiye 72 ülke arasından 54. olmuştur. Fen okuryazarlığında ortalama olarak en iyi performans gösteren ülkeler Singapur, Japonya, Estonya, Tayvan–Çin ve Finlandiya olarak sıralanırken, en düşük performans gösteren ülkeler Tunus, Makedonya, Kosova, Cezayir ve Dominik Cumhuriyeti olarak sıralanmıştır.

72 ülkenin matematik okuryazarlığı performans ortalaması 461 iken Türkiye'nin ortalaması 420 puan olarak hesaplanmıştır. Türkiye 72 ülke arasından 50. olmuştur. Matematik okuryazarlığında ortalama olarak en iyi performans gösteren ülkeler Singapur, Hong Kong (Çin), Makao (Çin), Tayvan – Çin ve Japonya olarak sıralanırken, en düşük performans gösteren ülkeler Makedonya, Tunus, Kosova, Cezayir ve Dominik Cumhuriyeti olarak sıralanmıştır.

72 ülkenin okuma becerileri performans ortalaması 460 iken Türkiye'nin ortalaması 428 puan olarak hesaplanmıştır. Türkiye 72 ülke arasından 50. olmuştur. Okuma becerilerinde ortalama olarak en iyi performans gösteren ülkeler Singapur, Hong Kong–Çin, Kanada, Finlandiya ve İrlanda olarak sıralanırken, en düşük performans gösteren ülkeler Dominik Cumhuriyeti, Makedonya, Cezayir, Kosova ve Lübnan olarak sıralanmıştır.

Türkiye'den 2015 PISA uygulamasına 187 okuldan 5895 öğrenci katılmıştır. Uygulamaya katılan öğrencilerin %50'si kız öğrencilerden %50'si ise erkek öğrencilerden oluşmaktadır. Öğrencilerin sınıf düzeylerindeki dağılımlarına bakıldığında örneklemin; 8. sınıf seviyesinde %2,6'sını, 9. sınıf seviyesinde %20,7'sini, 10. sınıf seviyesinde %72,9'unu ve 11. sınıfta %3'nü kapladığı tespit edilmiştir. Diğer sınıf düzeylerindeki öğrencilerin toplam oranı ise %1'in altında olduğu görülmüştür.

2.3. 2018 PISA Uygulaması

2018 PISA uygulamasına 79 ülke katılmıştır. Bunların 37'si OECD ülkesidir. Toplamda yaklaşık olarak 600.000'e yakın öğrenci uygulamaya katılmıştır

79 ülkenin fen okuryazarlığı performans ortalaması 458 iken Türkiye'nin ortalaması 468 puan olarak hesaplanmıştır. Türkiye 79 ülke arasından 39. olmuştur. Fen okuryazarlığında ortalama olarak en iyi performans gösteren ülkeler B-S-J-Z (Çin), Singapur, Makao (Çin), Estonya ve Japonya olarak sıralanırken, en düşük performans gösteren ülkeler Fas, Kosova, Panama, Filipinler ve Dominik Cumhuriyeti olarak sıralanmıştır.

79 ülkenin matematik okuryazarlığı performans ortalaması 459 iken Türkiye'nin ortalaması 454 puan olarak hesaplanmıştır. Türkiye 79 ülke arasından 42. olmuştur. Matematik okuryazarlığında ortalama olarak en iyi performans gösteren ülkeler B-S-J-Z (Çin), Singapur, Makao (Çin), Hong Kong (Çin) ve Tayvan olarak sıralanırken, en düşük performans gösteren ülkeler Fas, Kosova, Panama, Filipinler ve Dominik Cumhuriyeti olarak sıralanmıştır.

79 ülkenin okuma becerileri performans ortalaması 453 iken Türkiye'nin ortalaması 466 puan olarak hesaplanmıştır. Türkiye 79 ülke arasından 40. olmuştur. Okuma becerilerinde ortalama olarak en iyi performans gösteren ülkeler B-S-J-Z (Çin), Singapur, Makao (Çin), Hong Kong (Çin) ve Estonya olarak sıralanırken, en düşük performans gösteren ülkeler Fas, Lübnan, Kosova, Dominik Cumhuriyeti ve Filipinler olarak sıralanmıştır.

2.4. Değişkenler

PISA uygulamasında çalışılan değişkenler aşağıda kategoriler halinde verilmiştir.

Sosyoekonomik Göstergeler: Bu değişkenler genellikle öğrencinin ailelerinin ekonomik durumu, eğitim seviyesi, meslekleri gibi faktörleri içerir. Bu göstergeler, öğrencilerin akademik başarılarını etkileyebilecek sosyoekonomik farklılıkları anlamak için kullanılır.

Fırsat Eşitliği: Bu değişkenler, öğrenciler arasındaki eşitlik veya farklılıkları ölçmek için kullanılır. Fırsat eşitliği, öğrencilerin eğitimdeki başarılarını etkileyebilecek faktörleri

değerlendirir.

Öğrenmeye Ayrılan Zaman: Bu değişken, öğrencilerin günlük olarak öğrenme faaliyetlerine ne kadar zaman ayırdıklarını ölçer. Bu, öğrencilerin çalışma alışkanlıkları ve öğrenme süreçlerini anlamak için önemlidir.

Öğrencilerin Akademik Beklentileri: Bu değişken, öğrencilerin gelecekteki eğitim ve kariyerleri hakkındaki beklentilerini ölçer. Öğrencilerin kendi potansiyelleri hakkındaki inançları ve hedefleri bu değişken altında incelenir.

Okul Öncesi Eğitim Durumları: Bu değişken, öğrencilerin okul öncesi eğitim alıp almadıklarını ve bu eğitimin niteliğini değerlendirir. Okul öncesi eğitim, öğrencilerin akademik başarısını etkileyebilecek önemli bir faktördür.

Öğrenci Devamsızlığı: Bu değişken, öğrencilerin okula devamsızlık oranlarını ölçer. Devamsızlık, öğrencilerin eğitimdeki başarılarını olumsuz yönde etkileyebilir.

Öğrenmeyi Etkileyen Öğretmen Davranışları: Bu değişkenler, öğretmenlerin sınıf içindeki davranışlarını ve öğrencilerin öğrenme süreçlerine etkisini değerlendirir.

Öğretmenlerin Mesleki Gelişimleri: Bu değişkenler, öğretmenlerin mesleki gelişim programlarına katılımını, devamını ve etkinliğini ölçer.

Öğretmen Başına Düşen Öğrenci Sayısı: Bu değişken, bir öğretmenin sınıfındaki öğrenci sayısını ölçer. Öğretmen başına düşen öğrenci sayısı, öğrencilere bireysel dikkat sağlanması açısından önemlidir.

Okul Kaynakları: Bu değişkenler, okulların sahip olduğu kaynakları (kitaplar, laboratuvarlar, teknolojik altyapı vb.) ölçer. Okul kaynakları, öğrencilerin eğitimdeki başarılarını etkileyebilir.

Bu değişkenler, PISA'nın genel amacı doğrultusunda eğitim sistemlerini değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanılır.

2.5. PISA ile İlgili Çalışmalar

Literatürde geleneksel istatistiki yöntemler kullanılarak PISA sınavına katılan öğrencilerin fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri skorlarına etki

eden değişkenlerin irdelendiği birçok araştırma yapılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Thien (2016) yaptığı bu araştırma, PISA 2009 ve 2012 verilerini kullanarak, cinsiyet ve sosyoekonomik değişkenlerin, Malezyalı öğrencilerin matematik okuryazarlığı başarısı üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, PISA 2012'de erkeklerin kızlardan daha düşük performans gösterdiğini ve bu durumun tüm matematik içerik kategorileri ve süreçlerinde geçerli olduğunu bulmuştur. Ancak, sosyoekonomik durum, cinsiyetler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca, öğrencilerin matematik performansı üzerinde; ekonomik, sosyal ve kültürel statü değişkenlerinin ciddi bir rol oynadığı bulunmuş ve düşük sosyoekonomik statüye sahip okullarda, sosyoekonomik açıdan dezavantajlı öğrencilerin daha iyi performans sergilediği tespit edilmiş.

Okatan (2017) yaptığı çalışmada, PISA 2012 uygulamasına Türkiye'den katılan öğrencilerin matematik performansını etkileyen değişkenleri bulmayı amaçlamıştır. Sonucunda ise öğrencilerin matematik tutumu ile matematik performansı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Fakat öğrencilerin matematik performansıyla matematik tutumu arasında negatif yönlü orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. Bunun yanında matematik performansını en çok etkileyen değişkenin ise ESCS değişkeni olduğu tespit edilmiştir.

Sezgin (2017) yaptığı çalışmada, PISA 2012 uygulamasına öğrencilerin matematik okuryazarlık performanslarına etki eden değişkenleri uygulamaya katılan ülkeler üzerinden tespit etmeyi amaçlamıştır. Sonuç olarak, ekonomik, sosyal ve kültürel statü indeksi, Matematik özyeterlilik, matematik kaygısı ve matematik ilgisi değişkenleri, ülkeler arasındaki gruplarda anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Ayrıca, düşük başarılı ülkelerde öğretmen-öğrenci ilişkileri değişkeninin, yüksek başarılı ülkelerde ise okula aitlik hissi değişkeninin matematik başarısı ile anlamlı ve negatif yönde bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Ulukan (2019) çalışmasında fen okuryazarlığı üzerinde okul ve öğrenci kişisel özelliklerinin etkilerini görmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda 2015 PISA fen okuryazarlığı puanına göre üst, orta ve düşük seviyeden ikişer ülke seçmiştir. Tarama yöntemini kullanarak PISA 2003-2015 yılları arasındaki uygulamalardan elde edilen verileri kullanmıştır. Sonuç olarak fen okuryazarlığına etki eden faktörler; bebek ölüm oranının azaltılması için yapılan çalışmaların, insan yaşam ömrünü uzatmak için yapılan sağlık

alanındaki çalışmaların, AR-GE çalışmaları ve araştırmacı sayılarının arttırılmasının, elektrik tüketiminin arttırılması, internet kullanımının arttırılması, kişi başına düşen eğitim harcamalarının arttırılması, okul öncesi eğitime giden öğrenci sayısının arttırılması, işsizlik oranının azaltılması ve patent başvuru sayısının arttırılması PISA fen okuryazarlığı başarısını olumlu etkileyeceği sonucuna ulaşmıştır.

Yüksel (2019) çalışmasında 2015 PISA verilerinde Türkiye ve Finlandiya arasında öğrencilerin okuma becerileri düzeyleriyle okul özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmasında ilişkisel tarama modeli kullanmıştır. Okul büyüklüğü, okulun bulunduğu yerleşim yeri, öğretmen başına düşen öğrenci sayısı, kız öğrenci oranı, öğretmen eksikliği, eğitim kaynaklarının kalitesi vi internete bağlı bilgisayar oranı gibi değişkenler üzerinden çalışmasını yürütmüştür. Çalışmasının sonucunda Türkiye'de okul büyüklüğü yerleşim yeri değişkenlerinde ise anlamlı olmadığı; eğitim kaynaklarının kalitesi, internete bağlı bilgisayar oranı, öğretmen başına düşen öğrenci sayısı, öğretmen eksikliği, kız öğrenci oranı anlamlı olduğu görülmüştür. Finlandiya'nın ise 2015 PISA okul büyüklüğü yerleşim yeri, eğitim kaynaklarının kalitesi, internete bağlı bilgisayar oranı, öğretmen başına düşen öğrenci sayısı, öğretmen eksikliği değişkenlerinde anlamlı olmadığı, okuma becerilerinin kız öğrenci oranında anlamlı olduğu görülmüştür.

Karasu (2019) çalışmasında PISA 2012 ve 2015 sınavına Türkiye'den katılan Malatya, Elâzığ, Bingöl, Tunceli, Van, Muş, Bitlis, Hakkâri şehirlerinden öğrencilerin fen okuryazarlığı performans puanlarının cinsiyet, anne ve baba eğitim düzeyi, evinde bilgisayar olma, evinde bulunan kitap sayısı ve kendine ait odaya sahip olma değişkenlerine göre değişip değişmediğini görmeyi amaçlamıştır. Çalışmasının sonucunda öğrencilerin; fen okuryazarlık performans puanlarının cinsiyete göre 2012 de anlamlı şekilde değişiklik gösterdiğini, 2015 verilerine göre ise anlamlı bir değişiklik göstermediğini bulmuştur. Fen okuryazarlık performans puanlarının öğrencilerin anne eğitim durumuna göre 2012 ve 2015 verilerine göre anlamlı bir değişiklik göstermediğini bulmuştur. Fen okuryazarlık performans puanlarının baba eğitim durumuna göre 2012 de anlamlı şekilde değişiklik gösterdiğini, 2015 verilerine göre ise anlamlı bir değişiklik göstermediğini bulmuştur. Fen okuryazarlık performans puanlarının kendine ait odaya sahip olma durumuna göre 2012 ve 2015 verilerine göre anlamlı bir değişiklik gösterdiğini bulmuştur. Fen okuryazarlık performans puanlarının evinde bilgisayar olma ve evinde bulunan kitap durumuna göre 2012 ve 2015 verilerine göre anlamlı bir değişiklik gösterdiğini bulmuştur.

Gamazo ve Martinez-Abad (2020) yaptıkları araştırmada, 2018 PISA verilerini kullanarak, öğrenci, okul ve ülke düzeyinde öğrenci performansını tahmin etmede hangi faktörlerin daha önemli olduğunu bulmayı amaçlamaktadır. Eğitim Veri Madenciliği yaklaşımıyla yapılan analiz sonucunda, okulların sosyoekonomik durumu (SES) öğrenci performansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Sosyoekonomik durumu yüksek olan okullarda performans, bilişsel farkındalık stratejileri ve başarı motivasyonu gibi eğitimsel faktörlerden etkilenirken, sosyoekonomik durumu düşük olan okullarda performans, büyük ölçüde ülke düzeyindeki sosyoekonomik etmenlerden etkilenmektedir.

Barun (2022) çalışmasında 2018 PISA uygulamasındaki değişkenlerden elde edilen ölçümlerle Türkiye'deki öğrencilerin başarısını etkileyebilecek 52 değişkene faktör analizi yapmıştır. Bu değişkenleri belirlemek faktör analizini temel bileşenler analizi metodundan faydalanarak uygulamıştır. Sonuç olarak 14 değişkenin başarıyı etkilediğini bulmuştur. 14 değişkene ek olarak öğrencilerin öğrencinin matematik, fen ve okuma alanlarındaki başarısını etkileyebilecek cinsiyet ve anne-babanın eğitim durumu değişkenlerinin de etkisine bakmak için çoklu regresyon modeli kullanmıştır. Çalışmasının sonucunda Matematik ve Fen Dersi Öğrenme Süresi, Okuduğunu Anlama Algısı, Okul Dışında BİT Kullanımı, Ailenin Refahı, Okulda BİT Kullanımı, Ayrımcılık ve Zorbalık, Okulda İş Birliği Algısı, Öğrencinin Cinsiyeti ve Babanın Eğitim Durumunun öğrenci akademik başarısını açıklamada önemli değişkenler olduğunu görmüştür. Okuma becerilerinde kız öğrencilerin daha iyi performans sergilediğini, erkek öğrencilerin ise matematik ve fen alanında daha iyi performans sergilediğini bulmuştur. Ayrıca öğrenci başarısında ailenin sosyoekonomik durumunun ve bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımının önemli değişkenlerden olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Koçak (2022) çalışmasında 2018 PISA uygulamasında Türkiye ile Estonya, Kanada ve Singapur'dan katılan öğrencilerin, öğrenci ve okul düzeyi açısından anlamlı olarak tahmin edebilecek olan faktörlerin belirlenmesini ve ülkeler arası farklılıkların neler olduğunu görmeyi amaçlamıştır. Araştırmasında çok düzeyli – çok değişkenli regresyon modelini kullanmıştır. Sonuç olarak Estonya, Kanada ve Singapur uygulamalarında öğrencilerin başarısını öğrenci düzeyi daha çok etkilerken Türk öğrencilerin başarısında okul düzeyinin daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Okul düzeyinde çalışmanın örneklem ülkelerinde en güçlü etkileyen değişkenin öğrenmeyi engelleyen öğrenci davranışları olarak bulmuştur. Ayrıca örneklemdeki ülkelerde öğrenci düzeyinde fen okuryazarlığını ekonomik,

sosyal ve kültürel indeks, aile serveti, sınıf iklimi, öğrencilerin küresel sorunlar hakkındaki farkındalığı ve öğrenme hedefleri; matematik okuryazarlığında ekonomik, sosyal ve kültürel indeks, sınıf iklimi ve okuma becerileri başarı puanlarını ekonomik, sosyal ve kültürel indeks, aile serveti, sınıf iklimi, öğrencilerin küresel sorunlar değişkenlerinin anlamlı olarak etkileyen değişkenler olarak belirlemiştir.

2.6. PISA Araştırmalarında Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Uygulandığı Çalışmalar

Literatürde makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak PISA sınavına katılan öğrencilerin fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri skorlarına etki eden değişkenlerin irdelendiği birçok araştırma yapılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Saarela ve diğerleri (2016), Finlandiyalı öğrencilerin matematik başarısını tahmin ekmek için makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Rastgele Orman (RF), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Lineer Diskriminant Analizi (LDA) algoritmalar da performans bakımından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak akademik başarıyı tahmin etmede Destek Vektör Makineleri modeli daha yüksek performans göstermiştir.

Toprak (2017), 2012 PISA uygulamasına katılan farklı ülke öğrencilerinin matematik başarılarının sınıflandırma performansları, CHAID algoritması, Doğrusal Ayırma Analizi ve Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağları modellerini kullanarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağları modelinin en yüksek sınıflandırma performansı sergilediği tespit edilmiştir.

Aksu ve Doğan (2018), 2015 PISA uygulamasında kullanılan 12 değişkeni ile öğrencilerin fen okuryazarlığı performanslarının makine öğrenmesi modelleriyle tahmin çalışması yapılmıştır. Model oluşturmak için kullanılan algoritmalar: Lojistik Model, Ridge Lojistik Regresyon, Random Tree, RepTree, Hoeffding-Tree, Random Forest ve Decision Stump. Sonuç olarak en iyi performans gösteren Random Forest modeli olduğu tespit edilmiştir. Fen okuryazarlığı üzerinde aile özellikleri ve fen konularına yönelik tutum değişkenlerinin anlamlı bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Ayrıca sosyo-ekonomik durum indeksi, evdeki eğitim kaynakları, çevreye duyarlık, öğretmenin adil olması, fen öğrenme süresi ve bilimsel inançlar değişkenlerinin yine bu alan üzerinde anlamlı etkisinin olduğu bulunmuştur.

Rebai ve diğerlerinin (2020) yaptığı bu çalışmada, 2012 PISA uygulamasına Tunus'dan katılan okulların akademik başarılarını etkileyen değişkenleri tespit etmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, makine öğrenmesi algoritmalarından Regresyon Ağaçları ve Random Forest algoritmalarıyla modeller oluşturulmuştur. Sonuç olarak Random Forest modelinin yüksek doğrulukta tahminler yaptığı bulunmuştur.

Lezhnina ve Kismihók (2022) yaptıkları çalışmada, 2015 ve 2018 PISA uygulamasına katılan Alman öğrencilerin fen ve matematik okuryazarlığı alanlarındaki performansıyla bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik tutumlar değişkeninin arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada rastgele orman (RF) ve hiyerarşik doğrusal modeller (HLM) gibi makine öğrenimi algoritmaları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik tutumlar değişkeninin, öğrencilerin fen ve matematik okuryazarlığı performansları üzerinde etkisinin olduğunu Random Forest modeli ile tespit edilmiştir.

Immekus ve diğerlerinin (2022) yaptığı araştırmanın amacı, öğrencilerin okul çalışmaları ile ilgili kaygısını tahmin etmek için LASSO, Enet ve Random Forest gibi makine öğrenimi modellerini karşılaştırmaktır. Yöntem olarak, 2015 PISA Amerika Birleşik Devletleri verilerindeki 188 değişkenin seçimi için bu üç yöntem, ileri adım adım (FS) regresyon ile birlikte kullanılmış ve modeller 100 kez tekrarlanmıştır. Sonuçlar, LASSO ve Enet'in Random Forest'a kıyasla daha iyi performans gösterdiğini ve okul çalışmalarıyla ilgili kaygıyı belirleyen önemli kişisel ve çevresel faktörleri doğru bir şekilde seçtiğini tespit etmiştir.

Bezek-Güre ve diğerleri (2023) yaptığı bu çalışmada, 2018 PISA uygulamasına Türkiye'den katılan öğrencilerin okuma becerileri performansını etkileyen değişkenlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) yöntemi ile Random Forest (RF) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda MARS modelinin daha iyi çalıştığı ve her iki modelde de evde bulunan kitap sayısı değişkeninin öğrencilerin okuma becerileri performansını etkilediği bulunmuştur.

Kasap ve diğerlerinin (2023) yaptıkları bu araştırmada, 2018 PISA okuduğunu anlama başarı puanını tahmin eden önemli değişkenleri belirlemek ve bu değişkenlerin başarı düzeyleri farklı olan ülkelerdeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmada, PISA'ya katılan 79 ülke başarı yüzdelerine göre sıralanmış ve bu ülkelerden düşük, orta ve üst grup olmak üzere örnekler seçilmiştir. Veriler, Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı ve Random

Forest yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, okuduğunu anlama başarısını tahmin eden önemli değişkenlerin sayısının 34'ten 3-8'e düşürülebileceği ve bu az sayıdaki değişkenle PISA'daki başarı seviyelerinin tahmin edilebileceği tespit edilmiştir. Elde edilen modellerin, üç kategorideki (düşük, orta, yüksek) başarıyı tahmin etmede makul seviyede performans gösterdiği belirlenmiştir.

Pan ve Cutumisu (2023) yaptıkları çalışmadaki amaçları, 2018 PISA uygulamasına Japonya ve Birleşik Krallık ülkelerinden katılan öğrencilerin yaşam doyumunu etkileyen değişkenleri makine öğrenmesi algoritmalarıyla tahmin etmeye çalışmaktır. Random Forest (RF) ve K-Nearest Neighbors (KNN) algoritmalarından model oluşturulmuştur. Kullanılan modeller öğrencilerinin yaşam doyumu tahmininde Birleşik Krallık verilerinde daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca RF modeli KNN modeline göre daha iyi sonuç verdiği bulunmuştur. Öğrencilerin yaşam memnuniyetini etkileyen değişkenleri ise evde ve okulda bulunan ICT kaynakları, öğretmen desteği, yaşamdaki anlam, öğrenci rekabeti, zorbalığa maruz kalma değişkenleri olarak tespit edilmiştir.

Resino ve diğerleri (2024) yaptıkları araştırmanın amacı, İspanyol öğrencilerin okuduğunu anlama becerisinde yüksek başarı ile ilişkili okul etkililiği değişkenlerini tespit etmektir. 2018 PISA İspanya verileri kullanılarak yapılan analizde, 159 farklı tahmin edici değişken Random Forest algoritması ve ikili çok düzeyli lojistik regresyon yöntemleriyle incelenmiştir. Bulgular, okuma sevgisi ve metabilişsel becerilerin, özellikle metnin güvenilirliğini değerlendirme yeteneğinin, en önemli faktörler olduğunu ve bu faktörlerin okuma başarısının %54'ünü açıkladığını göstermiştir. Eğitim politikalarının, bu alanlarda yapılacak iyileştirmelerle İspanya'da yüksek performans gösteren öğrenci sayısını artırma potansiyeline sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

San Martin Soares (2024) yaptığı bu çalışmadaki amacı, 2018 PISA Brezilya verilerini kullanarak Brezilya'nın eğitim sistemindeki matematik, fen ve okuma performansını etkileyen en önemli değişkenleri belirlemek ve tahmin etmektir. Araştırmada, 2018 PISA verilerini kullanarak makine öğrenimi ve geleneksel istatistik yöntemleri birleştirilmiştir. Random Forest analizi ile değişkenleri önem dereceleri karşılaştırılmış ve çok düzeyli lojistik regresyon analizleri ile en önemli değişkenlerin performansla ilişkisi incelenmiştir. Sonuçlar, evin yıllık gelirinin, ebeveynlerin en yüksek mesleki statüsünün ve erken çocukluk eğitim ve bakımının matematik, fen ve okuma alanlarındaki performansla olumlu ilişkili olduğunu, sınıf tekrarının ve ek derslerin ise olumsuz ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

Bu çalışma, Türkiye'nin 2015 PISA uygulama sonuçları kullanarak makine öğrenmesi algoritmaları yardımıyla öğrencilerin fen ve matematik okuryazarlığı ve okuma becerilerini etkileyen öğrenci, aile ve okul değişkenlerinin önem derecelerini belirlemeyi hedeflemektedir. Öğrenci başarısını etkileyen yüksek önem derecesine sahip değişkenler tespit edilerek, bu değişkenlerin öğrencilerin akademik performansları üzerindeki anlamlı etkileri incelenecektir. Ayrıca, 2015 PISA ve 2018 PISA uygulamalarında ilgili alanlarda en üst sıralarda yer alan ülkelerin sonuçlarıyla Türkiye'nin sonuçları karşılaştırılarak benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulacaktır.

3.1. Çalışmanın Modeli

Bu çalışma, 2015 ve 2018 PISA sınav verilerini kullanarak, Türkiye'den uygulamaya katılan öğrencilerin fen ve matematik okuryazarlığı ve okuma becerilerini etkileyen etmenleri tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sonuçlar 2015 PISA uygulamasında en iyi performans gösteren Singapur ve 2018 PISA uygulamasında en iyi performans gösteren Çin ülkeleri içinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, öğrenci başarısını öngörmek, başarıyı etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin akademik performans üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmıştır. Çalışmada Rastgele Orman (Random Forest), Aşırı Gradyan Artırma (Extreme Gradient Boosting, XGBoost), Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regression, SVR) ve Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (Bayesian Regularized Neural Networks, BRNN) algoritmaları kullanılmıştır.

3.2. Çalışmanın Evreni ve Örneklemi

Çalışmanın evrenini 2015 PISA uygulamasına katılan 72 ülkeden 540.000'e yakın öğrenci ile 2018 PISA uygulamasına katılan 79 ülkeden 600.000'e yakın öğrenci olmak üzere toplam 1.140.000 öğrenci oluşturmaktadır.

Çalışmanın örneklemini 2015 PISA uygulamasına Türkiye'den katılan 5856 öğrenci, Singapur'dan katılan 6115 öğrenci, 2018 PISA uygulamasına Türkiye'den katılan 6890 öğrenci ve B-S-J-Z (Çin)'den katılan 12058 öğrenci oluşturmaktadır. Öte yandan çalışmada öğrenci performanslarının yanında okul performansı da incelenmiştir. Okul performansı

değerlendirilirken aynı okula giden öğrencilerin ortalama performansına bakılarak değerlendirilmiştir. 2015 PISA uygulamasına Türkiye'den toplam 182 okul, Singapur'dan toplam 177 okul ve 2018 PISA uygulamasına Türkiye'den toplam 186 Okul ve Çin'den ise toplam 361 okul katılmıştır.

Çalışılan ülkeler için makine öğrenmesi modelleri oluşturulurken öncelikle veriler eğitim ve test verisi olarak iki ana örneklem grubuna rasgele ayrılmıştır. Verilerin %80'i eğitim verisi %20'si modellerin performanslarını test etmek için test verisi olacak şekilde rasgele bölünmüştür. Eğitim ve test alt örneklem gruplarına dahil edilen öğrenci sayıları sırasıyla ülkelere göre şu şekildedir: 2015 PISA uygulamasında Türkiye için 4688 ve 1168 öğrenci, Singapur için 4895 ve 1220 öğrenci; 2018 PISA uygulamasında Türkiye için 5514 ve 1376 öğrenci, Çin için 9648 ve.2410 öğrenci. Ülkeler arasındaki fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alt alanlarının daha net karşılaştırılabilmesi amacıyla, her bir ülkede aynı eğitim ve test alt örneklemleri kullanılmıştır. Benzer şekilde, okul örneklem sayıları da eğitim ve test verisi olarak ayrılmış olup, 2015 PISA uygulamasında Türkiye için 146 ve 36 okul, Singapur için 144 ve 33 okul; 2018 PISA uygulamasında Türkiye için 150 ve 36 okul, Çin için 289 ve 72 okul şeklinde belirlenmiştir.

3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları

Çalışmada kullanılan 2015 PISA ve 2018 PISA uygulamalarına ait verileri, tüm araştırmacılara açık olan OECD'nin resmi internet sitesi üzerinden https://www.oecd.org/pisa/data/2015database/ internet sayfası ve https://www.oecd.org/pisa/data/2018database/ adreslerinden indirilmiştir. Bu çalışmada, 2015 PISA ve 2018 PISA uygulamalarında öğrencilerin fen ve matematik okuryazarlığı ve okuma becerilerini etkileyen değişkenler incelenmiştir. OECD sınıflandırmasına uygun olarak, 2015 PISA sınavında tüm alanlarda (fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri) birinci sırada yer alan Singapur ile 2018 PISA sınavında birinci olan B-S-J-Z (Çin) ve Türkiye karşılaştırılmıştır. Tablo 1'de PISA kriterlerine göre belirlenen bazı değişkenlerin 14 ana kategori altındaki 27 alt kategorik sınıflandırması gösterilmiştir. Bu karşılaştırma, her iki sınavda da ortak olan değişkenlere dayanarak yapılmıştır.

Tablo 1. PISA kriterlerine göre tespit edilen çeşitli değişkenlerin kategori ve alt kategorileri

Category	Sub Category
Student and Family Characteristics	Student Demographics
	Language and Immigration
	Parents' Employment and Education
	Home Possessions and Socioeconomic Status
Proficiency Levels	Proficiency Levels
Computer Usage	Usage and Availability of Computers
ICT Literacy (Students)	ICT Literacy (Students)
School Composition, SES, and Organization	School Enrollment
	School Type & Community
	Ability Tracking
School Staffing and Resources	Shortage of School Staff including Teachers
	Computer Resources
Curriculum and School Activities	Resources for Low Achievers and Gifted
	Physical Activites
School and Classroom Climate	School Climate (reported by Students)
	Student-Teacher Relations (reported by Students)
	Classroom Climate (reported by Students)
	School Climate (reported by Principal)
	Classroom Climate (reported by Principal)
Student and Teacher Assessments	Use of Student Assessment Data
Parental Participation, Expectations and Accountability	Use of Student Assessment Data
	Parental Expectations regarding School
	Accountability
Admissions and Transfers	Admissions Practices
Extra-curricular Activities offered by School	Extra-curricular Activities offered by School
Educational Career (Students)	Educational Career (Students)

Bununla birlikte detayları **Ek bağlantı linki 13**'de yer alan bilgiler aracılığıyla Singapur, Çin ve Türkiye için spesifik olarak, bazı değişkenler için hiçbir verinin var olmadığı veya çok sayıda kayıp verinin olduğu bulunmuştur. Ayrıca yine 2015 PISA ve 2018 PISA verilerinin hepsi detaylıca analiz edildiğinde birçok değişkeninde Tablo 1'deki kategoriler içerisinde yer almadığı bulunmuştur. Bu çalışmada, olabildiğince fazla veriyi kullanarak elde edilebilecek en fazla değişkenle modelleyebilmek ve PISA verilerini karşılaştırılabilirliğini basitleştirmek amacıyla, aşağıda belirtilen metodoloji kullanılmıştır. Bu metodoloji kapsamında, değerlendirilen bahsedilen ülkeler için ortak değişkenler seçilmiş ve model eğitimi öncesinde bu verilerin işlenebilmesi için gerekli ön işlem süreçleri uygulanmıştır. Buna göre:

1. PISA kriterlerine göre tespit edilen 27 alt kategori içindeki tüm değişkenler tek tek incelenmiş ve kayıp değer miktarı %10'un üstünde olanlar modele dahil edilmemiştir. Bununla birlikte öğrenci odaklı (Kodu ST ile başlayanlar) ve okul odaklı (kodu SC ile başlayanlar) değişkenler ayrı olarak modeller oluşturulup değerlendirilmiştir.
2. PISA kriterlerine göre tespit edilen 27 alt kategori içinde gruplandırılmamış değişkenler modele dahil edilmiş fakat yine kayıp değer sayısı %10 dan fazla olanlar modele dahil edilmemiştir. Bunun yanında, benzer şekilde bu gruplandırılmamış değişkenlerde öğrenci odaklı (kodu **ST** ile başlayan) ve okul odaklı (Kodu **SC** ile başlayan) değişkenler ayrı olarak modeller oluşturulup değerlendirilmiştir.
3. Gruplandırılmamış değişkenler arasında yeni oluşturulan türetilmiş değişkenler de yine öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenler olarak ayrı şekilde modellere dahil edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen şartlara göre tespit edilen tüm değişkenlerin miktarları tek tek Tablo 2'de özetlenmiştir. Değişkenlerle ilgili detaylı içerik Ek Tablo 1-4 de verilmiştir. Daha kolay kıyaslanabilmeleri için, diğer ülkelerde de Türkiye örnekleminde yer alan değişkenlerle ortak olan değişkenler tercih edilmiştir.

Tablo 2. Araştırmada Türkiye örneklemi için gözlemlenen değişkenlerin sayıları

	PISA-2015		2018 PISA	
	Öğrenci merkezli değişkenlerin sayısı (ST…)	Okul merkezli değişkenlerin sayısı (SC…)	Öğrenci merkezli değişkenlerin sayısı (ST…)	Okul merkezli değişkenlerin sayısı (SC…)
Kategorli	92	59	90	56
Kategorisiz	164	169	279	107
Toplam	256	228	369	163

3.4. Verilerin Analiz Süreci ve Metodoloji

Veri Toplama Süreci ve Araçları bölümünde internet adresleri verilen veri depolarından 2015 ve 2018 PISA uygulamasına ait veriler indirilmiştir. 2015 PISA uygulaması ana veri setinden Türkiye ve her alanda en iyi skoru olan Singapur verileri, 2018 PISA uygulaması ana veri setinden ise Türkiye ve her alanda en iyi skoru olan Çin (B-S-J-Z) verileri ayıklanarak alınmıştır. R programı (Team, 2020) içinde **Tidyverse** Kütüphanesindeki **dplyr** paketi (Wickham ve diğerleri, 2023) kullanılarak ayıklama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemden sonra elde edilen veriler R içinde bulunan **caret**

kütüphanesi (Kuhn ve diğerleri, 2020) fonksiyonları ile eğitim ve test verisi olarak ayrılmıştır. Eğitim veri seti, makine öğrenme süreçlerinde makinaya tanıtılan ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenin üzerindeki etkisinin tespit edildiği kısmı oluşturur. Test verisi ise modelin eğitim sürecinde öğrendiği bilgileri ne kadar iyi genelleyebildiğini ve algoritmanın daha önce karşılaşmadığı modelin test edildiği aşamayı temsil eder. Bir sonraki aşamada ise kayıp veriler için imputasyon işlemi yapılmıştır. Bunun içinde R içerisinde bulunan **mice** paketi kullanılarak *bagging imputasyon* tekniği kullanılmıştır. Bu işlemle kayıp veriler uygun değerlerle doldurulmuştur.

Araştırılan ülkelerin eğitim ve test veri setlerine, R içindeki **caret** paketi kullanılarak (preProcess fonksiyonu ile) merkezleme (*centering*), ölçeklendirme (*scaling*) ve *Yeo-Johnson* dönüşümü ön işlem adımları uygulanmıştır. Merkezleme işlemi ile veri setindeki her bir değişkenin ortalaması sıfır olacak şekilde dönüştürülür. Bu, modelin bağımsız değişkenlerin ortalamalarından etkilenmemesini sağlar ve böylece modelin yorum yapma kabiliyetini artırır. Ölçeklendirme işlemi ise her bir değişkenin standart sapmasını 1 olacak şekilde ayarlayarak, farklı ölçeklere sahip değişkenler arasındaki dengesizlikleri giderir ve algoritmanın her bir özelliği eşit önemde değerlendirmesini sağlar. Yeo-Johnson dönüşümü ise, veri setindeki değişkenlerin dağılımlarını daha normal bir forma sokmak için kullanılan bir güç dönüşüm yöntemidir. Bu dönüşüm, değişkenlerin asimetrik dağılımlarının olduğu durumlarda modelin daha iyi performans göstermesinde etkili olur. Çünkü verilerin normal dağılıma yakın olması, makine öğrenme algoritmalarının doğruluğunu artırabilir (Cabello-Solorzano ve diğerleri, 2023). Bahsedilen bu ön işlemler, model eğitimi için veri setlerini daha uyumlu bir hale gelmesini sağlamıştır. Ayrıca veri üzerinde daha doğru ve etkili bir şekilde çalışabilmesi için makine öğrenme algoritmalarına olanak tanımıştır (Chithra ve diğerleri, 2022). Bunlara ek olarak, veri ön işleme adımlarının modelin eğitim sırasında karşılaşabileceği sorunları azaltarak ve modelin performansını artırarak olumlu etkiler yaratması hedeflenmiştir. Bu bilgileri destekler nitelikte literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Alexandropoulos ve diğerleri, 2019; Bilal ve diğerleri, 2022).

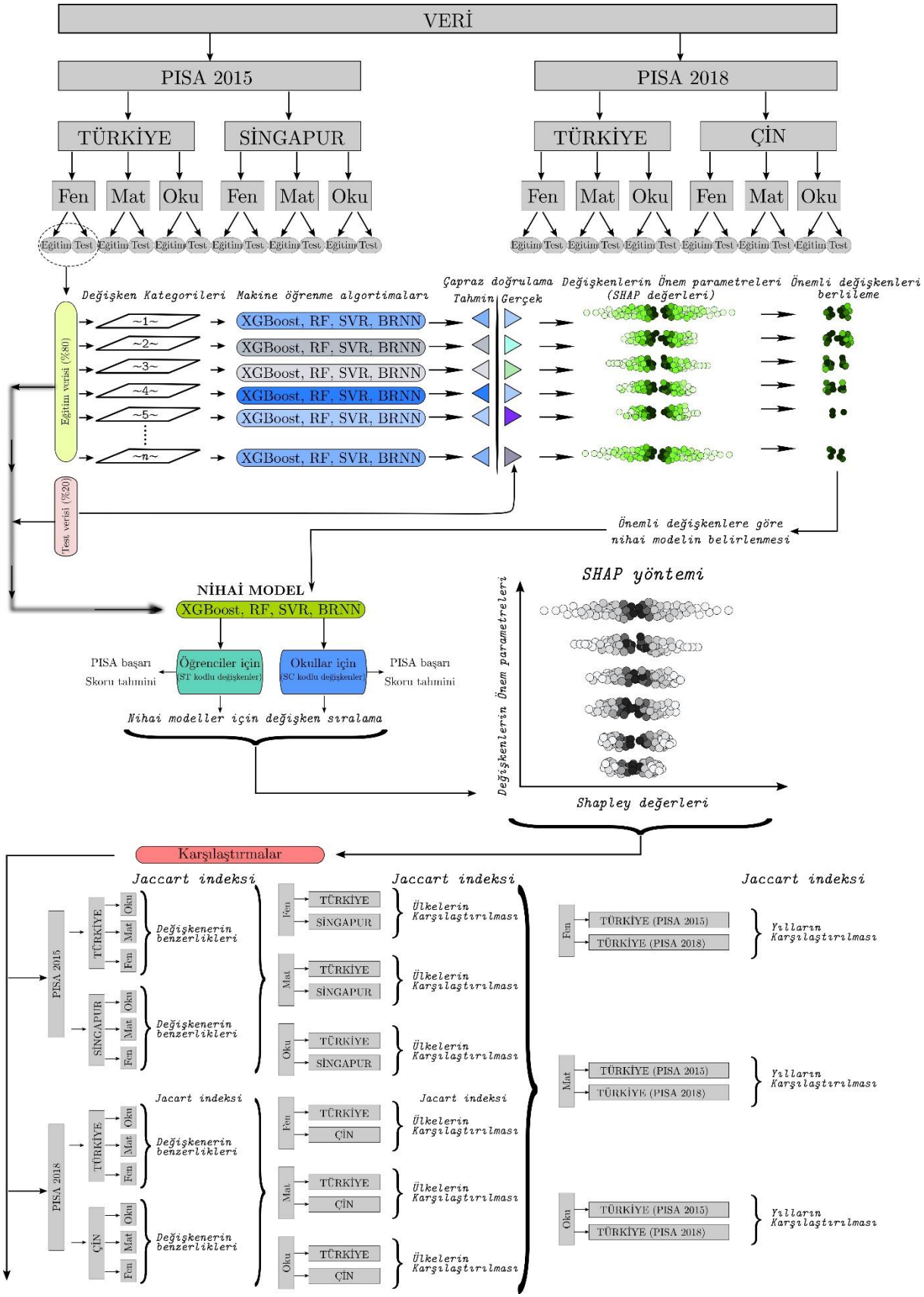
Bir sonraki aşamada, katmanlı bir modelleme yapısı oluşturularak makine öğrenme süreci başlatılmıştır. Bahsi geçen ‘katmanlar’, değişkenlerin oluşturduğu kategorilere karşılık gelmektedir ve Ek Tablo 1, Ek Tablo 2, Ek Tablo 3 ve Ek Tablo 4'te ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Türkiye, Singapur ve Çin ülkelerinin fen ve matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri başarı skorları her değişken kategori grubu için tek tek belirlenmiştir. Sonrasında Rastgele Orman (Random Forest, RF), Aşırı Gradyan Arttırımı (Extreme

Gradient Boosting, XGBoost), Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regresyon, SVR) ve Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (Bayesian Regularized Neural Networks, BRNN) algoritmaları kullanılarak makine öğrenme modelleri oluşturulmuş ve bu modellerle tahmin çalışması yapılmıştır. Algoritmalara dair detaylar "Verilerin Analizinde Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmaları" bölümünde verilmiştir. Ayrıca, ML algoritmalarının hiper parametre ayarlarının eğitim sürecinde belirlenmesi için rastgele ızgara arama yöntemi uygulanmış ve bu yöntem, 10 katlı ve 10 tekrarlı uyarlanabilir yeniden örnekleme teknikleriyle birlikte kullanılarak her bir model için en uygun hiper parametre ayarlarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımla iç validasyon hataları, çapraz doğrulama testi ile giderilmiş ve modellerin performans seviyeleri yükseltilmiştir. Buna ek olarak bu yaklaşımla makine öğrenme modellerinde çokça yaşanan aşırı uyum (overfitting) probleminin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Modelin aşırı uyuma sapmadığını, model sonrası tespit edilen test hataları ile eğitim aşamasında belirlenen validasyon hatalarının birbirine yakın olması önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Mehta ve diğerleri, 2019).

Rastgele ızgara arama yönteminin çalışma prensibi, rastgele seçilen kombinasyonlarla belirlenen hiper parametre çerçevesinde modellerin performansını inceleyerek, karmaşık hiper parametre uzayını kapsamlı bir şekilde tarar. Bu durum, modellerin mantıklı ve öngörülemeyen hiper parametre kombinasyonlarını bulmasını sağlar. Bu şekilde modelin performans kapasitesini büyütür. Bunun yanında, modelin genelleştirme kabiliyetini incelemek için 10-katlı çapraz doğrulama tekniği kullanılır. 10-katlı çapraz doğrulama tekniği, kullanılacak olan eğitim veri setini kendi içinde on eş parçaya ayırır. Her seferinde bir parçayı test seti olarak geri kalan kısmı da eğitim seti olarak değerlendirir. Bu teknik, modelin farklı veri alt kümelerine verdiği tepkileri değerlendirir ve algoritmanın genelleştirme yeteneğine dair güvenilir bir değerlendirme sağlar. Ayrıca modelin genel yapısını değerlendirerek aşırı uyum riskini düşürür bu nedenle önemli bir yeri vardır (Appelhans ve diğerleri, 2015; Hengl ve diğerleri, 2018). Gereksiz kombinasyonların başlarda çıkarılması ve daha etkili bir model seçilmesi için uyarlanabilir yeniden örnekleme yöntemi kullanılır. Bu yöntemle ilk önce, çeşitli hiper parametre kombinasyonlarıyla kurulan modeller, erken aşamada kısıtlı sayıda yeniden örnekleme ile incelenir. Bu süreçten sonra ANOVA testi ile düşük performans sergileyen hiper parametre kombinasyonları tespit edilir ve bu kombinasyonlar işlemden çıkarılır. Geriye kalan modeller daha çok yeniden

örneklemeye tabi tutulur ve en iyi performans gösteren hiper parametre kombinasyonu belirlenene kadar bu aşama devam eder. Böylelikle en etkili model belirlenmiş olur.

Bu çalışmada yapılacak olan katmanlı (Kategorik) öğrenme sürecinin detaylı diyagramı Şekil 1'de gösterilmektedir. Şekilde, "Veri Toplama Süreci ve Araçları" bölümünde bahsedilen değişkenler üzerinden uygulanan işlem basamakları görülmektedir. Burada kıyaslamak için Singapur ve Çin ülkelerinin tercih edilmesinin asıl sebebi, fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanlarında 2015 PISA uygulamasında Singapur'un, 2018 PISA uygulamasında ise Çin'in performans sonuçlarının diğer ülkeler arasında en iyi olmasıdır. Bu aşamada, her kategori için farklı makine öğrenme modelleri oluşturarak, bu modellerden alınan tahminlerle değişkenlerin önem seviyeleri SHAP yöntemine (SHapley Additive exPlanations, Shapley Katkısal Açıklamaları) göre tespit edilmiştir. Shapley değerleri detayları "Model Performans Metrikleri" bölümünde bahsedilmiştir. Bu yöntem, her bir değişkenin model tahminlerine olan katkısını niceliksel olarak ölçer ve değişkenleri ölçüm sonuçları doğrultusunda önem derecelerine göre sıralar. Böylelikle önem derecesi yüksek değişkenler belirlenmiş ve tahmin edici değişken olarak nihai makine öğrenme modelinde kullanılmıştır. Bu aşama her alt veri gurubu için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Benzerlik ayrıntıları ise "Değişkenlerin Benzerliklerinin Karşılaştırılması: Jaccard indeksi" bölümünde detaylandırılan Jaccard indeksine göre değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada uygulanan genel işlem adımları (*Not: Figürler temsili çizilmiştir*)

3.5. Verilerin Analizinde Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Bu çalışmada Rastgele Orman (Random Forest, RF) Algoritması, Aşırı Gradyan Arttırımı (Extreme Gradient Boosting, XGBoost) Algoritması, Destek Vektör Regresyon (Support Vector Regresyon, SVR) ve Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (Bayesian Regularized Neural Networks, BRNN) algoritmaları kullanılmıştır.

3.5.1. Rastgele orman (RF)

Rasgele Orman (Random Forest, RF) algoritması, Breiman (2001) tarafından önerilen bir yaklaşımdır. Bu makine öğrenmesi algoritmasının temelinde, birçok karar ağacı (Decision Tree) bulunur. Rastgele alt uzaylar (Random Subspaces) (Ho, 1998) ve Bagging (Breiman, 1996) yöntemlerinin birbirine entegrasyonu ile şekillenmiştir. Bu algoritma birçok farklı alanda kullanılmış ve sınıflandırma ve regresyon temelli çalışmalarda kendini kanıtlamıştır (Tao Shi, 2012; Farnaaz & Jabbar, 2016; Parlak, 2021; Görgülü, 2021; Topçu, 2023). RF algoritması ilk olarak veri setini üç parçaya rasgele bir şekilde bölerek 2/3'ünü eğitim, 1/3'ünü ise test verisi olarak ayırır. Sonrasında "bootstrap" örnekleme yöntemiyle veri setinden rasgele birçok karar ağacı oluşturur. Düğüm noktalarında her bir ağacın dallanması rastgele seçilen tahmin ediciler ile belirlenir. Her bir ağaçtan alınan tüm sonuçların ortalaması, RF'ın nihai tahminini verir. Fakat her ağacın modele katkısı aynı oranda değildir. Doğru tahminlerin oranı fazla, yanlış tahminlerin oranları düşüktür. Bu nedenle topluluk öğrenme yaklaşımında olan RF'ın kendi içinde bir ceza sistemi olduğu söylenebilir. Fakat her bir bireysel ağaç RF tahmini belirli oranda katkı vermesine karşı, bu modelin yapısında olan bireysel ağaçların toplu bir şekilde bir araya gelerek daha güçlü ve genellenebilir bir tahmin oluşturmasından dolayı ağaçların her biri ayrı ayrı incelenmez (Prasad ve diğerleri, 2006). RF algoritmasının diğer algoritmalardan daha güçlü olmasının sebebi, eğitim verilerinin rastgele alt kümelerden alınması ve rastgele algoritmayla ağaçlarının oluşması özellikleridir (Panov & Džeroski, 2007). Bunların yanında bootstrap örnekleme sayesinde RF algoritması rastgele seçilmiş değişik alt veri setlerinde öğrenme yaptığı ve yanlış olan tahminleri ceza parametresi ile oranlandırmış olmasından kaynaklı olarak aşırı uyumu (overfitting) önler. Random Forest ile ilgili başka detaylar ve matematiksel alt yapısı ile ilgili referanslar incelenebilir (Biau & Scornet, 2016; Breiman, 1996).

3.5.2. Aşırı gradyan artırma (XGBoost)

Gradyan boosting karar ağacının bir çeşidi olan XGBoost algoritmasında, boosting ağaçlarının rolü üç kriterle (kazanç, frekans ve kapsam) değerlendirilir (Ma ve diğerleri, 2019; Li ve diğerleri, 2020). Kazanç (gain) kriteri, bir değişkenin veya özelliğin her bir ağaç dalına sağladığı doğruluk katkısını belirtir. Ağaç modellerinde her özelliğinin her ağacın her kazancı hesaba eklenir ve sonrasında nihai model için değişken başına dağıtılan kazanç paylaştırılır. Paylaşma miktarı da frekans kriterini vermektedir. Modele sağladığı kazanç miktarı yüksek olan değişkenin, yeni tahminler üretmede daha yüksek bir önem taşıdığı belirlenebilir. Sonucunda ayrı ayrı değişkenler için model doğruluğundaki katkısı önem seviyelerine göre oransal olarak sıralanabilir. Nihayetinde kapsam kriteri ile model için değişkenlerin oransal önem seviyeleri tanımlanabilir. XGBoost modelinde, önceki tahminlerdeki hataları düzeltmek amacıyla sürekli olarak yeni karar ağaçları eklenir. Böylelikle tahmin edilen değerler ve gerçek değerler arasındaki hataların miktarı düşürülür (Hengl ve diğerleri, 2018).

XGBoost algoritmasının amaç (*objective, uygunluk, fitness*) fonksiyonu Denklem 1'de ifade edildiği gibi $l(\cdot)$ (kayıp fonksiyonu) ve $\Omega(\cdot)$ (regülasyon terimi) toplamından oluşur (Ma ve diğerleri, 2021).

$$L = l(\cdot) + \Omega(\cdot) = \sum_{i=0}^{N} l(y_i, \hat{y}_i) + \sum_{k=0}^{K} \Omega(f_k) \quad \textbf{(1)}$$

Burada $\hat{y}_i$ i'ninci örnek için tahmin edilen değerdir; y_i i'ninci gerçek (actual) değerdir; N numune sayısıdır; K karar ağacı sayısı ve f_k, k'nıncı ağacın oluşturduğu modeldir. Modelin aşırı uyum (overfitting) seviyesinin artmasını engelleyen $\Omega(\cdot)$ regülasyon terimi Denklem 2'de verildiği gibi tanımlanabilir.

$$\Omega(f) = \gamma T + \frac{1}{2}\lambda \sum_{j=1}^{T} \|\omega_j\|^2 \quad \textbf{(2)}$$

Burada T bir karar ağacındaki yaprakların sayısıdır; w_j j'ninci yapraktaki skordur; g ve l parametreleri cezalandırma terimleri olarak tanımlanır.

Eşitlik 1 ile verilen L amaç fonksiyonunu en aza indirmek ve en iyi model parametrelerini tespit etmek için iterasyon işlemi yapılır. Bu işlemle yeniden yapılan her yeni fonksiyon serisi, kendinden önceki fonksiyona ait hataların optimizasyonu ile oluşturulur. Böylece t'ninci iterasyondaki yeni amaç fonksiyonu Denklem 3'de gösterildiği gibi olacaktır.

$$L^{(t)} = \sum_{i=0}^{N} l\left(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)} + f_t(x_i)\right) + \gamma T \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^{T} \omega_j^2 \quad \textbf{(3)}$$

Sonuç olarak Eşitlik 3'e ikinci dereceden Taylor açılımı uygulanır ve böylece amaç fonksiyonu yüksek performanslı bir tahmin modeli geliştirecek şekilde optimize edilebilir (Hu ve diğerleri, 2021; Ma ve diğerleri, 2021; Wang ve diğerleri, 2022). XGBoost yaklaşımı literatür de verimli şekilde kullanılmasından ötürü farklı alanlardaki çalışmalara denk gelmek olasıdır (Nielsen, 2016; Qiu ve diğerleri, 2021; Engin, 2023; Al-Bayatı, 2024; Yeni, 2024).

3.5.3. Destek vektör regresyon (SVR)

Vapnik ve Cortes (1995) tarafından geliştirilen Destek vektör makineleri (Support Vector Machine, SVM) yönteminin amacı, veri setlerini en iyi şekilde ayıran hiper-düzlemi bulmaktır. İlk olarak SVM yöntemi sınıflandırma problemleri için oluşturulmuştur. Daha sonra regresyon problemleri için Drucker ve diğerleri (1997) tarafından revize edilerek destek vektör regresyonu (Support Vector Regression, SVR) olarak adlandırılmıştır. Lineer regresyondan farklı olarak SVR, model üzerinde aykırı değerlerin etkisini azaltmak için belirlenen bir hata skalası içindeki veri noktalarını kabul eder (Wu ve diğerleri, 2019; Osman ve diğerleri, 2021). Özellikle gürültülü veri setleriyle çalışırken bu yaklaşımın kullanılması büyük önem taşır. SVR'nin ana prensibi, yapısal risk minimizasyonu (SRM) ilkesine dayanır. Bu ilke, modelin genelleştirebilme kabiliyetini arttırırken, bunun yanında model karmaşıklığını da yönetebilmeyi amaçlar. SVR, giriş verilerini yüksek boyutlu bir özellik uzayına dönüştürmek için genellikle RBF (Radial Basis Function) gibi çeşitli kernel fonksiyonları kullanır (Wu ve diğerleri, 2019). Bu dönüşüm, veriler arasındaki lineer olmayan ilişkileri modellemeyi sağlar. Hedef fonksiyonunun belirli bir sapma aralığı içinde kalmasını sağlamak için SVR modelinin matematiksel formülasyonu optimize işlemi yapar. Bu optimizasyon, aşağıdaki genel formülle ifade edilir:

$$f(x) = \langle w, x \rangle + b + \varepsilon \quad \textbf{(4)}$$

Burada $\langle w,x \rangle$ ifadesi, w ağırlık vektörü ile x girdi vektörünün iç çarpımını temsil eder; b ise bias terimidir. SVR'de amaç, $f(x)$ fonksiyonunun çıktısının, gerçek hedef değerlerle belirli bir epsilon (ε) marjı içinde kalmasını gerçekleştirmektir. Bu amaçla, SVR, üst ve alt sınır arasındaki sapmaları en aza indirecek şekilde w ve b parametrelerini optimizasyon süreciyle ayarlar.

Optimizasyon problemi, modelin hata marjını (ε) aşan sapmaları cezalandırırken, aynı zamanda modelin karmaşıklığını da dengeleyen düzenlileştirme terimlerini içerir. Bu, SVR'nin aykırı değerlere karşı hassasiyetini düşürürken, aynı zamanda aşırı uyum riskini de en aza indirir (Yu ve diğerleri, 2006; Wu & Chau, 2008; Wu ve diğerleri, 2019).

Bu yaklaşım, model sağlamlığı (robustluk) ve doğruluk açısından özellikle karmaşık yapılara sahip verilerde ciddi avantajlar sağlar. SVR modellemesinde kullanılan kernel fonksiyonları, modelin lineer olmayan ilişkileri tanıma yeteneğini önemli ölçüde geliştirir. Bu fonksiyonlar, daha yüksek boyutlu bir uzaya orijinal girdi verilerini taşıyarak, lineer şekilde bölünebilir duruma getirir. Bu dönüşüm, modelin performansını, özellikle karmaşık ilişkilerin ve desenlerin olduğu veri setlerinde önemli derecede iyileştirir. Polinomiyel, sigmoid ve radyal tabanlı fonksiyonlar (Radial Basis Function, RBF) en çok kullanılan kernel fonksiyonları arasında yer almaktadır. Veri yapısına ve problem setine bağlı olarak her bir Kernel fonksiyonunun avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bundan ötürü parametre ayarı ve model seçimi sürecinde dikkatli bir inceleme önemlidir.

SVR algoritması, genellikle dışbükey optimizasyon tekniklerini kullanır. Bu tekniğin kullanıldığı aşamada, modelin hata toleransını ve sınır değerlerini stabilize ederken, diğer yandan modelin genelleme yeteneğini en yükseğe çıkarmayı amaçlar. Optimizasyon süreci, modelin tahmin hatalarını en aza indirirken, aynı zamanda modelin karmaşıklığını sınırlayarak daha genel bir performans sağlamak için düzenlileştirme terimlerini içerir. Bu durum, SVR modelinin genelleştirme başarısını artırdığı gibi modelin eğitim veri setine aşırı uyum (overfitting) yapmasının önüne geçer. Optimizasyon hem kayıp fonksiyonunu minimize eden hem de modelin karmaşıklığını sınırlayan düzenlileştirme terimleri içerir. Bu, modelin eğitim veri setine aşırı uyum sağlamasını (overfitting) önler ve genelleştirme performansını artırır (Hastie ve diğerleri, 2009).

Ayrıca SVR modelinin başarısı, model hiper parametrelerinin doğru olarak ayarlanmasına da bağlıdır. Kernel fonksiyonu, epsilon (ϵ), ve C (ceza parametresi) bu hiper parametreler arasında yer almaktadır. Modelin hata marjını epsilon ayarlarken, C parametresi, aykırı değerlere karşı modelin esnekliğini belirler. Kernel fonksiyonunun parametreleri ise, fonksiyon karmaşıklığı ve dönüşüm değerleri üzerinde etkilidir. Modelin, eğitim ve test veri setlerindeki performansı, bu parametrelerin uygun olarak ayarlanmasından ciddi derecede etkilenir.

3.5.4. Bayes düzenlemeli yapay sinir ağları (BRNN)

Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network, ANN), kompleks hesaplama modelleridir ve insan beyninin fonksiyonelliğini taklit eder (Rumelhart ve diğerleri, 1986). ANN'nin temelinde, sinir hücrelerine benzeyen yapay nöronlar vardır. Bu nöronlar, sinaptik ağırlıklarla bir ağ oluşturacak şekilde bağlanır ve gelen verileri işleyerek, verinin akışının ileri beslemeli (feedforward) olduğu yapay sinir ağlarında (ANN) ileriye doğru ilerlemesini sağlar (Akkoyun, 2020). Veri, sinaptik ağırlıklar aracılığıyla bir sonraki nöron katmanlarına aktarılırken modifiye edilir. Gelen veri belirli fonksiyonlar yardımıyla her bir nöron içinde entegre edilir ve net veriyi oluşturur. Daha sonra biyolojik nöral aktivasyonu temsil eden farklı bir fonksiyon tarafından bu veri etkinleştirilir (Yeşilkanat ve diğerleri, 2017). YSN yöntemlerinin ana amacı, nöronları birbirine bağlayan sinaptik ağırlıkları en iyi duruma getirmektir. İlk başta bu ağırlıklara rasgele değerler verilmiştir ve istenen sonucu ile ağın çıktısı arasındaki farkı minimize edecek şekilde döngüsel olarak ayarlanır. Bir YSN en uygun haliyle yapılandırıldığında, karmaşık desenleri öğrenme ve bu desenlere uyum sağlama becerisini göstererek, hedef değerlere yakın çıktılar üretebilir (Bayram ve diğerleri, 2014).

Bayes temelli düzenlileştirme teknikleriyle, klasik yapay sinir ağlarının (ANN) zenginleştirilmesi sonucu, Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları (Bayesian Regularized Neural Network, BRNN) geliştirilmiştir. Bayesci yaklaşımların overfittinge karşı model belirsizliği ve direncini detaylı bir şekilde analiz edilmesi gibi avantajlarını BRNN, yapay sinir ağlarına dahil eder. Bayesci düzenleme, model parametrelerine önceden tahmin edilen dağılımlar atayarak ve bu tahminleri modelin öğrenme sürecinde elde edilen verilerle güncelleyerek, parametrelerin olası değerleri hakkında hem önceden sahip olunan bilgileri hem de yeni verileri birlikte kullanır (Nguyen ve diğerleri, 2020). Bir BRNN modeli, Eğitim sürecinde ağırlıklarını yalnızca eğitim verilerine bağlı kalmayıp, aynı zamanda bu öncül

bilgilere dayanarak ayarlar, bu parametre tahminlerinin, daha gerçekçi ve güvenilir olmasını sağlar ve modelin eğitim verilerine aşırı derecede uyum sağlamasını (overfitting) önler (Burden & Winkler, 1999). Belirsizliklerin modellemesine, BRNN, doğal bir yöntem önerir. Bu model, belirli bir girdi için yalnızca tek bir tahmin yapmakla kalmaz, aynı zamanda bu tahminin ne kadar güvenilir olduğunu da gösterir (Dong ve diğerleri, 2022). Tahminlerin isabetliliği ve risk analizleri için özellikle gerçek dünya problemlerinde kritik önemde detaylar verir. Ayrıca bu model, model karmaşıklığının kendiliğinden yönetilmesini sağlaması bakımından önemlidir. Bu bilgilerin ışığında, BRNN, klasik ANN'lere karşın daha güvenilir, dayanıklı ve esnek modelleme sonuçları verebilir. BRNN yönteminin sağladığı bu güvenilirlik ve esneklik, modelin uygulama alanlarını ciddi derecede büyütür. Aşırı uyuma karşı direnç ve gelişmiş belirsizlik yönetimi özellikleri, başlıca sınıflandırma ve tahminleme görevlerinde, modelin karmaşık veri kümelerinden sağlanan bilgileri daha mantıklı bir şekilde değerlendirmesini sağlar.

BRNN modelleri, klasik ANN'lere kıyasla, özellikle değişken ve belirsiz veri setlerinin olduğu senaryolarda daha güçlü sonuçlar çıkartabilir. Bayesci düzenlileştirme aracılıyla, modelin öğrenme aşamasında parametrelerde daha geniş bir bakış açısı yakalanır, bu da modelin veriye overfitting yapmasını önlerken, genelleştirme yeteneğini artırır. Ayrıca, model belirsizliğinin detaylı olarak incelenmesi, karar verme aşamalarında daha bilinçli seçimler yapılmasına olanak verir. Bu, karar destek sistemleri ve özellikle risk yönetiminde ciddi önem taşıyan bir avantajdır. Bir diğer önemli noktada, BRNN'nin model karmaşıklığının kendiliğinden kontrol etmesidir. Bayesci yaklaşım, modelin yalnızca gerekli olan parametreleri kullanarak öğrenmesini destekler. Bu sayede hem hesaplama maliyetleri düşürülür hem de modelin genelleme yeteneği artırılır. Büyük veri setleri ile çalışırken özellikle bu yaklaşım önemlidir. Çünkü hem modelin eğitim süresini azaltır hem de işlem kaynaklarının daha verimli kullanmasını sağlar.

3.6. Model Performans Metrikleri

Fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri skorlarının tahmin edilmesinde kullanılan makine öğrenme modelleri aracılıyla tahmin skorları ile gerçek skorların karşılaştırmasını yapmak için ve performans düzeylerinin tespit edilmesi aşamasında Karekök Ortalama Kare Hata (Root-Mean Square Error - *RMSE*), Belirleme Katsayısı (Coefficient of Determination - R^2), Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error - *MAE*) ve Lin'in Uyumluluk Korelasyon Katsayısı (Lin's Concordance Correlation

Coefficient - ρ_c) metrikleri kullanılmıştır. Bahsedilen bu metrikler, modellerin tahmin yapma yeteneklerini farklı açılardan değerlendirmemizi sağlar.

RMSE, hataların karelerinin ortalamasının kareköküdür. Hataların büyük olanlarına daha çok ağırlık verir. Bu sayede modelin, büyük hatalar yapma olasılığını daha başarılı gösterir. MAE ise, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkların mutlak değerlerinin ortalamasıdır. MAE, basitliği ve anlaşılabilirliği ile öne çıkar. RMSE'den farklı olarak küçük ve büyük hataları eşit şekilde değerlendirir, ancak hataların yönünü (pozitif veya negatif) dikkate almaz. R^2 (Determination Katsayısı) ise modelin veri setindeki varyansı ne kadar iyi açıkladığını ölçen bir istatistiktir ve modelin açıklama gücünü ortaya koyar. R^2'nin değeri 0 ile 1 arasında değişir. Yüksek bir R^2 değeri, modelin verileri iyi bir şekilde açıkladığını ve bağımlı değişkenin varyansının büyük bir kısmını tahmin ettiğini gösterir. Düşük bir R^2 değeri ise modelin verileri iyi bir şekilde açıklamadığını ve daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyduğunu gösterir. Fakat bazı durumlarda yanıltıcı olabilir (Dai ve diğerleri, 2014; Field ve diğerleri, 2012); bu yüzden genellikle uyumluluk katsayısı ile birlikte değerlendirilmesi gerekir (Lin, 1989). Lin'in Uyumluluk Korelasyon Katsayısı (ρc), ölçek üzerindeki uyumu (ortalama farklar) ve iki ölçüm arasındaki doğrusallığı değerlendirir. Bu durum, ρc'nin hem doğrusal ilişkinin gücünü hem de ölçümlerin uyumunu ölçtüğü anlamına gelir. Başka bir deyişle, ρc modelin hassasiyetini ve doğruluğunu (yanlılık) eşzamanlı olarak değerlendirir. Bu performans metrikleri, aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(A_i - P_i)^2} \quad \textbf{(5)}$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|A_i - P_i| \quad \textbf{(6)}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(A_i - P_i)^2}{\sum(A_i - \mu_A)^2} \quad \textbf{(7)}$$

$$\rho_c = \frac{2\rho\sigma_A\sigma_P}{\sigma_A^2 + \sigma_P^2 + (\mu_A - \mu_P)^2} \quad \textbf{(8)}$$

Burada, A_i gerçek değerleri, P_i tahmin edilen değerleri, n örnek sayısını, ρ Pearson korelasyon katsayısını, σ_A ve σ_P sırasıyla gerçek ve tahmin edilen değerlerin standart

sapmalarını, μ_A ve μ_P ise sırasıyla gerçek ve tahmin edilen değerlerin ortalama değerlerine karşılık gelmektedir.

3.7. Değişkenlerin Önem Parametrelerinin Belirlenmesi: SHAP Metodu

SHAP (Shapley Additive exPlanations) yöntemi, makine öğrenmesi modellerindeki değişkenlerin etkililik ölçütlerini saptamada ve tahminlerini tanımlamada sıkça kullanılan bir tekniktir (Štrumbelj & Kononenko, 2014). Yöntem, oyun teorisinden Shapley verilerini alarak, modelin tahmin aşamasında yer alan bütün özelliklerin sonuçlarını sayısal olarak verir. SHAP, makine öğrenmelerinde model tahminlerinin oluşturulabilmelerinin yolunun anlaşılabilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir (Van Den Broeck ve diğerleri, 2022). SHAP yöntemiyle bir modelin yanlı (biased) mı olduğu veya tahminlerde hangi özelliklerin daha yüksek derecede etkili olduğu belirlenebilir (Munoz ve diğerleri, 2023). SHAP, bir modelin sonuçlarını oluşturmada etki eden değişkenlerin payını tarafsız olarak değerlendirir. Her özelliğin modele katkısı, tahmindeki değişime bulunduğu katkıyı ölçen bir değerle gösterilir. SHAP değerleri, özellik kombinasyonlarının tamamının analiziyle belirlenir. Bu süreçte, bütün özellikler, model bulgularındaki değişime sınırlı etki gösteren bir 'oyuncu' olarak işlev görür (Hu & Wang, 2023). SHAP, yapay zeka sistemlerindeki geliştirmelerin akıcı ve daha şeffaf olabilmesi için karmaşık modellerin nasıl işlediğini anlamamıza fayda sağlamaktadır (Weerts ve diğerleri, 2019).

3.8. Değişkenlerin Benzerliklerinin Karşılaştırılması: Jaccard indeksi

Jaccard indeksi, diğer bir ifadeyle Jaccard benzerlik katsayısı, değişkenlerin oluşturduğu iki grubun arasındaki benzerliği ölçen bir istatistiksel yöntemdir. Bu katsayı, değişken grupları arasında, birleşim boyutundaki kesişim boyutu oranı olarak tanımlanır. Matematiksel olarak ifade edilirse, farklı değişken sayılarına sahip iki grup A ve B için Jaccard indeksi $J(A,B)$ aşağıdaki gibi belirlenir:

$$J(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|} \quad \textbf{(9)}$$

Burada, $|A \cap B|$ A ve B gruplarının kesişimindeki değişken sayısı, $|A \cup B|$ birleşimlerindeki değişken sayısını ifade eder. Jaccard indeksi, 0 ile 1 arasında bir değer alır. Değerin 1 olması, grupların tamamen aynı olduğunu, iki grupta da yer alan değişkenler arasında farklılık olmadığını; değerin 1 olması ise grupların arasında hiç kesişim olmadığını,

bütün değişken gruplarının birbirlerinden farklı olduğunu gösterir (Verma & Aggarwal, 2020). Jaccard indeksinin açıklaması genellikle aşağıdaki gibi yapılır:

- Yüksek Jaccard İndeksi (örneğin, 0.7 ve üzeri): Gruplar arasındaki benzerliğin yüksek olduğunu ifade eder. Yani, iki grupta önemli ölçüde ortak değişkenlerin olduğu söylenebilir. Sonuç olarak 0.7 ve üzeri indeks değeri çıktıysa iki grup ya da iki veri setinde yüksek oranda ortak belirleyicileri olduğu söylenebilir.

- Orta Derecede Jaccard İndeksi (örneğin, 0.3-0.7 arası): Grupların aralarındaki benzerliğin orta düzeyde olduğunu ifade eder. Bu, grupların bazı değişkenlerinin ortak olduğunu, fakat farklı değişken oranının daha yüksek olduğunu ifade eder. Sonuç olarak 0.3-0.7 aralığında indeks değeri çıktıysa iki grup ya da iki veri setinde orta düzeyde ortak belirleyicileri olduğu söylenebilir.

- Düşük Jaccard İndeksi (örneğin, 0.3 altı): gruplarda seçilen değişkenler arasında benzerlik olmadığını ifade eder. Bu durum, grupların çok az ortak değişkenin olduğunu veya hiç ortak değişkeninin olmadığını belirtir. Sonuç olarak 0.3 ve altında indeks değeri çıktıysa pratikte iki grup ya da iki veri setinin, farklı özelliklere yoğunlaştığını ifade eder.

Jaccard indeksinin değerlendirilmesi, örüntü tanıma, kümeleme ve özellikle veri analizi gibi alanlarda değerlidir. Bu indeks, gruplar arası ilişkileri inceleyen veya benzerlikleri bulmaya çalışan analitik kararlar alma ve stratejiler geliştirmede yardımcı olabilir (Verma & Aggarwal, 2020). Jaccard indeksi, güvenilir bir benzerlik karşılaştırması verdiği için eski bir ölçüt olmasına rağmen güncel birçok alan ve çalışmalarda kullanımı tercih edilmektedir. Örneğin; desen kümelerinin karşılaştırılmasında (Fletcher & İslam, 2018), edebiyatta (Madatov & Sattarova, 2024), sağlıkta (Maître ve diğerleri, 2024; Cekic ve diğerleri, 2024), Yazılım alanında (Rezende ve diğerleri, 2024) ve finans alanında (Ghosh & Das, 2024). Jaccard indeksinin, iki gruptaki değişkenlerin benzerlikleri veya farklılıklarını net olarak belirtebilmesi ve basit ve anlaşılır sonuçlar verebilmesinden ötürü, benzerlik karşılaştırma problemlerinde yaygın olarak tercih edilmesinin iki temel nedenidir. Tabii ki yöntemin az sayıda değişkene sahip gruplar için çeşitli kısıtlamaları da mevcuttur (Costa, 2021). Ancak kullandığımız veri sayısının oldukça fazla olmasından dolayı, bizim bu çalışmamız özelinde değerlendirildiğinde bir kısıtlama ile karşılaşılmamıştır.

3.9. Yazılım/Donanım Kaynakları ve Programlama

Bu çalışmada model içerik kodları çalışma ekibi tarafından R (Team, 2020) ortamında yazılmıştır. R genel kamu lisansına (GPL) sahip açık kaynak kodlu bir yazılım dilidir. R ortamında birçok özel durum için farklı kütüphaneleri bulunmaktadır. Bu araştırma özelinde de makine öğrenme süreçleri, hesaplama ve görselleştirme aşamaları için birçok kütüphane dosyası kullanılmıştır. Bu araştırmada, caret (Kuhn ve diğerleri, 2020), randomForest (Liaw & Wiener, 2002), xgboost (Chen & Guestrin, 2016; CRAN-Package XGBoost, 2021), kernlab (Karatzoglou ve diğerleri, 2004), brnn (Rodriguez & Gianola, 2023), mice (Van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011), openair (Carslaw & Ropkins, 2012), fastshap (Greenwell, 2024) ve ggplot2 (Wickham, 2016), tidyverse ve dplyr (Wickham ve diğerleri, 2023) isimli kütüphane paketlerinden yararlanılmıştır. Hesaplamalar aşağıdaki özelliklere sahip bilgisayar tarafından, paralel işlem yapılarak gerçekleştirilmiştir. **İşlemci**: Intel® Core™ i9-14900HX (up to 5.80 GHz, 24 fiziksel çekirdek), **İşletim Sistemi:** Windows11 Pro High-End Standard Version, **Ekran Kartı:** RTX4090, GDDR6 16GB, **Ekran Kartı Watt Değeri:** 150W + 25W (Dynamic Boost ile), **Hafıza:** DDR V 64GB (32GB*2, 5200MHz)

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

Bulgular bölümü 4 ana başlık altında değerlendirilmiştir. İlk bölümde, 2015 PISA verileri kullanılarak Türkiye ve Singapur örneklemleri için matematik okuryazarlığı, fen okuryazarlığı ve okuma becerileri puanlarına yönelik makine öğrenme modelleri oluşturulmuştur. Her alt grup için en iyi modelin sonuçlarına göre önem dereceleri belirlenmiştir. İkinci bölümde, 2015 PISA verileri kullanılarak Türkiye ve Çin örneklemleri için fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri puanlarına yönelik makine öğrenme modelleri oluşturulmuştur. Her alt grup için en iyi modelin sonuçlarına göre önem dereceleri belirlenmiştir. Bu iki bölümde, makine öğrenme modelleri tahmin performansları açısından karşılaştırılmıştır. En yüksek tahmin performansına sahip model ile hem okul odaklı hem de öğrenci odaklı değişkenlere göre öğrenci başarı puanları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Üçüncü bölümde, birinci ve ikinci bölümlerde elde edilen model sonuçlarına göre belirlenen yüksek önem derecesine sahip değişkenlerin, alanlara, ülkelere ve yıllara göre benzerlikleri incelenmiş ve bulgular tartışılmıştır. Dördüncü ve son bölümde ise, yüksek önem derecesine sahip değişkenlere bağlı olarak sonraki yılların PISA skorları en iyi performans gösteren makine öğrenme modeli ile tahmin edilmiş ve elde edilen bulgular tartışılmıştır.

Bu bölümde tabloların açıklamasında YIL_ULKE_ALAN notasyonu kullanılmıştır. Bu notasyona göre:

- **YIL:** PISA uygulamasının gerçekleştirildiği ve bu araştırmada incelenen yılları (2015 ve 2018) temsil etmektedir.

- **ULKE:** Bu çalışmada incelenen ülkeleri (Türkiye, Singapur ve Çin) temsil etmektedir. Türkiye için Türkiye, Singapur için Singapur ve Çin (B-S-J-Z) için Çin kısaltmaları kullanılmıştır

- **ALAN:** Bu çalışma için araştırılan alt alanları (Fen okuryazarlığı, Matematik okuryazarlığı ve Okuma becerileri) temsil etmektedir. Fen okuryazarlığı için Fen, Matematik okuryazarlığı için Matematik ve Okuma becerileri için Okuma kısaltmaları kullanılmıştır.

4.1. 2015 PISA Bulguları

4.1.1. Türkiye Örneklemi

4.1.1.1. Fen Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 1 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 2 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için ayrı ayrı makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-1 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolar incelendiğinde hem öğrenci hem de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni kategorilerin modellerin tahmin performansını önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsedilen bu kategori için metrikler Öğrenci odaklı değişkenler Tablo 3 ve Tablo 4'de, okul odaklı değişkenler Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 3. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	57.26247	0.4565089	45.75689	nrounds 859.00000000 max_depth 5.00000000 eta 0.01391747 gamma 9.06210746 colsample_bytree 0.36805811 min_child_weight 19.00000000 subsample 0.51089930
RF	59.15793	0.4309047	47.46287	mtry "6" splitrule "variance" min.node.size "1"
SVR	59.70273	0.4096896	47.80404	sigma 0.01001396 C 0.41512385
BRNN	60.85289	0.3862798	48.60035	neurons 2

Yukarıda verilen Tablo 3 Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin Türkiye 2015 PISA Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük *RMSE* (57.26), en yüksek R^2 (0.46) ve düşük *MAE* (45.76) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.43, 0.41 ve 0.39 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Fen okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 4. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	58.8138	0.4211	46.8451	XGBoost.est 0.5928293 XGBoost.lwr.ci 0.5597144 XGBoost.upr.ci 0.6240539
RF	60.5119	0.3935	48.0906	RF.est 0.5283712 RF.lwr.ci 0.4956123 RF.upr.ci 0.5596290
SVR	60.8036	0.3797	48.4142	SVR.est 0.5558417 SVR.lwr.ci 0.5210157 SVR.upr.ci 0.5888201
BRNN	62.4499	0.3486	49.7476	BRNN.est 0.5325107 BRNN.lwr.ci 0.4961889 BRNN.upr.ci 0.5669718

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 4, Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model,

RMSE değeri 58.81, R^2değeri 0.42 ve MAE değeri 46.85 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.59 (güven aralığı 0.56-0.62) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 3 ve Tablo 4 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (57.26) ile test setindeki RMSE (58.81) arasında oldukça küçük bir fark olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin aşırı uyum (overfitting) yapmadığını ve genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 5. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	47.75872	0.3043872	36.89560	nrounds 303.00000000 max_depth 9.00000000 eta 0.03819436 gamma 0.39659591 colsample_bytree 0.32855389 min_child_weight 18.00000000 subsample 0.45804350
RF	48.56767	0.3092279	38.76559	mtry "16" splitrule "maxstat" min.node.size "20"
SVR	50.19590	0.2486483	39.17209	sigma 0.01541809 C 1.94629638
BRNN	51.01629	0.2257336	40.63893	neurons 1

Yukarıda verilen Tablo 5 Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların Türkiye 2015 PISA Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında *RMSE* (47.76), R^2 (0.30) ve *MAE* (36.90)

değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 6. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	RMSE	R^2	MAE	ρ_c
SVR	52.5980	0.3721	42.0530	SVR.est 0.4084124 SVR.lwr.ci 0.2324634 SVR.upr.ci 0.5584766
RF	52.7498	0.3439	43.5121	RF.est 0.4143859 RF.lwr.ci 0.2246868 RF.upr.ci 0.5738222
XGBoost	53.3959	0.3029	44.5543	XGBoost.est 0.4642695 XGBoost.lwr.ci 0.2298976 XGBoost.upr.ci 0.6477424
BRNN	55.8913	0.2361	45.7433	BRNN.est 0.3228240 BRNN.lwr.ci 0.1277608 BRNN.upr.ci 0.4938429

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 6 Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, SVR modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 52.60, R^2 değeri 0.37 ve MAE değeri 42.05 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.41 (güven aralığı 0.23-0.56) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, XGBoost ve BRNN modelleri daha yüksek RMSE değeri ile ve RF, XGBoost ve BRNN daha düşük R^2 değerleri ile SVR'ye kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

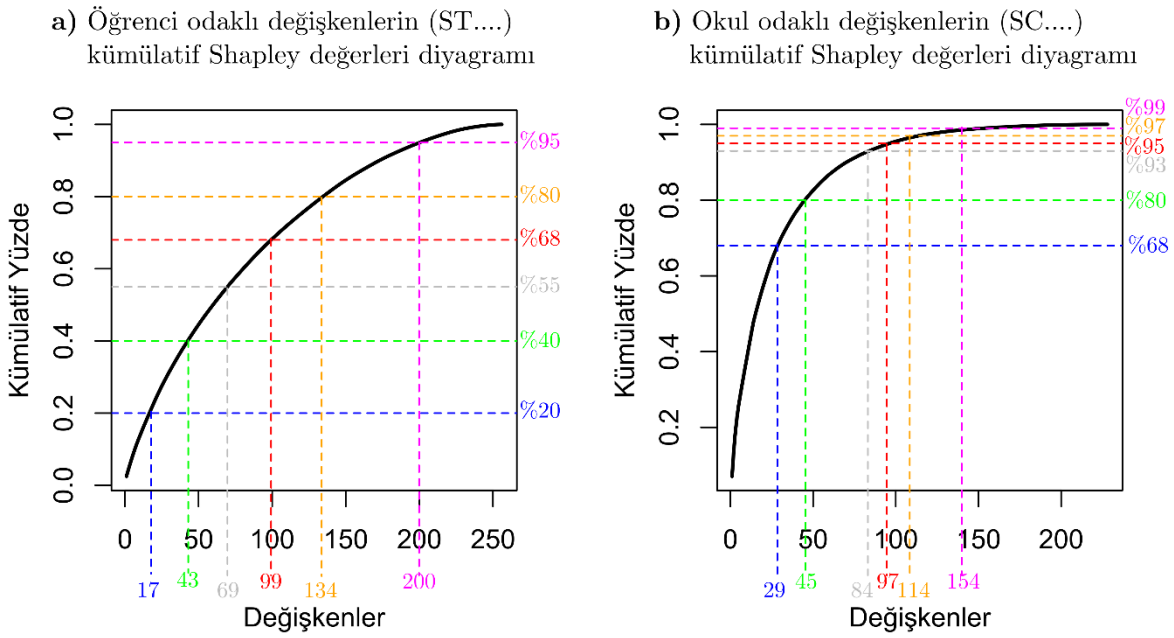
Tablo 5 ve Tablo 6 birlikte değerlendirildiğinde, eğitim ve test seti performansları arasındaki farklar dikkate alınarak, modellerin genelleme yetenekleri ve aşırı uyum (overfitting) eğilimleri analiz edilebilir. XGBoost modelinin eğitim verilerinde çok yüksek performans göstermesi, ancak test verilerinde daha düşük bir performans sergilemesi, modelin eğitim verilerine gereğinden fazla uyum sağlamış olabileceğini (overfitting) düşündürebilir. Bu durum, makine öğrenme sürecinde, modelin eğitim verilerindeki gürültü veya detayları fazla öğrenip yeni, görülmemiş verilere (test verisi) karşı etkili olamamasına

yol açar. Buna karşın, SVR modelinin test setinde gösterdiği performans, bu modelin daha iyi bir genelleme yeteneğine sahip olabileceğini ve eğitim verilerine aşırı bağımlı kalmadan daha genel bir model oluşturabilmiş olabileceğini gösterir. Özellikle SVR modelinin test setindeki bu başarısı, okul odaklı değişkenlerle yapılan tahminlerde yüksek doğruluk ve uyum sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, okul odaklı değişkenlerden türetilen yeni değişkenlerle oluşturulan modellerin etkinliği ve güvenilirliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Ek Bağlantı Linki-1'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 5 ve EK Tablo 6'da gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 256 iken okul odaklı değişken sayısı 228 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Shapley değerlerine göre yüksekten düşüğe göre sıralanmış alt kategorilerden gelen değişkenlerin modelin genel performansına en fazla katkıda bulunanlarını belirlemek gerekmektedir. Bu aşamada, hesaplama sürecini azaltmak ve sonucun doğruluğunu en uygun hale getirmek amacıyla, bu değişkenler bir kez daha filtrasyondan geçirilmelidir. Bunu yapmaktaki amaç çok fazla değişkenle oluşturulan modellerde karışıklığın fazlalaşması ve etkisinin az olduğu tespit edilen değişkenlerin modelin karar verme gücünü negatif yönde etkileyerek tahmin sonuç başarısını azaltmasıdır. Ve de çok fazla değişkenle oluşturulan modellerde, modelin tahmin etme gücünü azaltacağı ve aşırı uyuma sebep olabileceğidir (Guyon & Elisseeff, 2003). Ayrıca shapley verilerinin öncelik sırası açısından değişkenleri sıralamasına rağmen hangi değişenlerin ötekilerine göre modelde anlamlı bir fark ortaya koymadığının saptanmasından kaynaklanır (Fryer ve diğerleri, 2020). **Kritik Shapley değerini** ikinci filtrasyonda belirlemek bu sebeple temel amaçtır. Kritik shapley değeri, modelin tahmin performansını belirgin olarak değiştirmeyen değişkenlerin sınır shapley değerini temsil etmektedir. Yani sınır shapley değerinin altında olan değişkenlerin model tahmin gücüne spesifik etkisi olmayacağından nihai modelde de kullanılmayacaktır. Kısacası shapley değeri bir değişkenin modelin tahmin gücüne etkisini sayısal veriye dayalı olarak belirleme özelliğiyle dikkat çeker. Fakat veri setinde değişken

sayısındaki fazlalık ciddi bir hesaplama maliyeti oluşturmaktadır. Bu sebeple model için net ve anlamlı geliştirmelerin saptanmadığı (yordama yeteneğine etkisi olmayan) ve düşük önem derecesine sahip değişkenlerin çıkartılması gerekir. Bu durum neticesinde Shapley değerinin birikimli toplamın, değişkenlerin veri setindeki yüzde dağılımının analiz edilmesiyle, modelin başarısına daha çok yardımcı olan değişkenlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu noktada istenilen, değişkenlerin modelin başarısına etkisinin önemine göre bir sıralama yapılması gerektiği için Pareto ilkesine (Pareto, 1896) göre bir bakış açısı seçilmiştir (Dunford ve diğerleri, 2014). Pareto ilkesi, çoğunlukla "önemsiz çoğunluk" ve "önemli azınlık" arasında bir seçim yapılmasını söyler. (Craft & Leake, 2002). Bu yöntemin üzerinden yüzyıl geçmiş olmasına karşı hala ekonomiden sağlığa, makine öğrenmesinden eğitime birçok alanda kullanılmaya devam edilmektedir (Nirei & Aoki, 2016; Ünsal, 2018; Schweidtmann ve diğerleri, 2018; Zorbozan ve diğerleri, 2019).

Aşağıdaki verilen şekil 2'de öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenler için Shapley değerlerinin kümülatif yüzde dağılımı gösterilmektedir. Şekillerde de görüldüğü üzere öğrenci odaklı değişkenlerin Shapley değerleri daha düşük bir oranda küçülerek artıyorken, değişkenlerin okul odaklı olanlarında bu aşama aksine daha hızlı oranda yükselmiştir. Değişkenlerin öğrenci odaklı olanlarında Shapley değerlerine göre yüksek öneme sahip olanlarının yayılım oranı, okul odaklı olanlara göre daha fazla olmasına sebep olmuştur. Bu nedenle yüzdelik dilim içerisinde öğrenci odaklı değişkenlerin sayısının okul odaklı olanlara nazaran daha fazla olacaktır. Sonuç olarak okul odaklı değişkenlerin oran olarak yüzdelik dilimleri daha geniş aralıklarda olacaktır.



Şekil 2. **a)** öğrenci odaklı, **b)** okul odaklı değişkenler için Shapley değerlerinin yüzde kümülatif dağılımı

Yukarıda verilen bilgiler ışığında Şekil 2a (öğrenci odaklı değişkenler) için Shapley değerlerinin kümülatif toplamlarının ilk olarak %20, %40, %55, %68, %80 ve %95'lik kısımlarına bakılırken, Şekil 2b (okul odaklı değişkenler)'nin Shapley değerlerinin kümülatif toplamlarının %68, %80, %93, %95, %97 ve %99'luk kısımlarına bakılmıştır. Bu kısımlarda modele dahil edilen öğrenci odaklı değişkenleri sayısı sırasıyla, 17, 43, 69, 99, 134 ve 200 iken, okul odaklı değişken sayıları 29, 45, 84, 97, 114 ve 154 olarak belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan modellerin tahmin performans sonuçları Tablo 7'de verilmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan modellerin tahmin sonuçları ise Tablo 8' verilmiştir. Bu sonuçlar en iyi performans gösteren makine öğrenme modelinin sonuçlarıdır. SHAP yöntemine göre sıralanan ilk 99 öğrenci odaklı değişkenle yapılan (yani Shapley değerlerinin kümülatif toplamının ilk %68'lik bölümü) modelin daha iyi temsil oranını verdiği Tablo 7'de görülmektedir. Shapley değerlerinin kümülatif toplamının ilk %68'lik bölümü model performansını arttırdığı gibi hesaplama maliyetini de uygun bir ölçüde tutmuştur. %80 ve %95 olan bölümlerin modellerinde belirgin bir katkı sağlamadıkları gözlemlenmiştir. Değişken sayısının azalması modelin hesaplama süresinin kısalmasını sağlamıştır. Bu noktada Pareto ilkesine göre, Shapley değerlerinin ölçümünde, "önemli azınlık" yönteminin uygulanmasının modelin hesaplama maliyeti ve yordama gücü arasında bir denge tutturabileceğini göstermektedir. Kısacası Ek Tablo 5'de görülen 256 öğrenci odaklı değişkenden 99'u 2015 PISA Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai

model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 4.059 olacaktır. Aynı metotla okul odaklı değişkenler Tablo 8'de de görüldüğü gibi incelenmiş ve eğitim ile test verileri arasında bazı uyumsuzluklar tespit edilmiştir. Model eğitim verilerini iyi öğrenirken test verilerinde tahmin performansı zayıf kalmıştır. Bu durum literatürde aşırı uyum veya modelin eğitim verilerini ezberlemesi olarak adlandırılmıştır (Briscoe & Feldman, 2011). SHAP yöntemine göre sıralanan ilk 97 okul odaklı değişkenle yapılan (yani Shapley değerlerinin kümülatif toplamının ilk %95'lik bölümü) modelin daha iyi temsil oranını verdiği Tablo 8'de görülmektedir. Gereksiz özelliklerin modelin çıkarım yapma kabiliyetini (overfitting) ve modelin yorumlanma yetisini düşürdüğü görülmektedir. Aynı zamanda az sayıda değişkeninin olması da modelin yeterince öğrenememesine ve test verileri için zayıf performans gösteren tahminler (underfitting) oluşturmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Tablo 8'de verilen veriler neticesinde modellerin özellikle %95'lik bölümü haricindekiler yetersiz öğrenme özellikleri veya aşırı uyum gösterdiği saptanmıştır. Değişken sayısının artması modelin hesaplama süresinin uzamasına neden olmuştur. Bu durum modelin hesaplama maliyetini arttırmıştır. Kısacası Ek Tablo 6'de görülen 228 okul odaklı değişkenden 97'si 2015 PISA Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.383 olacaktır. 2015 PISA Fen okuryazarlığı alt alanında yapılan tahmin modellemelerinde belirlenen bu değerler ve oranlar karşılaştırmayı kolaylaştırmak ve standartlaştırmak adına bu çalışmadaki diğer alt alanlarda da kullanılacaktır. Ayrıca diğer ülkeler ve yıllar içinde aynı şekilde bu değerler ve oranlar kullanılacaktır.

Son olarak öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 5'de verilen değişkenlerden ilk 99 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki öğrencilerin fen okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 6'da verilen değişkenlerden ilk 97 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile de Türkiye örneklemindeki okulların fen okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 3a'da öğrenci, Şekil 3b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 9 ve Tablo 10'da öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 11 ve Tablo 12'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Şekil 3'de verilen çapraz doğrulama diyagramı hem

öğrenci hem de okul odaklı ortalaması bakımından XGBoost algoritması diğer algoritmalara göre 2015 PISA Türkiye örneklemindeki Fen okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir. Bunu algoritmaların diyagramlarına baktığımızda regresyon çizgisi üzerindeki yığılmalara ve hataların dağılımına bakarak XGBoost algoritmasının daha iyi tahmin yaptığı görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 9, Tablo 10 ve Şekil 3a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 99 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 9'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (51,50), en yüksek R^2 (0.56) ve düşük *MAE* (41.19) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 99 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 10'da verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 49.67, R^2 değeri 0.57 ve *MAE* değeri 39.46 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.72 (güven aralığı 0.70-0.75) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 11, Tablo 12 ve Şekil 3b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 97 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 11'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (38,73), en yüksek R^2 (0.55) ve düşük *MAE* (30.52) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 97 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 12'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 43.14, R^2 değeri 0.44 ve

MAE değeri 32.81 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.61 (güven aralığı 0.41-0.76) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

2015 PISA Türkiye örnekleminde Fen okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde (XGBoost algoritması) SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 13'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 14'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 13 ve Tablo 14'de bu gruplar listelenmiştir.

Tablo 7. Öğrenci odaklı değişkenler için Shapley değerlerinin kümülatif toplamları ile belirlenen değişkenler ile oluşturulan modellerin değişken sayıları ve performans göstergeleri

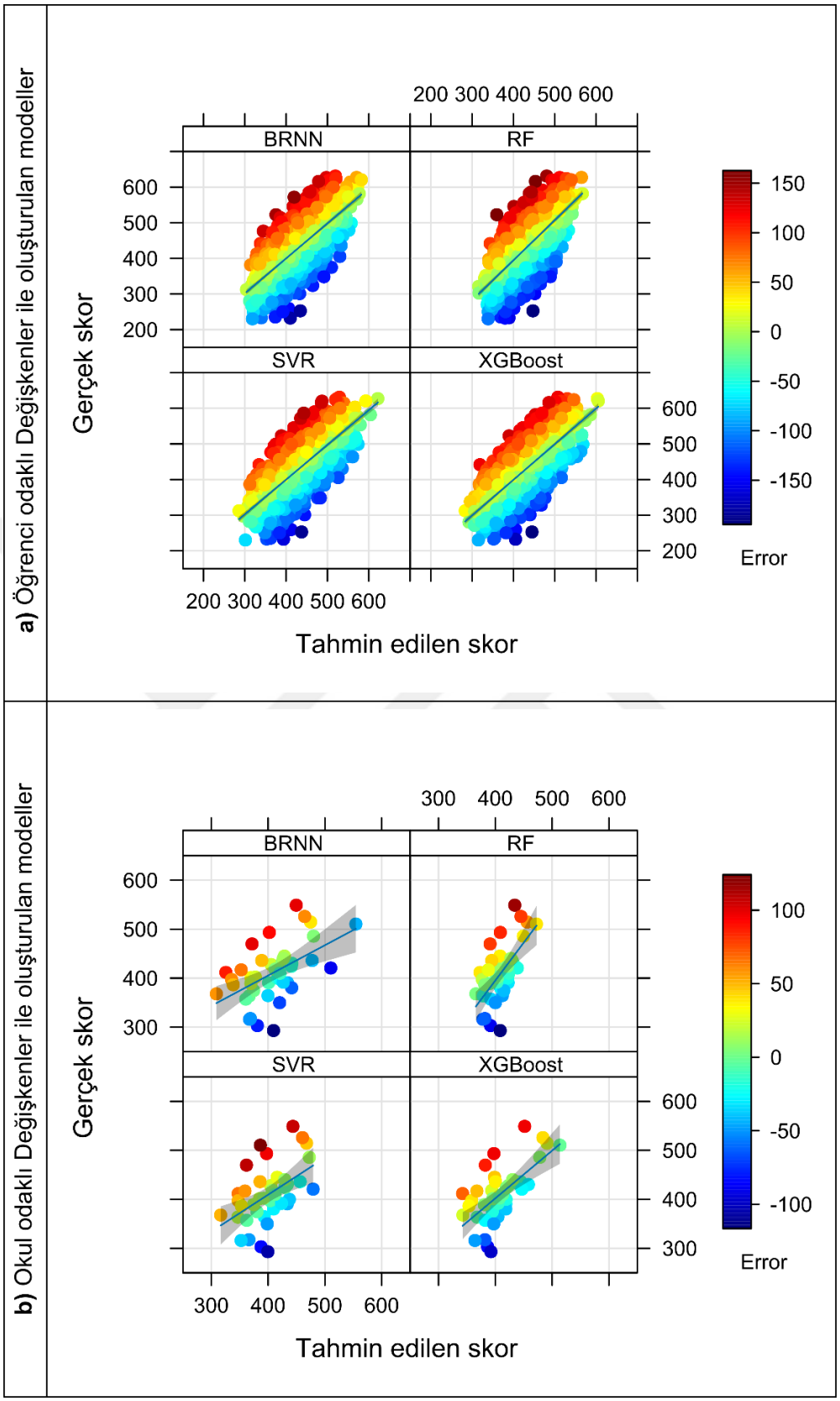
Eğitim veri seti	Kümülatif yüzdelik dilim	Toplam değişken sayısı	RMSE**	R^2**	MAE**	ρ_{c}**	Hesaplama süresi* (dak.)
	%20	17	55.84	0.471	44.45	-	19.0
	%40	43	54.10	0.508	43.04	-	85.0
	%55	69	52.48	0.538	41.95		204.0
	%68	**99**	**51.50**	**0.564**	**41.19**	**-**	**813.0**
	%80	134	51.21	0.563	40.78	-	1416.0
	%95	200	51.09	0.569	41.02		2280.0
Test veri seti	%20	17	56.55	0.504	45.33	0.653	-
	%40	43	53.69	0.544	42.63	0.691	-
	%55	69	51.24	0.578	40.47	0.718	
	%68	**99**	**49.67**	**0.568**	**39.45**	**0.724**	**-**
	%80	134	51.94	0.553	41.75	0.708	-
	%95	200	50.70	0.562	40.52	0.730	-

- *Bu hesaplama süresi dâhilinde, kayıp veri imputasyonu, verilerin normalizasyon ve standardizasyonu, Dört ayrı model (RF, SVR, BRNN, XGBoost) için eğitim süreci, 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama, modellerin hiper parametre değerlerinin (RF için 3 adet, SVR için 2 adet, BRNN için 1 adet ve XGBoost için 7 adet) uyarlamalı yeniden örnekleme yöntemi ile tespiti gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar aşağıdaki özelliklere sahip bilgisayar tarafından, paralel işlem yapılarak gerçekleştirilmiştir. **İşlemci**: Intel® Core™ i9-14900HX (up to 5.80 GHz, 24 fiziksel çekirdek), **İşletim Sistemi:** Windows11 Pro High-End Standard Version, **Ekran Kartı:** RTX4090, GDDR6 16GB, **Ekran Kartı Watt Değeri:** 150W + 25W (Dynamic Boost ile), **Hafıza:** DDR V 64GB (32GB*2, 5200MHz)
- ** Verilen performans metrikleri en iyi sonuç veren makine öğrenmesi algoritmasına ait sonuçlardır.

Tablo 8. Okul odaklı değişkenler için Shapley değerlerinin kümülatif toplamları ile belirlenen değişkenler ile oluşturulan modellerin değişken sayıları ve performans göstergeleri

Eğitim veri seti	Kümülatif yüzdelik dilim	Toplam değişken sayısı	RMSE**	R^2**	MAE**	ρ_{c}**	Hesaplama süresi* (sani.)
	%68	29	37.41	0.596	30.47		150
	%80	45	35.92	0.591	28.40		403
	%93	84	36.77	0.589	29.62		690
	%95	**97**	**38.72**	**0.545**	**30.51**		**749**
	%97	114	35.95	0.579	28.41		1705
	%99	154	36.30	0.612	28.60		9808
Test veri seti	%68	29	51.83	0.259	41.46	0.460	
	%80	45	51.53	0.277	41.33	0.440	
	%93	84	52.94	0.251	41.48	0.466	
	%95	**97**	**43.14**	**0.435**	**32.81**	**0.612**	
	%97	114	50.29	0.299	38.66	0.504	
	%99	154	48.78	0.328	37.67	0.490	

- *Bu hesaplama süresi dâhilinde, kayıp veri imputasyonu, verilerin normalizasyon ve standardizasyonu, Dört ayrı model (RF, SVR, BRNN, XGBoost) için eğitim süreci, 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama, modellerin hiper parametre değerlerinin (RF için 3 adet, SVR için 2 adet, BRNN için 1 adet ve XGBoost için 7 adet) uyarlamalı yeniden örnekleme yöntemi ile tespiti gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar aşağıdaki özelliklere sahip bilgisayar tarafından, paralel işlem yapılarak gerçekleştirilmiştir. **İşlemci**: Intel® Core™ i9-14900HX (up to 5.80 GHz, 24 fiziksel çekirdek), **İşletim Sistemi:** Windows11 Pro High-End Standard Version, **Ekran Kartı:** RTX4090, GDDR6 16GB, **Ekran Kartı Watt Değeri:** 150W + 25W (Dynamic Boost ile), **Hafıza:** DDR V 64GB (32GB*2, 5200MHz)
- ** Verilen performans metrikleri en iyi sonuç veren makine öğrenmesi algoritmasına ait sonuçlardır.



Şekil 3. 2015 Türkiye Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 9. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	51.50393	0.5649607	41.19321	nrounds 949.00000000 max_depth 4.00000000 eta 0.01474318 gamma 6.09725557 colsample_bytree 0.50744174 min_child_weight 8.00000000 subsample 0.65378753
SVR	53.07858	0.5376441	42.49295	sigma 0.006317704 C 0.527902558
BRNN	53.28351	0.5339665	42.45821	neurons 1
RF	54.66653	0.5188923	43.51133	mtry "91" splitrule "extratrees" min.node.size "6"

Tablo 10. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	49.6787	0.5686	39.4580	XGBoost.est 0.7248462 XGBoost.lwr.ci 0.6989098 XGBoost.upr.ci 0.7488787
SVR	51.2216	0.5417	41.0040	SVR.est 0.7079293 SVR.lwr.ci 0.6805265 SVR.upr.ci 0.7333545
BRNN	51.2366	0.5411	41.0833	BRNN.est 0.7058105 BRNN.lwr.ci 0.6783878 BRNN.upr.ci 0.7312694
RF	52.7050	0.5215	41.9496	RF.est 0.6563794 RF.lwr.ci 0.6282663 RF.upr.ci 0.6827806

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 11. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	38.72585	0.5455127	30.51630	nrounds 737.0000000 max_depth 10.0000000 eta 0.0126547 gamma 8.1984223 colsample_bytree 0.4153938 min_child_weight 6.0000000 subsample 0.3640680
SVR	38.85647	0.5545514	29.65331	sigma 0.003497029 C 2.483515500
BRNN	42.19442	0.4944812	34.45121	neurons 19
RF	42.55640	0.5366209	33.44079	mtry "6" splitrule "variance" min.node.size "4"

Tablo 12. 2015 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	43.1428	0.4352	32.8136	XGBoost.est 0.6123348 XGBoost.lwr.ci 0.4099724 XGBoost.upr.ci 0.7572422
RF	45.9290	0.4099	33.9473	RF.est 0.4523397 RF.lwr.ci 0.2882098 RF.upr.ci 0.5906497
SVR	51.2768	0.2523	39.6609	SVR.est 0.4561418 SVR.lwr.ci 0.2102172 SVR.upr.ci 0.6477768
BRNN	51.9937	0.2889	41.9126	BRNN.est 0.5317941 BRNN.lwr.ci 0.2759765 BRNN.upr.ci 0.7172534

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)

est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri

lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)

upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 13. 2015 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ISCEDD	8,282	1	63	EMOSUPS	0.988	2
2	ST092Q01TA	6,701	1	64	ST034Q01TA	0.972	2
3	ST013Q01TA	6,078	1	65	MISCED	0.948	2
4	ST092Q02TA	5,715	1	66	ESCS	0.919	2
5	BSMJ	5,631	1	67	ST078Q05NA	0.918	3
6	ANXTEST	5,334	1	68	ST082Q08NA	0.918	3
7	ICTRES	5,298	1	69	HISCED	0.910	3
8	ENVOPT	4,783	1	70	ST098Q02TA	0.881	3
9	ST059Q03TA	4,196	1	71	DISCLISCI	0.853	3
10	ST063Q02NB	3,744	1	72	ST146Q01TA	0.831	3
11	EPIST	3,699	1	73	ST062Q03TA	0.827	3
12	SMINS	3,544	1	74	ST098Q01TA	0.815	3
13	ISCEDO	3,371	1	75	BELONG	0.794	3
14	ST071Q03NA	3,108	1	76	ST012Q07NA	0.735	3
15	ST098Q07TA	3,048	1	77	ST097Q04TA	0.700	3
16	ST032Q01NA	2,981	1	78	ST076Q08NA	0.676	3
17	ST011Q05TA	2,756	1	79	ST146Q03TA	0.668	3
18	ST064Q03NA	2,705	1	80	ST123Q04NA	0.638	3
19	ST063Q01NA	2,585	1	81	ST095Q07NA	0.616	3
20	BFMJ2	2,470	1	82	ST131Q06NA	0.605	3
21	ST093Q03TA	2,346	1	83	ST129Q08TA	0.602	3
22	ST095Q13NA	2,311	1	84	ST146Q07NA	0.452	3
23	ST076Q02NA	2,255	1	85	ST104Q05NA	0.446	3
24	SCIEEFF	2,186	1	86	ST098Q06TA	0.410	3
25	ST121Q02NA	2,155	1	87	ST093Q05TA	0.406	3
26	ST001D01T	1,867	1	88	ST123Q02NA	0.404	3
27	ST011Q07TA	1,864	1	89	TEACHSUP	0.375	3
28	REPEAT	1,831	1	90	ST061Q01NA	0.349	3
29	ST100Q01TA	1,822	1	91	FISCED	0.333	3
30	ST121Q03NA	1,759	1	92	ST064Q01NA	0.290	3
31	GRADE	1,753	1	93	ST123Q01NA	0.259	3
32	ST098Q09TA	1,712	1	94	ST104Q02NA	0.217	3
33	ST094Q01NA	1,691	1	95	ST100Q03TA	0.200	3
34	ST098Q10NA	1,625	2	96	ST103Q01NA	0.152	3
35	ST003D02T	1,509	2	97	ST082Q02NA	0.110	3
36	ST005Q01TA	1,500	2	98	ST097Q01TA	0.101	3
37	ST082Q03NA	1,428	2	99	ST131Q03NA	0.089	3
38	IBTEACH	1,378	2				
39	ST071Q02NA	1,354	2				
40	ST063Q04NA	1,326	2				
41	TMINS	1,315	2				
42	ST129Q01TA	1,255	2				
43	ST071Q05NA	1,255	2				
44	ST063Q06NA	1,233	2				
45	ST093Q01TA	1,211	2				
46	ST064Q02NA	1,179	2				
47	ST059Q01TA	1,162	2				
48	ST078Q08NA	1,155	2				
49	ST071Q04NA	1,150	2				
50	ST104Q03NA	1,135	2				
51	ST097Q03TA	1,117	2				
52	ST076Q10NA	1,114	2				
53	ST103Q08NA	1,092	2				
54	ST039Q02NA	1,078	2				
55	PERFEED	1,061	2				
56	ST082Q13NA	1,041	2				
57	ST146Q05TA	1,035	2				
58	ST060Q01NA	1,031	2				
59	ST034Q06TA	1,026	2				
60	ENVAWARE	1,021	2				
61	ST082Q12NA	1,009	2				
62	ST007Q01TA	1,000	2				

Tablo 14. 2015 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC004Q05NA	7.089	1	63	SC001Q01TA	0.503	2
2	PROSTAT	5.189	1	64	SC042Q02TA	0.476	2
3	SC048Q03NA	5.184	1	65	SC018Q01TA01	0.466	3
4	SC048Q02NA	4.544	1	66	SC018Q06NA01	0.411	3
5	SC017Q01NA	4.380	1	67	SC017Q04NA	0.410	3
6	SC064Q03TA	3.416	1	68	LEADCOM	0.407	3
7	SC025Q01NA	3.411	1	69	SC017Q06NA	0.355	3
8	SC037Q02TA	2.962	1	70	PROATCE	0.316	3
9	W_SCHGRNRABWT	2.937	1	71	SC042Q01TA	0.311	3
10	STRATIO	2.886	1	72	SC012Q04TA	0.301	3
11	SC061Q05TA	2.763	1	73	SC053Q01TA	0.291	3
12	SC012Q06TA	2.728	1	74	SC017Q07NA	0.285	3
13	SC004Q02TA	2.697	1	75	SC061Q09TA	0.267	3
14	SC048Q01NA	2.610	1	76	SC037Q10NA	0.265	3
15	EDUSHORT	2.578	1	77	SC027Q02NA	0.255	3
16	CREACTIV	2.049	1	78	SC012Q02TA	0.252	3
17	SC018Q05NA01	1.972	1	79	SC052Q01NA	0.246	3
18	STUBEHA	1.948	1	80	SCHSIZE	0.245	3
19	STAFFSHORT	1.903	1	81	SC018Q07NA01	0.243	3
20	SC061Q03TA	1.856	1	82	SC009Q13TA	0.238	3
21	SC037Q08TA	1.796	1	83	SC017Q02NA	0.238	3
22	SC019Q01NA01	1.789	1	84	SC061Q01TA	0.227	3
23	SC012Q01TA	1.727	1	85	SC017Q03NA	0.204	3
24	SC059Q01NA	1.722	1	86	SC059Q08NA	0.201	3
25	LEADPD	1.612	1	87	SC036Q03NA	0.188	3
26	TOTAT	1.607	1	88	SC003Q01TA	0.181	3
27	TEACHPART	1.570	1	89	SC061Q10TA	0.160	3
28	PROAT5AM	1.560	1	90	SC059Q02NA	0.141	3
29	TOTST	1.551	1	91	SC061Q07TA	0.120	3
30	SC002Q02TA	1.493	1	92	SC059Q06NA	0.110	3
31	SC019Q03NA01	1.481	1	93	SC053Q04TA	0.067	3
32	SC004Q06NA	1.415	1	94	SC037Q05NA	0.058	3
33	TEACHBEHA	1.342	2	95	SC061Q04TA	0.053	3
34	SENWT	1.327	2	96	SCHLTYPE	0	3
35	SCIERES	1.307	2	97	SC013Q01TA	0	3
36	SC061Q06TA	1.224	2				
37	SC064Q04NA	1.067	2				
38	SC053Q03TA	1.054	2				
39	SCHAUT	1.051	2				
40	SC004Q04NA	1.031	2				
41	RESPRES	0.982	2				
42	SC036Q01TA	0.947	2				
43	SC019Q02NA01	0.938	2				
44	LEAD	0.884	2				
45	SC053Q09TA	0.877	2				
46	SC064Q02TA	0.803	2				
47	SC061Q02TA	0.798	2				
48	SC061Q08TA	0.784	2				
49	SC017Q05NA	0.755	2				
50	SC053Q05NA	0.746	2				
51	SC012Q07TA	0.733	2				
52	SC064Q01TA	0.713	2				
53	SC037Q09TA	0.678	2				
54	SC002Q01TA	0.671	2				
55	CLSIZE	0.667	2				
56	SC017Q08NA	0.609	2				
57	SC037Q01TA	0.555	2				
58	SC004Q01TA	0.537	2				
59	SC037Q04TA	0.522	2				
60	SC012Q03TA	0.510	2				
61	SC025Q02NA	0.508	2				
62	PROAT6	0.507	2				

4.1.1.2. Matematik Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de ayrıntılı olarak ele alınan veri yapısı ve Ek Tablo 1 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 2 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplandırılarak verilen değişkenler kullanılarak ayrı ayrı her kategori için makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) oluşturulmuştur. Kullanılan modellerin eğitim ve test performansına ait detaylı metriklere, tablo miktarının çok olması sebebiyle bu çalışmada yer verilmemiştir. Fakat bir internet veri tabanında bağlantı (Ek Bağlantı Linki-2) olarak sunulmuştur. Bahsi geçen tablolarda, modellerin en uygun hale getirilmiş hiper parametre değerleri ile 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama aşamasında ulaşılan performans metrikleri vardır. Ayrıca, test verileri kullanılarak ulaşılan performans metrikleri de kıyaslamalı olarak verilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci ve okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni kategorilerin (türetilmiş değişkenler kategorisi), modellerin tahmin görece yüksek tahmin yaptığı gözlemlenmiştir. Öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri Tablo 15 ve Tablo 16'da okul odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri ise Tablo 17 ve Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 15. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	63.91644	0.3808704	50.68320	nrounds 461.00000000 max_depth 5.00000000 eta 0.02508127 gamma 6.56365264 colsample_bytree 0.52864478 min_child_weight 7.00000000 subsample 0.48342776
RF	65.54652	0.3591197	51.90000	mtry "6" splitrule "variance" min.node.size "19"
SVR	65.86160	0.3429618	52.20513	sigma 0.02027555 C 0.24133475
BRNN	66.99459	0.3212114	53.24265	neurons 3

Yukarıda verilen Tablo 15 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin Türkiye 2015 PISA Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük *RMSE* (63.92), en yüksek R^2 (0.38) ve düşük *MAE* (50.68) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.36, 0.34 ve 0.32 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Matematik okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 16. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	63.7442	0.3601	51.0952	XGBoost.est 0.5362825 XGBoost.lwr.ci 0.5007028 XGBoost.upr.ci 0.5700532
RF	65.1424	0.3357	52.1074	RF.est 0.4674991 RF.lwr.ci 0.4334316 RF.upr.ci 0.5002324
SVR	65.2794	0.3264	52.5642	SVR.est 0.4954021 SVR.lwr.ci 0.4590906 SVR.upr.ci 0.5300610
BRNN	66.8527	0.2968	54.0148	BRNN.est 0.4767248 BRNN.lwr.ci 0.4388390 BRNN.upr.ci 0.5129186

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 16, Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olduğu görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 63.74, R^2 değeri 0.36 ve MAE değeri 51.09 ile en düşük hata oranı ve en yüksek açıklama gücünü barındırmaktadır. Ek olarak, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.54 (güven aralığı 0.50-0.57) olup, modelin tahminleri gerçek verilerle yüksek bir bağdaşma içinde olduğunu

göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN modelleri daha düşük R^2 değerleri ve daha yüksek RMSE ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 15 ve Tablo 16 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (63.92) ile test setindeki RMSE (63.74) arasında oldukça küçük bir farklılık olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu ve aşırı uyum (overfitting) yapmadığını gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 17. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
RF	52.29489	0.2266302	40.99953	mtry "13" splitrule "maxstat" min.node.size "19"
XGBoost	52.48384	0.2128889	41.54729	nrounds 11.0000000 max_depth 6.0000000 eta 0.4680752 gamma 9.2289511 colsample_bytree 0.6445856 min_child_weight 20.0000000 subsample 0.8647129
SVR	54.21319	0.1962349	41.92669	sigma 0.002620607 C 2.871733544
BRNN	54.28524	0.1729198	42.76832	neurons 1

Yukarıda verilen Tablo 17 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların Türkiye 2015 PISA Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında *RMSE* (52.29), R^2 (0.23) ve *MAE* (41) değerleri ile RF modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak XGBoost, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla RF modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 18. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	RMSE	R^2	MAE	ρ_c
RF	50.3377	0.3010	43.2307	RF.est 0.39364448 RF.lwr.ci 0.19400236 RF.upr.ci 0.56197715
XGBoost	52.9257	0.2562	46.7379	XGBoost.est 0.48150391 XGBoost.lwr.ci 0.20724893 XGBoost.upr.ci 0.68558941
BRNN	53.5269	0.1968	45.3159	BRNN.est 0.28824646 BRNN.lwr.ci 0.09185380 BRNN.upr.ci 0.46305416
SVR	55.0684	0.2355	45.3193	SVR.est 0.23455674 SVR.lwr.ci 0.08964597 SVR.upr.ci 0.36974260

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = ρ_c için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 18 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, RF modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 50.34, R^2 değeri 0.30 ve MAE değeri 43.23 ile en iyi sonucu vermiştir. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.39 (güven aralığı 0.19-0.56) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın modellerin performans sıralaması sırasıyla XGBoost, BRNN ve SVR olarak sıralanmıştır.

Tablo 17 ve Tablo 18'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren RF modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (52.29) ile test verisindeki RMSE (50.34) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Ek Bağlantı Linki-2'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans

metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2015 PISA Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 7 ve Tablo EK Tablo 8'de gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 256 iken okul odaklı değişken sayısı 228 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 7'de görülen 256 öğrenci odaklı değişkenden 103'ü 2015 PISA Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 4.415 olacaktır. Ek Tablo 8'de görülen 228 okul odaklı değişkenden 109'u 2015 PISA Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.2507 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

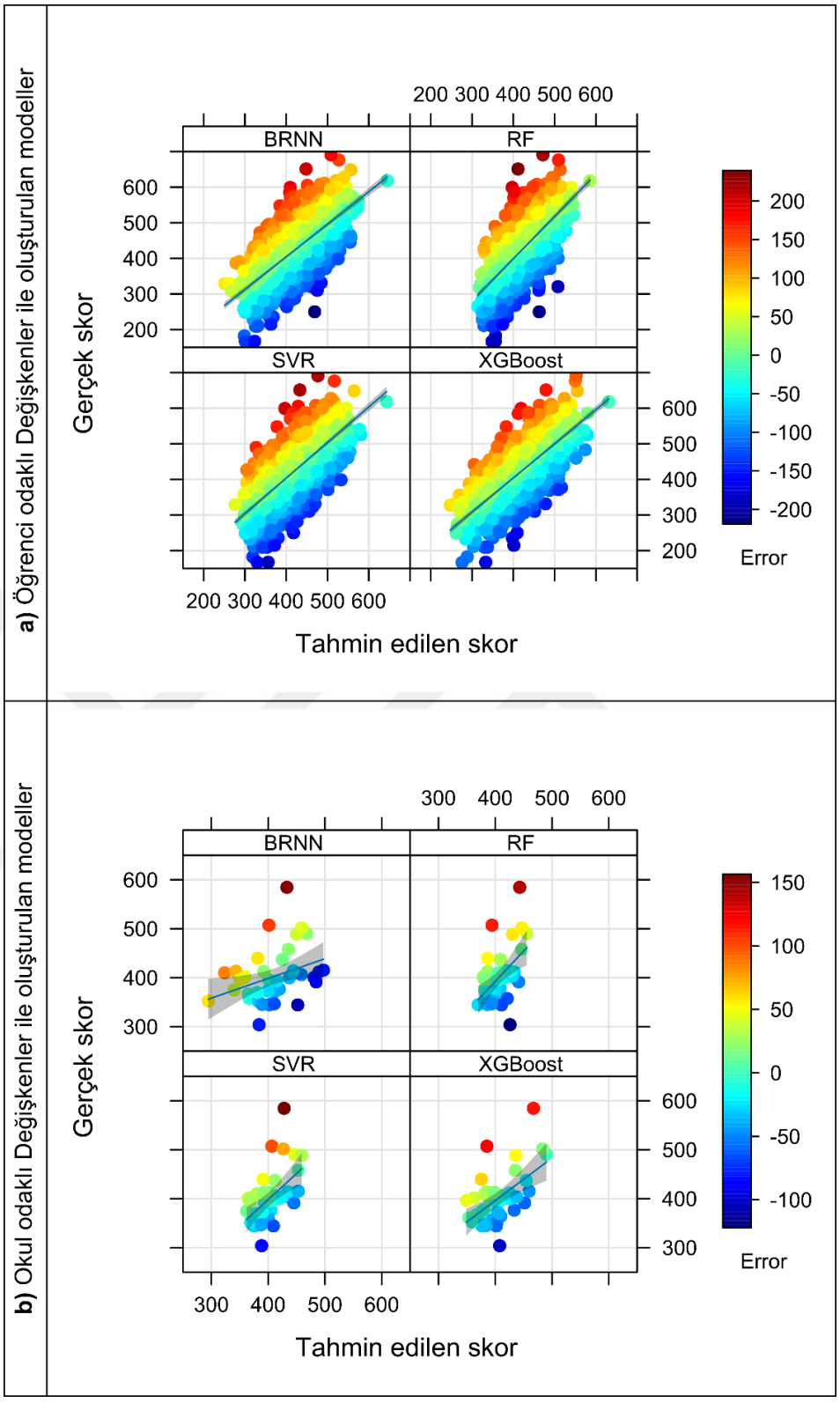
Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 7'de verilen değişkenlerden ilk 103 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki öğrencilerin Matematik okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 8'da verilen değişkenlerden ilk 109 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki okulların Matematik okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 4a'da öğrenci, Şekil 4b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 19 ve Tablo 20'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 21 ve Tablo 22'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

Şekil 4'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı ortalaması bakımından XGBoost algoritması, okul odaklı ortalaması bakımından ise SVR algoritması diğer algoritmalara göre 2015 PISA Türkiye örneklemindeki Matematik okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir. Bunu algoritmaların diyagramlarına baktığımızda regresyon çizgisi üzerindeki yığılmalara ve hataların dağılımına bakarak öğrenci odaklı değişkenler için XGBoost algoritmasının, okul odaklı değişkenler için ise SVR algoritmasının daha iyi tahmin yaptığı görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 19, Tablo 20 ve Şekil 4a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 103 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 19'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (54,66), en yüksek R^2 (0.55) ve düşük *MAE* (43.63) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 103 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 20'da verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 54.82, R^2 değeri 0.53 ve *MAE* değeri 43.87 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.70 (güven aralığı 0.67-0.73) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 21, Tablo 22 ve Şekil 4b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 109 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 21'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (47,19), en yüksek R^2 (0.42) ve düşük *MAE* (35.80) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 109 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 22'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 44.21, R^2 değeri 0.31 ve *MAE* değeri 33.71 ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre SVR algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.45 (güven aralığı 0.24-0.62) ile görmekteyiz.

2015 PISA Türkiye örnekleminde Matematik okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 23'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 24'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 23 ve Tablo 24'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 4. 2015 Türkiye Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 19. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	54.66121	0.5467888	43.63446	nrounds 712.0000000 max_depth 1.0000000 eta 0.2205398 gamma 3.9705432 colsample_bytree 0.6888203 min_child_weight 9.0000000 subsample 0.6214083
SVR	57.26311	0.5023240	45.40428	sigma 0.005524561 C 0.425588279
BRNN	57.70947	0.4953259	45.81095	neurons 3
RF	59.47012	0.4761068	47.06782	mtry "102" splitrule "extratrees" min.node.size "3"

Tablo 20. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	54.8167	0.5298	43.8721	XGBoost.est 0.7002519 XGBoost.lwr.ci 0.6721570 XGBoost.upr.ci 0.7263331
SVR	57.4737	0.4819	45.3342	SVR.est 0.6497842 SVR.lwr.ci 0.6193650 SVR.upr.ci 0.6782554
RF	58.6191	0.4714	46.0561	RF.est 0.5946943 RF.lwr.ci 0.5648434 RF.upr.ci 0.6229909
BRNN	58.9805	0.4577	47.1898	BRNN.est 0.6461635 BRNN.lwr.ci 0.6142593 BRNN.upr.ci 0.6759586

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 21. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	47.19398	0.4227120	35.80093	sigma 0.007354205 C 1.863571291
XGBoost	47.46019	0.3929943	36.82375	nrounds 903.00000000 max_depth 7.00000000 eta 0.05922605 gamma 3.45312597 colsample_bytree 0.34027126 min_child_weight 14.00000000 subsample 0.80885643
RF	48.10838	0.4446174	38.25706	mtry "35" splitrule "maxstat" min.node.size "10"
BRNN	52.17382	0.3323159	41.05026	neurons 2

Tablo 22. 2015 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
SVR	44.2087	0.3062	33.7137	SVR.est 0.45252464 SVR.lwr.ci 0.24305866 SVR.upr.ci 0.62166770
XGBoost	44.3562	0.3139	33.5106	XGBoost.est 0.50704411 XGBoost.lwr.ci 0.27741270 XGBoost.upr.ci 0.68187437
RF	46.0732	0.2664	34.1897	RF.est 0.36218251 RF.lwr.ci 0.17410944 RF.upr.ci 0.52476264
BRNN	57.1405	0.1258	47.4206	BRNN.est 0.34947914 BRNN.lwr.ci 0.05571463 BRNN.upr.ci 0.58755793

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 23. 2015 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST004D01T	9.969	1	63	ST094Q03NA	1.909	2
2	ISCEDD	7.003	1	64	ST060Q01NA	1.905	2
3	ST098Q02TA	6.723	1	65	ST001D01T	1.902	2
4	SMINS	6.536	1	66	ST064Q02NA	1.818	2
5	BSMJ	6.314	1	67	ST071Q02NA	1.786	2
6	ST100Q01TA	5.761	1	68	TMINS	1.756	2
7	ST092Q01TA	5.620	1	69	ST104Q03NA	1.742	3
8	ANXTEST	5.505	1	70	IBTEACH	1.738	3
9	ENVOPT	5.312	1	71	ST123Q02NA	1.637	3
10	ST013Q01TA	5.017	1	72	ST082Q08NA	1.584	3
11	ST031Q01NA	4.933	1	73	ST146Q03TA	1.573	3
12	ST076Q02NA	4.806	1	74	ST011Q07TA	1.560	3
13	ST093Q01TA	4.549	1	75	ST121Q03NA	1.511	3
14	ST076Q10NA	4.471	1	76	ST063Q02NA	1.455	3
15	ST125Q01NA	4.362	1	77	ST059Q03TA	1.437	3
16	ESCS	4.214	1	78	ST131Q03NA	1.385	3
17	ICTRES	4.108	1	79	ST008Q03TA	1.318	3
18	ST121Q02NA	3.924	1	80	ST113Q01TA	1.246	3
19	ST012Q05NA	3.788	1	81	ST082Q02NA	1.191	3
20	COOPERATE	3.666	1	82	ST076Q08NA	1.187	3
21	ST011Q05TA	3.471	1	83	ST103Q08NA	1.179	3
22	ST092Q02TA	3.469	1	84	ST104Q02NA	1.140	3
23	ST034Q05TA	3.445	1	85	ST082Q12NA	1.084	3
24	ST107Q01NA	3.418	1	86	ST100Q05TA	0.957	3
25	DISCLISCI	3.409	1	87	ST061Q01NA	0.899	3
26	ST064Q03NA	3.400	1	88	ST032Q01NA	0.842	3
27	ST059Q01TA	3.392	1	89	ST097Q01TA	0.701	3
28	ST129Q08TA	3.381	1	90	ST131Q06NA	0.645	3
29	EPIST	3.376	1	91	ST012Q07NA	0.606	3
30	EMOSUPS	3.358	1	92	HISCED	0.571	3
31	ST007Q01TA	3.318	1	93	ST146Q01TA	0.516	3
32	ST078Q05NA	3.188	1	94	ST034Q01TA	0.488	3
33	ST098Q07TA	3.136	1	95	ST062Q02TA	0.474	3
34	ST098Q09TA	3.126	1	96	ST131Q04NA	0.452	3
35	ST034Q04TA	2.951	2	97	ST103Q01NA	0.375	3
36	ST076Q09NA	2.939	2	98	ST146Q05TA	0.375	3
37	ISCEDO	2.897	2	99	ST097Q04TA	0.367	3
38	ST082Q03NA	2.893	2	100	GRADE	0	3
39	ENVAWARE	2.838	2	101	ST063Q01NB	0	3
40	ST038Q04NA	2.630	2	102	ST064Q01NA	0	3
41	BFMJ2	2.580	2	103	ST063Q01NA	0	3
42	BELONG	2.559	2				
43	ST097Q03TA	2.496	2				
44	ST078Q08NA	2.449	2				
45	ST095Q07NA	2.437	2				
46	ST071Q03NA	2.417	2				
47	ST063Q02NB	2.406	2				
48	ST012Q08NA	2.398	2				
49	ST063Q06NA	2.387	2				
50	PERFEED	2.266	2				
51	REPEAT	2.239	2				
52	ST071Q04NA	2.183	2				
53	ST095Q13NA	2.180	2				
54	ST095Q04NA	2.074	2				
55	ST095Q15NA	2.028	2				
56	ST098Q10NA	1.997	2				
57	ST098Q03NA	1.996	2				
58	ST062Q03TA	1.987	2				
59	ST063Q04NA	1.984	2				
60	MISCED	1.970	2				
61	ST005Q01TA	1.962	2				
62	ST126Q01TA	1.926	2				

Tablo 24. 2015 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	PROSTAT	9.086	1	63	LEADINST	0.705	2
2	SC035Q02TA	6.248	1	64	SC061Q01TA	0.677	2
3	SC064Q03TA	6.183	1	65	SC002Q01TA	0.655	2
4	STRATIO	5.705	1	66	SC017Q05NA	0.612	2
5	SC048Q03NA	4.816	1	67	SC019Q01NA01	0.602	2
6	SC025Q01NA	4.773	1	68	SC009Q07TA	0.564	2
7	SC048Q02NA	4.534	1	69	SC025Q02NA	0.548	2
8	SC004Q05NA	4.382	1	70	SC053Q05NA	0.541	2
9	SC012Q06TA	4.237	1	71	PROAT6	0.532	2
10	SC017Q01NA	3.461	1	72	SC061Q08TA	0.470	2
11	SC037Q02TA	3.398	1	73	RESPRES	0.432	3
12	SENWT	3.148	1	74	SC061Q09TA	0.414	3
13	SC016Q01TA	2.938	1	75	SC037Q04TA	0.356	3
14	SC017Q08NA	2.916	1	76	SC059Q02NA	0.348	3
15	SC012Q01TA	2.871	1	77	SC017Q02NA	0.331	3
16	SC018Q05NA01	2.610	1	78	SC036Q01TA	0.318	3
17	SC002Q02TA	2.608	1	79	SC053Q07TA	0.316	3
18	PROATCE	2.504	1	80	SC053Q01TA	0.315	3
19	SC012Q07TA	2.487	1	81	SC042Q01TA	0.311	3
20	SC053Q03TA	2.417	1	82	SC059Q08NA	0.311	3
21	SCHSIZE	2.352	1	83	RESPCUR	0.309	3
22	EDUSHORT	2.187	1	84	SC012Q04TA	0.306	3
23	SC018Q06NA01	2.120	1	85	SC004Q06NA	0.285	3
24	SC064Q04NA	2.112	1	86	SC053Q06NA	0.282	3
25	SC004Q01TA	2.067	1	87	CREACTIV	0.258	3
26	SC064Q01TA	2.036	1	88	SC017Q06NA	0.221	3
27	TOTAT	1.974	1	89	SC061Q03TA	0.221	3
28	SC053Q04TA	1.937	1	90	SC034Q02NA	0.218	3
29	SCIERES	1.935	1	91	SC017Q03NA	0.213	3
30	TEACHBEHA	1.906	1	92	SC042Q02TA	0.200	3
31	SC017Q04NA	1.824	1	93	SC037Q07TA	0.195	3
32	SC035Q06TA	1.788	1	94	SC061Q04TA	0.185	3
33	CLSIZE	1.596	1	95	SC037Q05NA	0.172	3
34	SC048Q01NA	1.591	1	96	PROSTMAS	0.172	3
35	SC004Q03TA	1.565	1	97	SC061Q07TA	0.163	3
36	SC037Q08TA	1.557	1	98	SC040Q11NA	0.163	3
37	SC019Q03NA01	1.550	2	99	SCHAUT	0.148	3
38	LEAD	1.525	2	100	SC061Q10TA	0.144	3
39	SC061Q05TA	1.523	2	101	SC061Q02TA	0.125	3
40	LEADCOM	1.516	2	102	SC059Q06NA	0.071	3
41	SC064Q02TA	1.479	2	103	TEACHPART	0.060	3
42	STUBEHA	1.476	2	104	SC037Q06NA	0.028	3
43	LEADTCH	1.450	2	105	SC012Q02TA	0.019	3
44	W_SCHGRNRABWT	1.428	2	106	SC010Q07TC	0.014	3
45	SC059Q01NA	1.325	2	107	SCHLTYPE	0.000	3
46	TOTST	1.273	2	108	SC013Q01TA	0.000	3
47	SC017Q07NA	1.188	2	109	SC036Q03NA	0.000	3
48	STAFFSHORT	1.157	2				
49	LEADPD	1.124	2				
50	SC004Q02TA	0.992	2				
51	SC001Q01TA	0.982	2				
52	SC037Q01TA	0.960	2				
53	SC003Q01TA	0.938	2				
54	PROAT5AM	0.913	2				
55	SC012Q03TA	0.899	2				
56	SC019Q02NA01	0.860	2				
57	SC037Q10NA	0.855	2				
58	SC004Q04NA	0.843	2				
59	SC061Q06TA	0.812	2				
60	SC004Q07NA	0.760	2				
61	SC037Q09TA	0.759	2				
62	SC018Q01TA01	0.710	2				

4.1.1.3. Okuma Becerileri

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de ayrıntılı olarak ele alınan veri yapısı ve Ek Tablo 1 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 2 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplandırılarak verilen değişkenler kullanılarak ayrı ayrı her kategori için makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) oluşturulmuştur. Kullanılan modellerin eğitim ve test performansına ait detaylı metriklere, tablo miktarının çok olması sebebiyle bu çalışmada yer verilmemiştir. Fakat bir internet veri tabanında bağlantı (Ek Bağlantı Linki-3) olarak sunulmuştur. Bahsi geçen tablolarda, modellerin en uygun hale getirilmiş hiper parametre değerleri ile 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama aşamasında ulaşılan performans metrikleri vardır. Ayrıca, test verileri kullanılarak ulaşılan performans metrikleri de kıyaslamalı olarak verilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci ve okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni kategorilerin (türetilmiş değişkenler kategorisi), modellerin tahmin görece yüksek tahmin yaptığı gözlemlenmiştir. Öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri Tablo 25 ve Tablo 26'da okul odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri ise Tablo 27 ve Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 25. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	58.46789	0.4732945	46.50701	nrounds 462.00000000 max_depth 3.00000000 eta 0.04603188 gamma 7.29207092 colsample_bytree 0.32330812 min_child_weight 6.00000000 subsample 0.81109647
RF	60.28345	0.4485720	47.98940	mtry "8" splitrule "variance" min.node.size "16"
SVR	60.75542	0.4315960	48.51388	sigma 0.009952939 C 0.899506879
BRNN	62.58278	0.3968892	49.69669	neurons 3

Yukarıda verilen Tablo 25 okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2015 PISA Türkiye Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük *RMSE* (58.47), en yüksek R^2 (0.47) ve düşük *MAE* (46.51) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.45, 0.43 ve 0.40 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin okuma becerisi puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 26. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	59.4758	0.4532	46.8983	XGBoost.est 0.6238032 XGBoost.lwr.ci 0.5920592 XGBoost.upr.ci 0.6536144
RF	61.1328	0.4277	47.9262	RF.est 0.5662725 RF.lwr.ci 0.5344490 RF.upr.ci 0.5964926
SVR	61.4315	0.4161	48.5781	SVR.est 0.5899157 SVR.lwr.ci 0.5565509 SVR.upr.ci 0.6213809
BRNN	63.0086	0.3861	49.9016	BRNN.est 0.5661135 BRNN.lwr.ci 0.5313668 BRNN.upr.ci 0.5989587

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 26, Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olduğu görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 59.48, R^2 değeri 0.45 ve MAE değeri 46.90 ile en düşük hata oranı ve en yüksek açıklama gücünü barındırmaktadır. Ek olarak, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.62 (güven aralığı 0.59-0.65) olup, modelin tahminleri gerçek verilerle yüksek bir bağdaşma içinde olduğunu

göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN modelleri daha düşük R^2 değerleri ve daha yüksek RMSE ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 25 ve Tablo 26 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (58.47) ile test setindeki RMSE (59.48) arasında oldukça küçük bir farklılık olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu ve aşırı uyum (overfitting) yapmadığını gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 27. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	54.52780	0.3329789	42.60139	nrounds 736.00000000 max_depth 6.00000000 eta 0.01233138 gamma 8.94460886 colsample_bytree 0.31138600 min_child_weight 8.00000000 subsample 0.27481185
RF	55.23884	0.3558266	43.82160	mtry "17" splitrule "variance" min.node.size "11"
SVR	57.60727	0.2406280	45.11534	sigma 0.003747806 C 2.318313707
BRNN	59.82263	0.1926427	47.07405	neurons 1

Yukarıda verilen Tablo 27 Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2015 PISA Türkiye Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında *RMSE* (54.53), R^2 (0.33) ve *MAE* (42.60) değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 28. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	RMSE	R^2	MAE	ρ_c
XGBoost	56.4782	0.2491	45.7244	XGBoost.est 0.40892813 XGBoost.lwr.ci 0.16779227 XGBoost.upr.ci 0.60389327
RF	57.5915	0.1936	47.2230	RF.est 0.34003896 RF.lwr.ci 0.10465068 RF.upr.ci 0.53934959
SVR	58.4317	0.1874	47.7576	SVR.est 0.27921959 SVR.lwr.ci 0.08122321 SVR.upr.ci 0.45601499
BRNN	58.5228	0.1634	48.4072	BRNN.est 0.27225976 BRNN.lwr.ci 0.06325976 BRNN.upr.ci 0.45838236

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = ρ_c için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 28 Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 56.48, R^2 değeri 0.25 ve MAE değeri 45.72 ile en iyi sonucu vermiştir. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.41 (güven aralığı 0.17-0.60) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın modellerin performans sıralaması sırasıyla RF, SVR ve BRNN olarak sıralanmıştır.

Tablo 27 ve Tablo 28'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (54.53) ile test verisindeki RMSE (56.48) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Ek Bağlantı Linki-3'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak

hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2015 PISA Türkiye örneklemi Okuma becerileri skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 9 ve Tablo EK Tablo 10'da gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 256 iken okul odaklı değişken sayısı 228 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 9'de görülen 256 öğrenci odaklı değişkenden 96'sı 2015 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 4.524 olacaktır. Ek Tablo 8'de görülen 228 okul odaklı değişkenden 92'si 2015 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.4879 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 9'de verilen değişkenlerden ilk 96 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki öğrencilerin Okuma becerileri skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 10'da verilen değişkenlerden ilk 92 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki okulların Okuma becerileri ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 5a'da öğrenci, Şekil 5b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 29 ve Tablo 30'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 31 ve Tablo 32'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

Şekil 5'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı ortalaması bakımından XGBoost algoritması, okul odaklı ortalaması bakımından eğitim verisinde ise XGBoost algoritması ve test verisinde RF algoritması diğer algoritmalara göre 2015 PISA Türkiye örneklemindeki Okuma becerileri skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

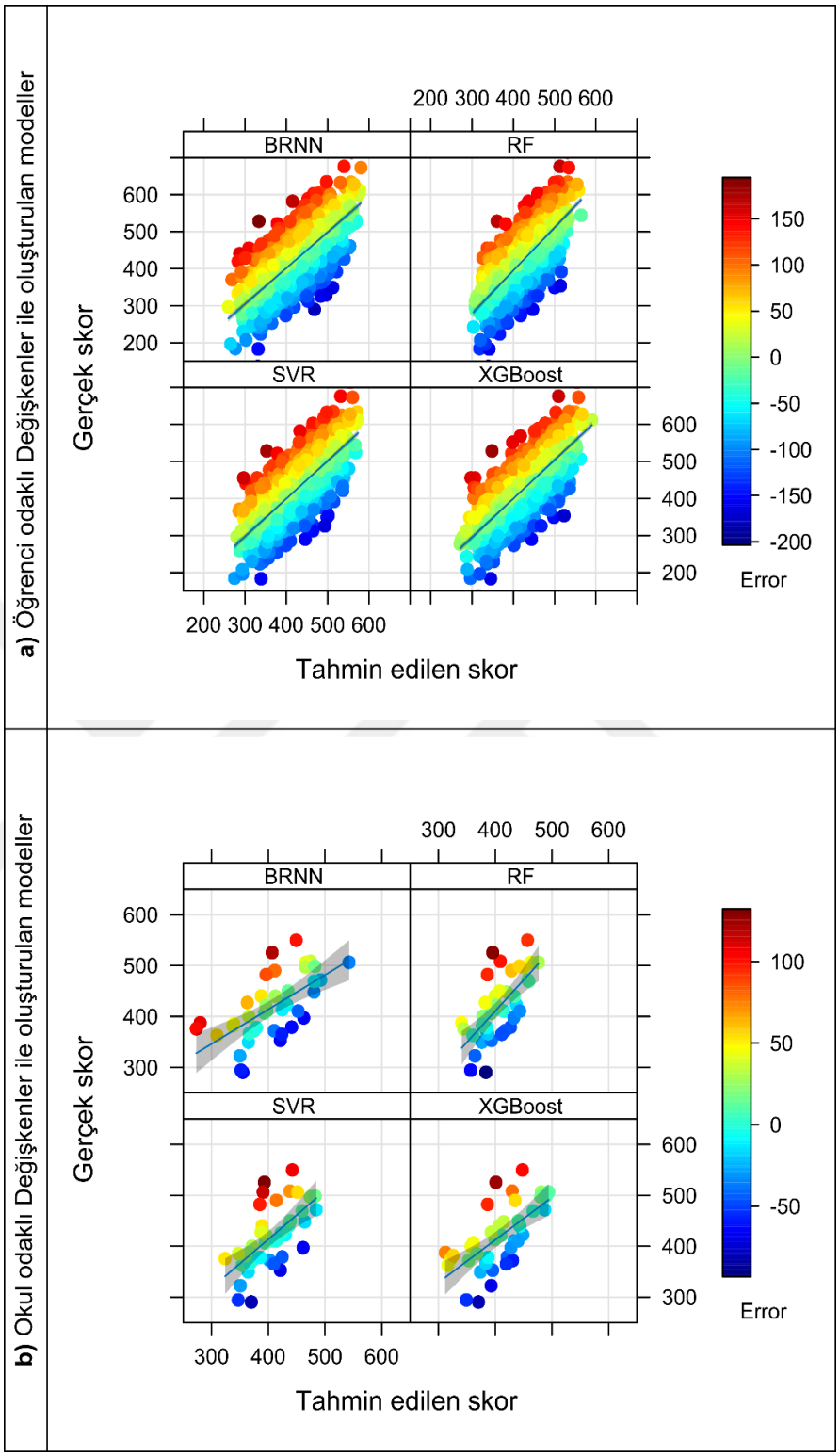
Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 29, Tablo 30 ve Şekil 5a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 96 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş

hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 29'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (52,55), en yüksek R^2 (0.57) ve düşük *MAE* (42) değeri ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 96 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 30'da verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 51.27, R^2 değeri 0.59 ve *MAE* değeri 40.78 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.74 (güven aralığı 0.71-0.76) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 31, Tablo 32 ve Şekil 5b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 92 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 31'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (45,46), en yüksek R^2 (0.53) ve düşük *MAE* (35.38) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 92 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 32'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 48.03, R^2 değeri 0.44 ve *MAE* değeri 37.94 ile RF algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre RF algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.54 (güven aralığı 0.36-0.69) ile görmekteyiz.

2015 PISA Türkiye örnekleminde Okuma becerileri alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 33'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo

34'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılarak değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 23 ve Tablo 24'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 5. 2015 Türkiye Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 29. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	52.55414	0.5742679	42.00597	nrounds 215.00000000 max_depth 7.00000000 eta 0.03414717 gamma 0.21545822 colsample_bytree 0.46743677 min_child_weight 7.00000000 subsample 0.96296183
SVR	53.56543	0.5566667	42.83529	sigma 0.003909424 C 0.511507939
BRNN	54.07304	0.5485164	43.08615	neurons
RF	55.14890	0.5398661	43.72758	mtry "43" splitrule "extratrees" min.node.size "1"

Tablo 30. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	51.2695	0.5943	40.7821	XGBoost.est 0.7367042 XGBoost.lwr.ci 0.7121648 XGBoost.upr.ci 0.7594454
SVR	52.1880	0.5787	41.2985	SVR.est 0.7292484 SVR.lwr.ci 0.7038658 SVR.upr.ci 0.7527710
BRNN	52.9159	0.5673	41.8631	BRNN.est 0.7297265 BRNN.lwr.ci 0.7037217 BRNN.upr.ci 0.7537786
RF	53.6868	0.5652	42.8126	RF.est 0.6852081 RF.lwr.ci 0.6592577 RF.upr.ci 0.7095280

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 31. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	45.46004	0.5259300	35.38413	nrounds 607.00000000 max_depth 10.00000000 eta 0.02526061 gamma 9.22252048 colsample_bytree 0.66274112 min_child_weight 3.00000000 subsample 0.67148367
RF	46.92790	0.5201764	36.65363	mtry "36" splitrule "maxstat" min.node.size "10"
SVR	47.27313	0.4864942	36.79419	sigma 0.006710948 C 1.626828956
BRNN	50.30936	0.4273487	41.00411	neurons 14

Tablo 32. 2015 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı nihai model değişkenleri ile oluşturulan modellerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
RF	48.0341	0.4423	37.9396	RF.est 0.5415961 RF.lwr.ci 0.3566323 RF.upr.ci 0.6857035
XGBoost	48.6286	0.4234	39.5669	XGBoost.est 0.6177627 XGBoost.lwr.ci 0.4041088 XGBoost.upr.ci 0.7674969
SVR	49.8793	0.3889	36.7065	SVR.est 0.5529540 SVR.lwr.ci 0.3408993 SVR.upr.ci 0.7114644
BRNN	52.2733	0.4036	42.3215	BRNN.est 0.6223186 BRNN.lwr.ci 0.3977276 BRNN.upr.ci 0.7765474

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 33. 2015 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ISCEDO	7,269	1	63	ST098Q02TA	0,661	2
2	ISCEDD	5,341	1	64	EMOSUPS	0,660	2
3	ST013Q01TA	5,281	1	65	ST098Q06TA	0,646	3
4	ICTRES	4,785	1	66	ST060Q01NA	0,635	3
5	ENVOPT	4,773	1	67	ST005Q01TA	0,593	3
6	ST092Q02TA	4,322	1	68	ST131Q06NA	0,563	3
7	ST032Q01NA	3,945	1	69	ST097Q04TA	0,551	3
8	SCIEACT	3,881	1	70	ST095Q13NA	0,529	3
9	ST076Q10NA	3,755	1	71	ST123Q04NA	0,512	3
10	SMINS	3,477	1	72	ST100Q03TA	0,441	3
11	ST059Q03TA	3,400	1	73	FISCED	0,428	3
12	ST092Q01TA	3,356	1	74	ST097Q02TA	0,417	3
13	ST121Q02NA	3,264	1	75	ST007Q01TA	0,413	3
14	ST121Q03NA	3,031	1	76	ST095Q08NA	0,413	3
15	ST063Q01NA	2,973	1	77	ST123Q02NA	0,398	3
16	EPIST	2,912	1	78	ST125Q01NA	0,382	3
17	ST063Q03NB	2,854	1	79	ST011Q07TA	0,377	3
18	BSMJ	2,831	1	80	ST034Q01TA	0,374	3
19	ST001D01T	2,811	1	81	ST082Q03NA	0,368	3
20	SCIEEFF	2,562	1	82	ST082Q02NA	0,367	3
21	REPEAT	2,514	1	83	ST146Q05TA	0,357	3
22	ST012Q05NA	2,450	1	84	ST003D02T	0,355	3
23	ST092Q04TA	2,185	1	85	ST095Q15NA	0,323	3
24	ST063Q02NB	2,100	1	86	ST062Q03TA	0,302	3
25	ST076Q02NA	2,021	1	87	MISCED	0,294	3
26	ST082Q12NA	1,885	1	88	ST061Q01NA	0,290	3
27	BFMJ2	1,839	1	89	ST103Q01NA	0,287	3
28	ST093Q05TA	1,831	1	90	HISCED	0,283	3
29	BELONG	1,829	1	91	ST097Q01TA	0,260	3
30	GRADE	1,810	1	92	ST146Q03TA	0,252	3
31	ESCS	1,780	1	93	ST097Q05TA	0,248	3
32	ENVAWARE	1,753	1	94	ST129Q01TA	0,236	3
33	ST093Q03TA	1,713	2	95	ST094Q03NA	0,208	3
34	ST093Q01TA	1,669	2	96	ST123Q01NA	0,153	3
35	ST126Q01TA	1,657	2				
36	ST098Q10NA	1,602	2				
37	ST071Q03NA	1,591	2				
38	ST095Q07NA	1,538	2				
39	ST129Q08TA	1,460	2				
40	ST100Q01TA	1,380	2				
41	ST032Q02NA	1,344	2				
42	ST104Q05NA	1,333	2				
43	DISCLISCI	1,269	2				
44	ST071Q02NA	1,267	2				
45	ST098Q07TA	1,258	2				
46	ST004D01T	1,204	2				
47	ST078Q08NA	1,165	2				
48	ST146Q07NA	1,145	2				
49	TMINS	1,126	2				
50	ST131Q03NA	1,119	2				
51	BMMJ1	1,119	2				
52	ST082Q14NA	1,110	2				
53	IBTEACH	1,087	2				
54	ST094Q01NA	1,078	2				
55	ST059Q01TA	1,060	2				
56	ST071Q04NA	1,014	2				
57	ST097Q03TA	0,957	2				
58	ST012Q07NA	0,953	2				
59	ST107Q01NA	0,856	2				
60	ST071Q05NA	0,792	2				
61	ST076Q08NA	0,780	2				
62	ST064Q02NA	0,700	2				

Tablo 34. 2015 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC004Q05NA	12,225	1	63	SC017Q05NA	0,385	3
2	SC048Q03NA	8,170	1	64	SC009Q13TA	0,353	3
3	PROSTAT	7,529	1	65	RESPRES	0,337	3
4	SC037Q02TA	6,259	1	66	SC042Q01TA	0,300	3
5	W_SCHGRNRABWT	5,167	1	67	SC017Q06NA	0,295	3
6	SC048Q01NA	4,514	1	68	SC037Q04TA	0,282	3
7	SC012Q01TA	3,996	1	69	SC003Q01TA	0,258	3
8	STUBEHA	3,679	1	70	SC001Q01TA	0,251	3
9	SC017Q01NA	3,026	1	71	PROSTMAS	0,235	3
10	SC002Q02TA	2,880	1	72	SC036Q01TA	0,221	3
11	SC004Q01TA	2,613	1	73	SC061Q06TA	0,214	3
12	SC048Q02NA	2,468	1	74	SC053Q05NA	0,212	3
13	STRATIO	2,295	1	75	SC017Q02NA	0,209	3
14	TEACHBEHA	1,963	1	76	SC017Q07NA	0,209	3
15	SC064Q02TA	1,875	1	77	SC061Q08TA	0,207	3
16	SC012Q06TA	1,769	1	78	SC037Q08TA	0,183	3
17	EDUSHORT	1,755	1	79	SC061Q01TA	0,164	3
18	SC002Q01TA	1,716	1	80	SC061Q07TA	0,163	3
19	PROAT5AB	1,653	1	81	SC037Q05NA	0,148	3
20	SC061Q03TA	1,651	1	82	SC012Q03TA	0,129	3
21	SC025Q01NA	1,603	1	83	SC053Q04TA	0,123	3
22	SC064Q01TA	1,573	1	84	SC053Q02TA	0,106	3
23	SC018Q05NA01	1,554	1	85	SC052Q01NA	0,103	3
24	STAFFSHORT	1,500	1	86	SC012Q07TA	0,093	3
25	LEADPD	1,389	1	87	SC061Q09TA	0,087	3
26	SC061Q05TA	1,229	1	88	SC036Q03NA	0,073	3
27	TOTAT	1,225	1	89	SC017Q08NA	0,050	3
28	LEADCOM	1,153	1	90	SC042Q02TA	0,042	3
29	SC064Q04NA	1,143	1	91	SC037Q06NA	0,020	3
30	SENWT	1,044	1	92	SC061Q04TA	0,018	3
31	SCHAUT	1,009	2				
32	SCIERES	0,943	2				
33	SC037Q09TA	0,934	2				
34	PROAT5AM	0,915	2				
35	SC018Q06NA01	0,905	2				
36	SC004Q02TA	0,898	2				
37	PROATCE	0,888	2				
38	CLSIZE	0,887	2				
39	LEADINST	0,781	2				
40	SC025Q02NA	0,759	2				
41	SC053Q01TA	0,688	2				
42	SC019Q01NA01	0,680	2				
43	SC037Q01TA	0,674	2				
44	SC037Q10NA	0,658	2				
45	SC061Q02TA	0,648	2				
46	SCHSIZE	0,640	2				
47	TOTST	0,633	2				
48	SC064Q03TA	0,624	2				
49	SC012Q04TA	0,602	2				
50	TEACHPART	0,601	2				
51	LEAD	0,590	2				
52	SC019Q03NA01	0,589	2				
53	SC012Q02TA	0,565	2				
54	SC053Q03TA	0,545	2				
55	SC059Q01NA	0,544	2				
56	PROAT6	0,532	2				
57	CREACTIV	0,491	2				
58	SC017Q03NA	0,481	2				
59	SC052Q02NA	0,465	2				
60	SC017Q04NA	0,434	2				
61	LEADTCH	0,429	2				
62	SC061Q10TA	0,392	3				

4.1.2. Singapur Örneklemi

4.1.2.1. Fen Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 1 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 2 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için ayrı ayrı makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-4 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolar incelendiğinde hem öğrenci hem de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni kategorilerin modellerin tahmin performansını önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsedilen bu kategori için metrikler öğrenci odaklı değişkenler Tablo 35 ve Tablo 36'da, okul odaklı değişkenler Tablo 37 ve Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 35. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	66.76029	0.5975004	52.85248	nrounds 420.00000000 max_depth 6.00000000 eta 0.02180074 gamma 4.68949567 colsample_bytree 0.49797320 min_child_weight 11.00000000 subsample 0.33649206
RF	69.58348	0.5703147	55.01297	mtry "12" splitrule "variance" min.node.size "3"
SVR	69.81623	0.5597740	55.26080	sigma 0.01237562 C 0.70695362
BRNN	70.51599	0.5513117	55.57084	neurons 4

Yukarıda verilen Tablo 35 Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2015 PISA Singapur Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük RMSE (66.76), en yüksek R^2 (0.60) ve düşük MAE (52.85) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.57, 0.56 ve 0.55 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Fen okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 36. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	66.7213	0.5840	53.0169	XGBoost.est 0.7324954 XGBoost.lwr.ci 0.7079655 XGBoost.upr.ci 0.7552601
RF	69.9429	0.5502	55.1180	RF.est 0.6798995 RF.lwr.ci 0.6537608 RF.upr.ci 0.7044176
SVR	70.1069	0.5405	54.8548	SVR.est 0.6976476 SVR.lwr.ci 0.6708484 SVR.upr.ci 0.7226270
BRNN	72.2146	0.5129	56.5878	BRNN.est 0.6838045 BRNN.lwr.ci 0.6555253 BRNN.upr.ci 0.7101686

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 36, Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 66.72, R^2 değeri 0.58 ve MAE değeri 53.02 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.73 (güven aralığı 0.71-0.76) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu

göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 35 ve Tablo 36 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (66.76) ile test setindeki RMSE (66.72) arasında oldukça küçük bir fark olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin aşırı uyum (overfitting) yapmadığını ve genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 37. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
RF	43.64980	0.5015967	34.68713	mtry "19" splitrule "maxstat" min.node.size "18"
XGBoost	45.87757	0.4491651	36.89549	nrounds 200.00000000 max_depth 9.00000000 eta 0.02229204 gamma 5.97072886 colsample_bytree 0.49832918 min_child_weight 13.00000000 subsample 0.52884356
SVR	46.00410	0.4476755	37.35633	sigma 0.003875294 C 1.520689971
BRNN	46.36306	0.4182361	37.76346	neurons 1

Tablo 38. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
BRNN	46.1220	0.6753	35.1588	BRNN.est 0.7567696 BRNN.lwr.ci 0.6081750 BRNN.upr.ci 0.8541233
RF	49.5488	0.6549	36.4855	RF.est 0.6953262 RF.lwr.ci 0.5443953 RF.upr.ci 0.8026466
SVR	50.6262	0.6201	37.6400	SVR.est 0.6856416 SVR.lwr.ci 0.5226557 SVR.upr.ci 0.8002766
XGBoost	54.9616	0.5741	43.5298	XGBoost.est 0.6175807 XGBoost.lwr.ci 0.4441185 XGBoost.upr.ci 0.7464189

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri

lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 37 Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların Türkiye 2015 PISA Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında *RMSE* (43.65), R^2 (0.50) ve *MAE* (34.69) değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 38 Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, BRNN modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 46.12, R^2 değeri 0.68 ve MAE değeri 35.16 ile en iyi model olmuştur. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.76 (güven aralığı 0.61-0.85) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve XGBoost modellerinin sırasıyla BRNN modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 37 ve Tablo 38 birlikte değerlendirildiğinde, eğitim ve test seti performanslarındaki farklar dikkate alınarak, modellerin genelleme yetenekleri ve aşırı uyum (overfitting) eğilimleri analiz edilebilir. RF modelinin eğitim verilerinde yüksek performans göstermesi, ancak test verilerinde daha düşük bir performans sergilemesi, modelin eğitim verilerine gereğinden fazla uyum sağlamış olabileceğini (overfitting) düşündürebilir. Bu durum, makine öğrenme sürecinde, modelin eğitim verilerindeki gürültü veya detayları fazla öğrenip yeni, görülmemiş verilere (test verisi) karşı etkili olamamasına yol açar. Buna karşın, BRNN modelinin test setinde gösterdiği performans, bu modelin daha iyi bir genelleme yeteneğine sahip olabileceğini ve eğitim verilerine aşırı bağımlı kalmadan daha genel bir model oluşturabilmiş olabileceğini gösterir. Özellikle BRNN modelinin test setindeki bu başarısı, okul odaklı değişkenlerle yapılan tahminlerde yüksek doğruluk ve

uyum sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, okul odaklı değişkenlerden türetilen yeni değişkenlerle oluşturulan modellerin etkinliği ve güvenilirliği hakkında önemli bilgiler vermektedir.

Ek Bağlantı Linki-4'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2015 PISA Singapur örneklemi Fen okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 11 ve Tablo EK Tablo 12'de gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 252 iken okul odaklı değişken sayısı 218 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 11'de görülen 252 öğrenci odaklı değişkenden 91'i 2015 PISA Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 5.848 olacaktır. Ek Tablo 12'de görülen 218 okul odaklı değişkenden 78'i 2015 PISA Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.3696 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 11'de verilen değişkenlerden ilk 91 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Singapur örneklemindeki öğrencilerin Fen okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 12'da verilen değişkenlerden ilk 78 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Singapur örneklemindeki okulların Fen okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 6a'da öğrenci, Şekil 6b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 39 ve Tablo 40'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 41 ve Tablo 42'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

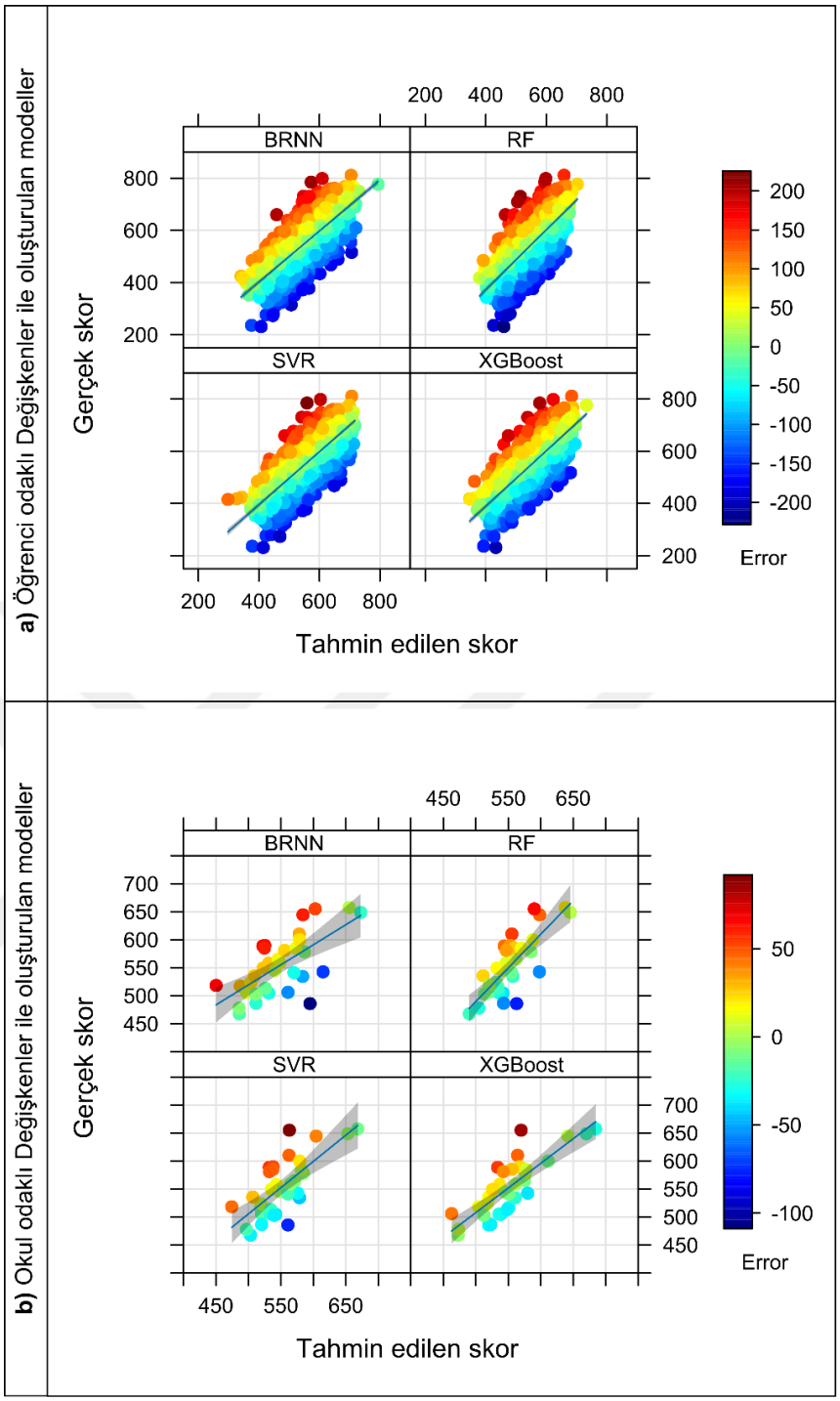
Şekil 6'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı ortalaması bakımından XGBoost algoritması, okul odaklı ortalaması bakımından eğitim verilerinde SVR algoritması, test verilerinde RF algoritması diğer algoritmalara göre 2015 PISA Singapur

örneklemindeki Fen okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 39, Tablo 40 ve Şekil 6a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 91 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 39'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (59,63), en yüksek R^2 (0.68) ve düşük *MAE* (47.39) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 91 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 40'da verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 59.98, R^2 değeri 0.67 ve *MAE* değeri 47.85 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.79 (güven aralığı 0.77-0.81) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 41, Tablo 42 ve Şekil 6b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 78 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 41'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (37,74), en yüksek R^2 (0.68) ve düşük *MAE* (30.23) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 78 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 42'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 32.50, R^2 değeri 0.66 ve *MAE* değeri 24.65 ile RF algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre RF algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.76 (güven aralığı 0.61-0.86) ile görmekteyiz.

2015 PISA Singapur örnekleminde Fen okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 43'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 44'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 43 ve Tablo 44'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 6. 2015 Singapur Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 39. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	59.62679	0.6810914	47.38755	nrounds 598.00000000 max_depth 4.00000000 eta 0.01180156 gamma 2.66351697 colsample_bytree 0.35413650 min_child_weight 4.00000000 subsample 0.26699017
SVR	60.87670	0.6658101	48.37446	sigma 0.002818236 C 0.785505140
BRNN	61.32219	0.6610396	48.64078	neurons 2
RF	63.70713	0.6446638	50.59135	mtry "39" splitrule "variance" min.node.size "6"

Tablo 40. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	59.9783	0.6657	47.8488	XGBoost.est 0.7889962 XGBoost.lwr.ci 0.7689084 XGBoost.upr.ci 0.8075278
SVR	60.4011	0.6597	48.4515	SVR.est 0.7895465 SVR.lwr.ci 0.7691790 SVR.upr.ci 0.8083114
BRNN	61.2020	0.6503	48.9420	BRNN.est 0.7870538 BRNN.lwr.ci 0.7661995 BRNN.upr.ci 0.8062519
RF	64.2968	0.6251	51.1312	RF.est 0.7373815 RF.lwr.ci 0.7149236 RF.upr.ci 0.7583195

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 41. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	37.74460	0.6789838	30.22815	sigma 4.641521e-03 C 2.485533e+02
RF	39.85221	0.6860254	30.69642	mtry "33" splitrule "extratrees" min.node.size "7"
XGBoost	39.92704	0.6571158	31.46675	nrounds 615.00000000 max_depth 10.00000000 eta 0.05196725 gamma 8.77506189 colsample_bytree 0.51055840 min_child_weight 10.00000000 subsample 0.85438027
BRNN	40.44091	0.6413518	32.62470	neurons 20

Tablo 42. 2015 Singapur Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
RF	32.5024	0.6561	24.6517	RF.est 0.7644971 RF.lwr.ci 0.6063471 RF.upr.ci 0.8644710
XGBoost	39.0329	0.5829	30.8071	XGBoost.est 0.7477835 XGBoost.lwr.ci 0.5525901 XGBoost.upr.ci 0.8652120
SVR	47.0698	0.4255	37.8412	SVR.est 0.6451551 SVR.lwr.ci 0.3956587 SVR.upr.ci 0.8059693
BRNN	52.3156	0.3137	43.3974	BRNN.est 0.5583842 BRNN.lwr.ci 0.2725105 BRNN.upr.ci 0.7536674

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 43. 2015 Singapur Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST092Q01TA	11,394	1	63	TEACHSUP	0,754	3
2	SMINS	10,517	1	64	FISCED	0,746	3
3	LMINS	9,437	1	65	ST107Q02NA	0,735	3
4	ST059Q03TA	7,362	1	66	ST082Q08NA	0,677	3
5	ST064Q01NA	6,399	1	67	ST123Q04NA	0,663	3
6	ESCS	5,353	1	68	ST095Q04NA	0,616	3
7	ST131Q06NA	5,214	1	69	ST034Q05TA	0,577	3
8	ST039Q02NA	4,537	1	70	ST019CQ01T	0,575	3
9	EPIST	4,421	1	71	ST008Q02TA	0,546	3
10	LANGN	4,383	1	72	IMMIG	0,507	3
11	HOMEPOS	4,160	1	73	DURECEC	0,506	3
12	ST103Q01NA	4,113	1	74	ST107Q01NA	0,489	3
13	ST076Q11NA	4,099	1	75	ST125Q01NA	0,483	3
14	ENVOPT	3,797	1	76	ST093Q06TA	0,462	3
15	ST092Q02TA	3,756	1	77	ST097Q01TA	0,431	3
16	ST146Q05TA	3,531	1	78	ST082Q12NA	0,422	3
17	ST013Q01TA	3,257	1	79	ST071Q01NA	0,355	3
18	JOYSCIE	2,964	1	80	ST034Q02TA	0,312	3
19	ST063Q02NA	2,948	1	81	PARED	0,306	3
20	ST076Q09NA	2,922	1	82	ST103Q08NA	0,301	3
21	DISCLISCI	2,810	1	83	ST129Q04TA	0,256	3
22	ST092Q05TA	2,771	1	84	ST076Q01NA	0,255	3
23	SCIEEFF	2,674	1	85	ST011Q08TA	0,201	3
24	ST076Q10NA	2,602	1	86	ST082Q01NA	0,187	3
25	ST071Q03NA	2,548	1	87	ST100Q02TA	0,132	3
26	CPSVALUE	2,492	1	88	HISCED	0,118	3
27	ST093Q01TA	2,489	1	89	ST011Q07TA	0,087	3
28	ST062Q03TA	2,485	1	90	ST123Q01NA	0,072	3
29	ST092Q08NA	2,454	1	91	ST022Q01TA	0,055	3
30	ST129Q02TA	2,446	1				
31	ST082Q13NA	2,435	2				
32	ST001D01T	2,415	2				
33	ST093Q07NA	2,394	2				
34	ST121Q02NA	2,308	2				
35	PERFEED	2,301	2				
36	ST092Q04TA	2,289	2				
37	ST095Q13NA	2,285	2				
38	ST031Q01NA	2,215	2				
39	ST063Q02NB	2,205	2				
40	BFMJ2	2,089	2				
41	ST059Q01TA	1,920	2				
42	ENVAWARE	1,589	2				
43	ST038Q08NA	1,448	2				
44	ST094Q04NA	1,443	2				
45	ST092Q09NA	1,404	2				
46	ST076Q03NA	1,320	2				
47	ST146Q03TA	1,302	2				
48	ST061Q01NA	1,267	2				
49	BELONG	1,192	2				
50	ST098Q02TA	1,158	2				
51	ST129Q08TA	1,149	2				
52	ST098Q05TA	1,120	2				
53	BMMJ1	1,119	2				
54	ST094Q02NA	1,090	2				
55	ST063Q05NB	1,076	2				
56	ST129Q05TA	1,047	2				
57	ST011Q16NA	1,013	2				
58	ST121Q03NA	0,958	2				
59	ST113Q04TA	0,956	2				
60	ST034Q06TA	0,862	2				
61	EMOSUPS	0,817	3				
62	ST104Q05NA	0,756	3				

Tablo 44. 2015 Singapur Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC048Q03NA	16,388	1	63	SC061Q04TA	0,245	3
2	TOTST	9,267	1	64	SC052Q02NA	0,242	3
3	SC018Q06NA01	7,458	1	65	SC037Q09TA	0,214	3
4	SC012Q06TA	6,328	1	66	SC061Q09TA	0,203	3
5	SC004Q06NA	4,943	1	67	SC042Q02TA	0,185	3
6	TOTAT	4,634	1	68	SC061Q01TA	0,160	3
7	SC004Q01TA	4,503	1	69	SC061Q10TA	0,153	3
8	SC018Q01TA02	3,637	1	70	SC061Q07TA	0,142	3
9	PROATCE	3,595	1	71	SC037Q10NA	0,128	3
10	SC064Q04NA	2,665	1	72	SC012Q03TA	0,124	3
11	SC048Q01NA	2,570	1	73	SC042Q01TA	0,094	3
12	SCHSIZE	2,335	1	74	SC037Q03TA	0,078	3
13	SC019Q01NA01	2,301	1	75	SC036Q01TA	0,020	3
14	SC036Q03NA	2,193	1	76	SC013Q01TA	0,000	3
15	SC064Q01TA	2,101	1	77	SCHLTYPE	0,000	3
16	SC004Q05NA	1,999	1	78	SC037Q07TA	0,000	3
17	SC002Q01TA	1,988	1				
18	STUBEHA	1,955	1				
19	SC002Q02TA	1,884	1				
20	RESPRES	1,852	1				
21	STRATIO	1,840	1				
22	PROAT5AM	1,805	1				
23	PROAT6	1,750	1				
24	SC018Q05NA02	1,725	1				
25	SC035Q04TA	1,492	1				
26	LEADTCH	1,456	1				
27	SC019Q03NA01	1,437	2				
28	SC004Q07NA	1,362	2				
29	SC018Q01TA01	1,301	2				
30	SCHAUT	1,290	2				
31	SC061Q05TA	1,283	2				
32	SC010Q10TE	1,263	2				
33	PROSTAT	1,243	2				
34	LEADCOM	1,093	2				
35	PROAT5AB	1,092	2				
36	SC053Q02TA	1,018	2				
37	TEACHBEHA	1,016	2				
38	SCIERES	0,978	2				
39	SC010Q11TB	0,902	2				
40	SC016Q03TA	0,891	2				
41	SC018Q05NA01	0,864	2				
42	SC061Q08TA	0,838	2				
43	TEACHPART	0,828	2				
44	SC061Q06TA	0,692	2				
45	RESPCUR	0,580	2				
46	SC012Q02TA	0,536	2				
47	SC037Q06NA	0,508	2				
48	SC061Q02TA	0,461	2				
49	CLSIZE	0,460	2				
50	SC017Q01NA	0,439	2				
51	SC037Q01TA	0,403	2				
52	SC018Q02TA01	0,401	2				
53	SC012Q05TA	0,367	3				
54	SC012Q07TA	0,363	3				
55	SC037Q08TA	0,348	3				
56	CREACTIV	0,333	3				
57	SC061Q03TA	0,309	3				
58	SC035Q05TB	0,302	3				
59	SC010Q01TC	0,289	3				
60	SC019Q02NA01	0,280	3				
61	SC017Q08NA	0,266	3				
62	SC003Q01TA	0,251	3				

4.1.2.2. Matematik Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de ayrıntılı olarak ele alınan veri yapısı ve Ek Tablo 1 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 2 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplandırılarak verilen değişkenler kullanılarak tek tek her kategori için makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) oluşturulmuştur. Kullanılan modellerin eğitim ve test performansına ait detaylı metriklere, tablo miktarının çok olması sebebiyle bu çalışmada yer verilmemiştir. Fakat bir internet veri tabanında bağlantı (Ek Bağlantı Linki-5) olarak sunulmuştur. Bahsi geçen tablolarda, modellerin en uygun hale getirilmiş hiper parametre değerleri ile 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama aşamasında ulaşılan performans metrikleri vardır. Ayrıca, test verileri kullanılarak ulaşılan performans metrikleri de kıyaslamalı olarak verilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci ve okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni kategorilerin (türetilmiş değişkenler kategorisi), modellerin tahmin görece yüksek tahmin yaptığı gözlemlenmiştir. Öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri Tablo 45 ve Tablo 46'da okul odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri ise Tablo 47 ve Tablo 48'de verilmiştir.

Tablo 45. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	68.54500	0.4902246	54.19820	nrounds 97.0000000 max_depth 1.0000000 eta 0.3251813 gamma 4.0590148 colsample_bytree 0.6115061 min_child_weight 15.0000000 subsample 0.7705185
RF	68.64852	0.4957446	54.13883	mtry "10" splitrule "variance" min.node.size "7"
SVR	69.47712	0.4764264	54.69618	sigma 0.01517618 C 0.47664064
BRNN	70.67566	0.4593319	55.64533	neurons 4

Yukarıda verilen Tablo 45 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2015 PISA Singapur Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük *RMSE* (68.55), en yüksek R^2 (0.49) ve düşük *MAE* (54.20) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.50, 0.48 ve 0.46 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Matematik okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 46. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	68.2833	0.4842	54.5685	XGBoost.est 0.6471896 XGBoost.lwr.ci 0.6176741 XGBoost.upr.ci 0.6748845
RF	68.5875	0.4872	54.4379	RF.est 0.6204788 RF.lwr.ci 0.5916438 RF.upr.ci 0.6477283
SVR	68.8480	0.4762	54.4713	SVR.est 0.6363177 SVR.lwr.ci 0.6065004 SVR.upr.ci 0.6643477
BRNN	70.3780	0.4519	55.8789	BRNN.est 0.6267234 BRNN.lwr.ci 0.5955734 BRNN.upr.ci 0.6559914

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 46, Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı gösteren model olduğu görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 68.28, R^2 değeri 0.48 ve MAE değeri 54.57 ile en düşük hata oranı ve en yüksek açıklama gücünü barındırmaktadır. Ek olarak, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.65 (güven aralığı 0.62-0.67) olup, modelin tahminleri gerçek verilerle yüksek bir bağdaşma içinde olduğunu

göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN modelleri daha düşük R^2 değerleri ve daha yüksek RMSE ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 45 ve Tablo 46 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (68.55) ile test setindeki RMSE (68.28) arasında oldukça küçük bir farklılık olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu ve aşırı uyum (overfitting) yapmadığını gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 47. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
RF	41.24852	0.4592551	32.32456	mtry "19" splitrule "maxstat" min.node.size "7"
XGBoost	41.84398	0.4182795	33.20941	nrounds 131.00000000 max_depth 1.00000000 eta 0.06781317 gamma 0.47451018 colsample_bytree 0.46933868 min_child_weight 14.00000000 subsample 0.60005340
SVR	42.84696	0.4194368	33.90341	sigma 0.02472986 C 1.00286778
BRNN	43.83931	0.3795516	34.88962	neurons 1

Tablo 48. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
BRNN	43.1101	0.6463	32.7252	BRNN.est 0.7395157 BRNN.lwr.ci 0.5805523 BRNN.upr.ci 0.8441742
RF	44.7607	0.6484	33.3037	RF.est 0.7001478 RF.lwr.ci 0.5455865 RF.upr.ci 0.8086463
XGBoost	48.1782	0.5614	37.1364	XGBoost.est 0.6505432 XGBoost.lwr.ci 0.4696535 XGBoost.upr.ci 0.7790126
SVR	49.7934	0.5359	36.1746	SVR.est 0.6162813 SVR.lwr.ci 0.4319647 SVR.upr.ci 0.7511828

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)

est = ρ_c için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 47 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2015 PISA Singapur Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında *RMSE* (41.25), R^2 (0.46) ve *MAE* (32.32) değerleri ile RF modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak XGBoost, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla RF modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 48 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, BRNN modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 43.11, R^2 değeri 0.65 ve MAE değeri 32.73 ile en iyi sonucu vermiştir. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.74 (güven aralığı 0.58-0.84) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın modellerin performans sıralaması sırasıyla RF, XGBoost ve SVR olarak sıralanmıştır.

Tablo 47 ve Tablo 48'e birlikte bakıldığında, modellerin aşırı uyuma (overfitting) sapma durumları ve genelleştirme kabiliyeti, eğitim ve test seti performanslarındaki farklılık göz önüne alarak incelenebilir. RF'ın performansı eğitim setinde çok iyi olmasına rağmen, test setinde daha zayıf performans sonucu vermesi, modelin eğitim verilerine gereğinden fazla uyum göstermiş olabileceğini (overfitting) düşündürür. Makine öğrenmesi aşamasında gereğinden fazla uyum olması, görülmemiş verileri (Test verisi) doğru tahmin edememesine yol açar. Test setinde BRNN modelinin sergilediği sonuç, bu modelin diğerlerine göre daha doğru bir genelleştirme becerisine sahip olabileceğini ve eğitim setinin belirli özelliklerine gereğinden fazla bağımlı olmadan genel bir model geliştirmiş olabileceğini düşündürür. Test setinde BRNN modelinin sergilediği bu sonuçlar, okul odaklı değişkenler kullanılarak yapılan tahminlerde yüksek uyum ve doğruluk sağladığını göstermektedir. Sonuç olarak

okul odaklı değişkenler kullanılarak oluşturulan türetilmiş değişkenlerin modellerinin güvenirliği ve etkinliği açısından değerli bilgiler vermektedir.

Ek Bağlantı Linki-5'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2015 PISA Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri EK Tablo 13 ve Tablo EK Tablo 14'te azalan sırayla gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 252 iken okul odaklı değişken sayısı 218 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 13'de görülen 252 öğrenci odaklı değişkenden 90'ı 2015 PISA Singapur Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 5.200 olacaktır. Ek Tablo 14'te görülen 218 okul odaklı değişkenden 79'u 2015 PISA Singapur Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.3698 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 13'de verilen değişkenlerden ilk 90 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Singapur örneklemindeki öğrencilerin Matematik okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 14'te verilen değişkenlerden ilk 79 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Singapur örneklemindeki okulların Matematik okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 7a'da öğrenci, Şekil 7b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 49 ve Tablo 50'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 51 ve Tablo 52'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

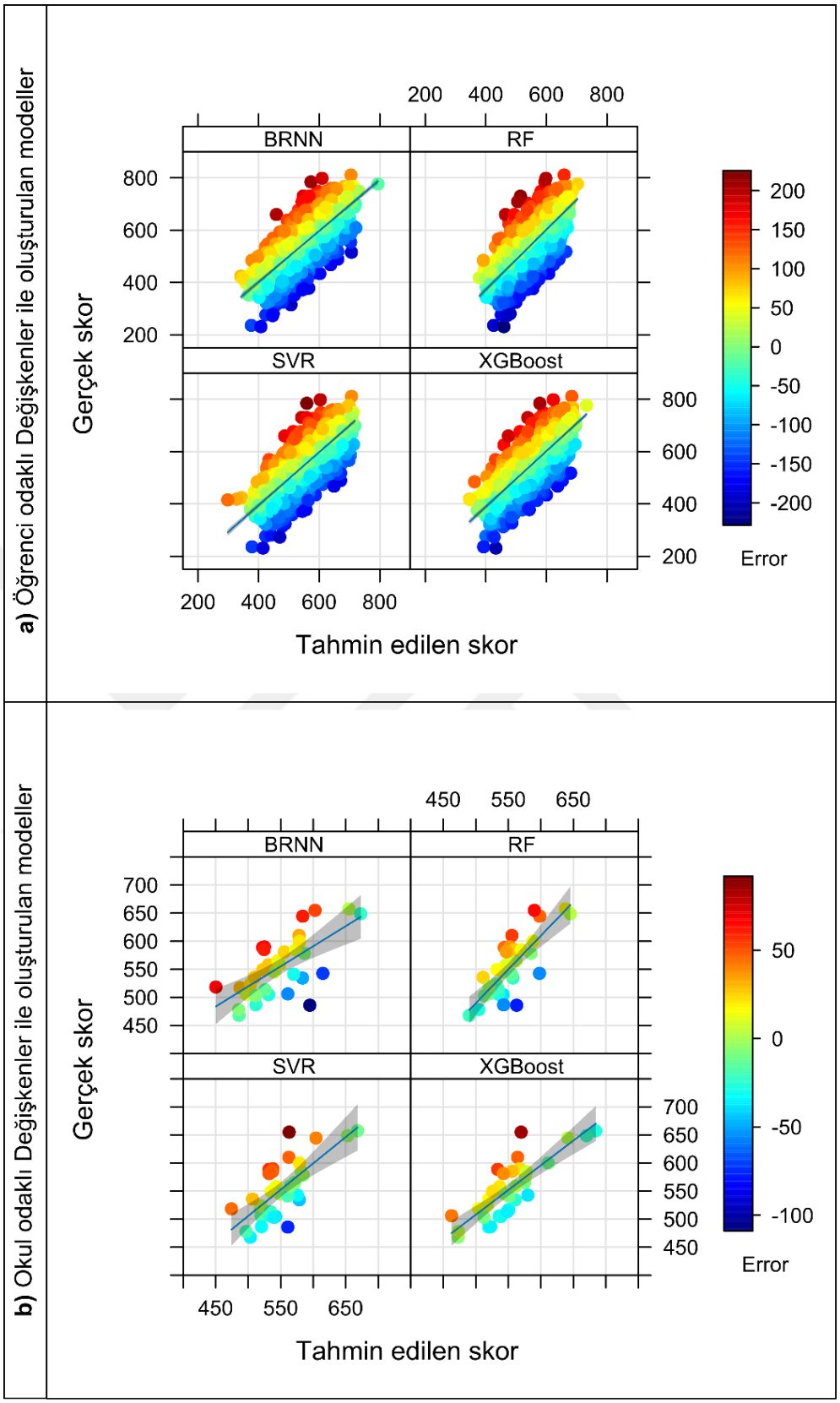
Şekil 7'de verilen çapraz doğrulama diyagramında, öğrenci odaklı değişkenlerde XGBoost algoritması, okul odaklı değişkenlerde eğitim setinde SVR algoritması, test setinde ise XGBoost algoritması diğer algoritmalara göre 2015 PISA Singapur örneklemindeki

Matematik okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 49, Tablo 50 ve Şekil 7a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 90 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 49'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (61.08), en yüksek R^2 (0.60) ve düşük *MAE* (48.31) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 90 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 50'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 61.35, R^2 değeri 0.59 ve *MAE* değeri 48.57 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.73 (güven aralığı 0.70-0.75) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 51, Tablo 52 ve Şekil 7b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 79 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 51'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (37.16), en yüksek R^2 (0.63) ve düşük *MAE* (29.24) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 79 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test verileri süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 52'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 29.84, R^2 değeri 0.68 ve *MAE* değeri 23.69 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre SVR algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.82 (güven aralığı 0.67-0.91) ile görmekteyiz.

2015 PISA Singapur örnekleminde Matematik okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 53'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 54'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 53 ve Tablo 54'te bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 7. 2015 Singapur Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 49. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	61.07908	0.5978255	48.30810	nrounds 598.00000000 max_depth 4.00000000 eta 0.01180156 gamma 2.66351697 colsample_bytree 0.35413650 min_child_weight 4.00000000 subsample 0.26699017
SVR	62.40157	0.5782345	49.29589	sigma 0.002875712 C 0.785505140
BRNN	63.13236	0.5682419	49.85388	neurons 2
RF	63.80209	0.5706555	50.24812	mtry "80" splitrule "extratrees" min.node.size "3"

Tablo 50. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	61.3466	0.5855	48.5735	XGBoost.est 0.7256425 XGBoost.lwr.ci 0.7011830 XGBoost.upr.ci 0.7483961
SVR	62.3446	0.5706	49.4849	SVR.est 0.7231532 SVR.lwr.ci 0.6978920 SVR.upr.ci 0.7466174
BRNN	63.4409	0.5552	50.3221	BRNN.est 0.7184705 BRNN.lwr.ci 0.6923893 BRNN.upr.ci 0.7426766
RF	64.6534	0.5475	50.8792	RF.est 0.6737509 RF.lwr.ci 0.6474920 RF.upr.ci 0.6984118

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 51. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	37.15826	0.6283897	29.24457	sigma 0.004763691 C 1.114028910
XGBoost	38.59934	0.6278791	30.26490	nrounds 615.00000000 max_depth 10.00000000 eta 0.05196725 gamma 8.77506189 colsample_bytree 0.51055840 min_child_weight 10.00000000 subsample 0.85438027
RF	38.79440	0.6168275	30.63203	mtry "28" splitrule "extratrees" min.node.size "8"
BRNN	42.75883	0.5558542	33.85414	neurons 18

Tablo 52. 2015 Singapur Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	29.8360	0.6784	23.6886	XGBoost.est 0.8213803 XGBoost.lwr.ci 0.6704312 XGBoost.upr.ci 0.9070393
RF	32.0878	0.6299	25.7141	RF.est 0.7298520 RF.lwr.ci 0.5651053 RF.upr.ci 0.8386244
SVR	36.0160	0.5158	28.8340	SVR.est 0.6924115 SVR.lwr.ci 0.4812882 SVR.upr.ci 0.8276052
BRNN	40.9954	0.4507	32.8002	BRNN.est 0.6653728 BRNN.lwr.ci 0.4249394 BRNN.upr.ci 0.8181125

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 53. 2015 Singapur Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SMINS	11,621	1	63	ST129Q04TA	0,715	3
2	ST092Q01TA	10,625	1	64	BELONG	0,701	3
3	LMINS	10,175	1	65	ST008Q02TA	0,674	3
4	ST059Q03TA	5,491	1	66	ST019CQ01T	0,606	3
5	LANGN	4,990	1	67	ST034Q04TA	0,601	3
6	ST103Q01NA	4,764	1	68	BMMJ1	0,589	3
7	ESCS	4,304	1	69	ST129Q05TA	0,534	3
8	ST064Q01NA	4,296	1	70	ST078Q02NA	0,495	3
9	HOMEPOS	4,033	1	71	ST011Q16NA	0,493	3
10	ST031Q01NA	3,605	1	72	ST095Q04NA	0,453	3
11	ST092Q02TA	3,419	1	73	ST123Q04NA	0,399	3
12	ST062Q03TA	2,926	1	74	ST022Q01TA	0,390	3
13	ST092Q08NA	2,775	1	75	ST034Q02TA	0,377	3
14	ST001D01T	2,727	1	76	ST034Q05TA	0,373	3
15	ST129Q02TA	2,689	1	77	ST021Q01TA	0,371	3
16	unfairteacher	2,624	1	78	ST034Q06TA	0,360	3
17	ST121Q02NA	2,606	1	79	ST007Q01TA	0,342	3
18	PERFEED	2,573	1	80	ST008Q03TA	0,335	3
19	BFMJ2	2,471	1	81	ST104Q02NA	0,327	3
20	ST076Q10NA	2,427	1	82	ST107Q01NA	0,324	3
21	ST146Q05TA	2,348	1	83	EMOSUPS	0,308	3
22	ST076Q11NA	2,348	1	84	ST100Q04TA	0,245	3
23	EPIST	2,334	1	85	HISCED	0,181	3
24	ST131Q06NA	2,267	1	86	ST082Q01NA	0,133	3
25	ST063Q05NB	2,168	1	87	ST123Q01NA	0,125	3
26	ENVOPT	2,084	1	88	PARED	0,095	3
27	ST082Q13NA	2,081	1	89	ST123Q03NA	0,085	3
28	DISCLISCI	2,059	1	90	ST123Q02NA	0,059	3
29	ST039Q02NA	2,051	1				
30	ST098Q02TA	2,045	1				
31	ST013Q01TA	1,912	2				
32	ST063Q02NA	1,876	2				
33	ST059Q01TA	1,846	2				
34	ST092Q05TA	1,813	2				
35	ST125Q01NA	1,802	2				
36	ST071Q03NA	1,694	2				
37	ST092Q04TA	1,688	2				
38	HEDRES	1,673	2				
39	ST063Q02NB	1,671	2				
40	ST129Q03TA	1,594	2				
41	ST121Q03NA	1,568	2				
42	ST076Q09NA	1,482	2				
43	ST129Q08TA	1,432	2				
44	ST076Q01NA	1,406	2				
45	ST093Q01TA	1,375	2				
46	ST098Q05TA	1,333	2				
47	ST098Q08NA	1,299	2				
48	ST093Q07NA	1,273	2				
49	ENVAWARE	1,254	2				
50	ST146Q03TA	1,225	2				
51	IMMIG	1,081	2				
52	ST104Q05NA	1,061	2				
53	ST095Q13NA	1,060	2				
54	FISCED	1,051	2				
55	ST003D02T	1,009	2				
56	ST063Q01NB	1,007	2				
57	ST071Q01NA	1,003	2				
58	ST094Q02NA	0,999	2				
59	ST038Q08NA	0,871	2				
60	TEACHSUP	0,815	2				
61	ST104Q04NA	0,813	3				
62	ST107Q02NA	0,751	3				

Tablo 54. 2015 Singapur Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC048Q03NA	10,518	1	63	SC061Q04TA	0,233	3
2	TOTAT	8,084	1	64	SC042Q02TA	0,228	3
3	TOTST	6,878	1	65	SC061Q07TA	0,144	3
4	SC012Q06TA	4,929	1	66	SC061Q10TA	0,111	3
5	SCHSIZE	4,316	1	67	CREACTIV	0,110	3
6	SC004Q06NA	4,183	1	68	SC037Q03TA	0,101	3
7	SC025Q02NA	3,979	1	69	SC061Q03TA	0,093	3
8	SC004Q01TA	3,380	1	70	SC037Q08TA	0,088	3
9	SC004Q04NA	3,063	1	71	SC061Q08TA	0,081	3
10	SC019Q03NA01	3,012	1	72	SC061Q06TA	0,072	3
11	SC048Q01NA	2,986	1	73	SC042Q01TA	0,067	3
12	SC018Q01TA02	2,871	1	74	SC037Q04TA	0,055	3
13	SC053Q07TA	2,706	1	75	SC061Q02TA	0,052	3
14	SC064Q04NA	2,383	1	76	SC012Q05TA	0,041	3
15	SC002Q02TA	2,285	1	77	SC061Q01TA	0,029	3
16	STUBEHA	2,227	1	78	SC013Q01TA	0	3
17	SC004Q07NA	1,999	1	79	SCHLTYPE	0	3
18	SC018Q06NA01	1,931	1				
19	PROAT6	1,896	1				
20	PROATCE	1,614	1				
21	SC012Q03TA	1,609	1				
22	PROSTAT	1,536	1				
23	PROAT5AM	1,506	1				
24	PROAT5AB	1,464	1				
25	LEADTCH	1,403	1				
26	STRATIO	1,294	1				
27	SC061Q09TA	1,170	2				
28	LEADPD	1,060	2				
29	RESPRES	1,052	2				
30	SC018Q05NA01	1,034	2				
31	STAFFSHORT	0,864	2				
32	SC019Q02NA01	0,845	2				
33	TEACHBEHA	0,834	2				
34	SC016Q03TA	0,802	2				
35	SCIERES	0,798	2				
36	SC002Q01TA	0,786	2				
37	SC017Q02NA	0,771	2				
38	LEADCOM	0,764	2				
39	SC061Q05TA	0,671	2				
40	EDUSHORT	0,658	2				
41	SCHAUT	0,631	2				
42	SC018Q01TA01	0,623	2				
43	RESPCUR	0,616	2				
44	SC012Q04TA	0,613	2				
45	SC018Q05NA02	0,592	2				
46	SC010Q01TC	0,589	2				
47	SC037Q01TA	0,557	2				
48	SC036Q01TA	0,526	2				
49	SC018Q02TA01	0,520	2				
50	PROSTMAS	0,519	2				
51	SC037Q06NA	0,508	2				
52	SC017Q08NA	0,480	2				
53	SC019Q01NA01	0,448	3				
54	SC012Q02TA	0,436	3				
55	SC017Q01NA	0,420	3				
56	SC036Q03NA	0,383	3				
57	SC037Q10NA	0,372	3				
58	TEACHPART	0,350	3				
59	SC037Q05NA	0,283	3				
60	CLSIZE	0,272	3				
61	SC053Q02TA	0,271	3				
62	SC003Q01TA	0,256	3				

4.1.2.3. Okuma Becerileri

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de ayrıntılı olarak ele alınan veri yapısı ve Ek Tablo 1 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 2 (2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplandırılarak verilen değişkenler kullanılarak ayrı ayrı her kategori için makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) oluşturulmuştur. Kullanılan modellerin eğitim ve test performansına ait detaylı metriklere, tablo miktarının çok olması sebebiyle bu çalışmada yer verilmemiştir. Fakat bir internet veri tabanında bağlantı (Ek Bağlantı Linki-6) olarak sunulmuştur. Bahsi geçen tablolarda, modellerin en uygun hale getirilmiş hiper parametre değerleri ile 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama aşamasında ulaşılan performans metrikleri vardır. Ayrıca, test verileri kullanılarak ulaşılan performans metrikleri de kıyaslamalı olarak verilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci ve okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni kategorilerin (türetilmiş değişkenler kategorisi), modellerin tahmin görece yüksek tahmin yaptığı gözlemlenmiştir. Öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri Tablo 55 ve Tablo 56'da okul odaklı türetilmiş değişkenlerden oluşturulan kategorilerin metrikleri ise Tablo 57 ve Tablo 58'de verilmiştir.

Tablo 55. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	67.66127	0.5480135	53.70811	nrounds 393.00000000 max_depth 7.00000000 eta 0.02489411 gamma 0.76985624 colsample_bytree 0.43358200 min_child_weight 11.00000000 subsample 0.32352956
RF	70.63321	0.5243373	56.34527	mtry "6" splitrule "variance" min.node.size "9"
SVR	70.74831	0.5068758	56.05462	sigma 0.01752051 C 0.30578126
BRNN	73.13702	0.4746853	57.73426	neurons 6

Yukarıda verilen Tablo 55 okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2015 PISA Singapur Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük *RMSE* (67.66), en yüksek R^2 (0.55) ve düşük *MAE* (53.71) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.52, 0.51 ve 0.47 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin okuma becerisi puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 56. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	67.8990	0.5357	53.1499	XGBoost.est 0.6895378 XGBoost.lwr.ci 0.6625157 XGBoost.upr.ci 0.7147674
RF	71.7005	0.4973	56.4817	RF.est 0.6125202 RF.lwr.ci 0.5844275 RF.upr.ci 0.6391464
SVR	71.7104	0.4818	56.0054	SVR.est 0.6435358 SVR.lwr.ci 0.6139312 SVR.upr.ci 0.6713325
BRNN	73.0039	0.4630	57.0646	BRNN.est 0.6376740 BRNN.lwr.ci 0.6069989 BRNN.upr.ci 0.6664518

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 56, Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı türetilmiş değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olduğu görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 67.90, R^2 değeri 0.54 ve MAE değeri 53.15 ile en düşük hata oranı ve en yüksek açıklama gücünü barındırmaktadır. Ek olarak, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.69 (güven aralığı 0.66-0.71) olup, modelin tahminleri gerçek verilerle yüksek bir bağdaşma içinde olduğunu

göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN modelleri daha düşük R^2 değerleri ve daha yüksek RMSE ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 55 ve Tablo 56 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (67.66) ile test setindeki RMSE (67.90) arasında oldukça küçük bir farklılık olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu ve aşırı uyum (overfitting) yapmadığını gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 57. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
RF	43.72276	0.4548678	34.19078	mtry "9" splitrule "maxstat" min.node.size "1"
BRNN	43.83852	0.4746452	36.42304	neurons 1
SVR	44.35725	0.4682075	35.79351	sigma 0.00469211 C 1.77759500
XGBoost	44.95332	0.4256374	34.47623	nrounds 70.0000000 max_depth 3.0000000 eta 0.1241528 gamma 6.0092175 colsample_bytree 0.3586751 min_child_weight 4.0000000 subsample 0.5443823

Tablo 58. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
BRNN	41.8746	0.6817	33.3833	BRNN.est 0.7653628 BRNN.lwr.ci 0.6176099 BRNN.upr.ci 0.8609332
SVR	44.1458	0.6647	33.4465	SVR.est 0.7189928 SVR.lwr.ci 0.5695438 SVR.upr.ci 0.8224254
RF	45.6882	0.6917	34.1539	RF.est 0.6768283 RF.lwr.ci 0.5418821 RF.upr.ci 0.7777535
XGBoost	46.0847	0.5871	35.4779	XGBoost.est 0.7255493 XGBoost.lwr.ci 0.5424629 XGBoost.upr.ci 0.8428374

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri

lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 57 Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2015 PISA Singapur Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine *RMSE*, R^2 ve *MAE* ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında *RMSE* (43.72), R^2 (0.45) ve *MAE* (34.19) değerleri ile RF modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak BRNN, SVR ve XGBoost modellerinin sırasıyla RF modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 58 Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, BRNN modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 41.88, R^2 değeri 0.68 ve MAE değeri 33.38 ile en iyi sonucu vermiştir. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.77 (güven aralığı 0.62-0.86) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın diğer modellerin performans sıralaması sırasıyla SVR, RF, ve BRNN olarak sıralanmıştır.

Tablo 57 ve Tablo 58 birlikte değerlendirildiğinde, eğitim ve test seti performanslarındaki farklar dikkate alınarak, modellerin genelleme yetenekleri ve aşırı uyum (overfitting) eğilimleri analiz edilebilir. RF modelinin eğitim verilerinde yüksek performans göstermesi, ancak test verilerinde daha düşük bir performans sergilemesi, modelin eğitim verilerine gereğinden fazla uyum sağlamış olabileceğini (overfitting) düşündürebilir. Bu durum, makine öğrenme sürecinde, modelin eğitim verilerindeki gürültü veya detayları fazla öğrenip yeni, görülmemiş verilere (test verisi) karşı etkili olamamasına yol açar. Buna karşın, BRNN modelinin test setinde gösterdiği performans, bu modelin daha iyi bir genelleme yeteneğine sahip olabileceğini ve eğitim verilerine aşırı bağımlı kalmadan daha genel bir model oluşturabilmiş olabileceğini gösterir. Özellikle BRNN modelinin test setindeki bu başarısı, okul odaklı değişkenlerle yapılan tahminlerde yüksek doğruluk ve

uyum sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, okul odaklı değişkenlerden türetilen yeni değişkenlerle oluşturulan modellerin etkinliği ve güvenilirliği hakkında önemli bilgiler vermektedir.

Ek Bağlantı Linki-6'da belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2015 PISA Singapur örneklemi Okuma becerileri skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 15 ve Tablo EK Tablo 16'da gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 252 iken okul odaklı değişken sayısı 218 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 15'de görülen 252 öğrenci odaklı değişkenden 99'u 2015 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 5.547 olacaktır. Ek Tablo 16'da görülen 218 okul odaklı değişkenden 78'si 2015 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.333 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 15'de verilen değişkenlerden ilk 99 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Singapur örneklemindeki öğrencilerin Okuma becerileri skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 16'da verilen değişkenlerden ilk 99 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Singapur örneklemindeki okulların Okuma becerileri ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 8a'da öğrenci, Şekil 8b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 59 ve Tablo 60'da öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 61 ve Tablo 62'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

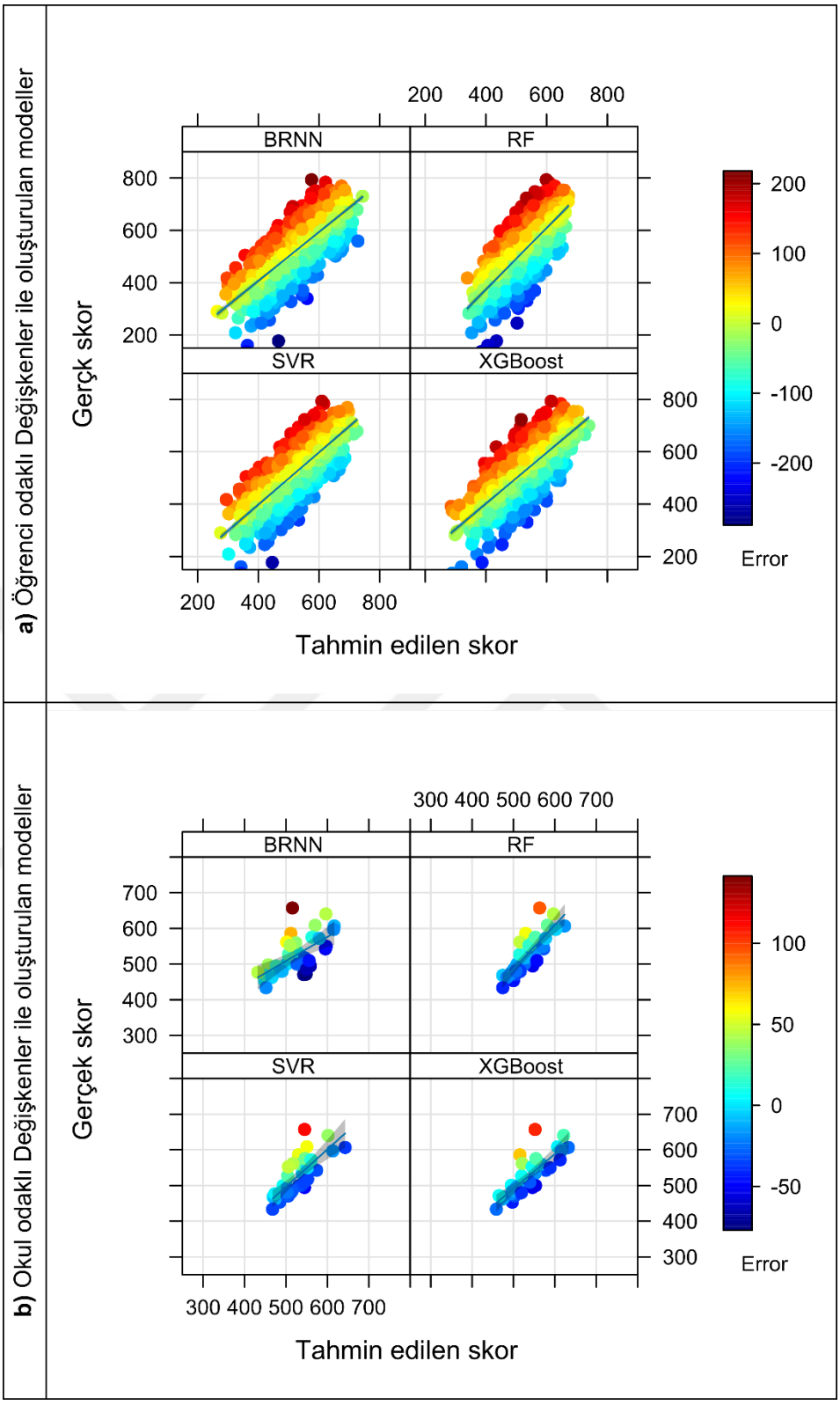
Şekil 8'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı eğitim veri seti bakımından XGBoost algoritması, test veri seti bakımından SVR algoritması, okul odaklı eğitim veri seti bakımından SVR algoritması ve test veri setinde ise RF algoritması diğer algoritmalara göre 2015 PISA Singapur örneklemindeki Okuma becerileri skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 59, Tablo 60 ve Şekil 8a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 99 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 59'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (61.19), en yüksek R^2 (0.63) ve düşük *MAE* (48.82) değeri ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 99 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 60'da verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 60.96, R^2 değeri 0.63 ve *MAE* değeri 48.42 ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.77 (güven aralığı 0.75-0.79) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 61, Tablo 62 ve Şekil 8b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 78 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 61'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (35.47), en yüksek R^2 (0.69) ve düşük *MAE* (27.82) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 78 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 62'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 32.33, R^2 değeri 0.70 ve *MAE* değeri 26.31 ile RF algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre RF algoritması en yüksek

açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.77 (güven aralığı 0.63-0.86) ile görmekteyiz.

2015 PISA Singapur örnekleminde Okuma becerileri alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 63'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 64'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılarak değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 23 ve Tablo 24'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 8. 2015 Singapur Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 59. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	61.19182	0.6308893	48.81644	nrounds 158.0000000 max_depth 5.0000000 eta 0.1114318 gamma 5.5088327 colsample_bytree 0.5062040 min_child_weight 6.0000000 subsample 0.5683023
SVR	61.40664	0.6279161	48.66219	sigma 0.00254934 C 1.07035846
BRNN	64.32432	0.5945483	51.00178	neurons 5
RF	64.92717	0.5985142	51.67839	mtry "39" splitrule "variance" min.node.size "6"

Tablo 60. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
SVR	60.9565	0.6254	48.4167	SVR.est 0.7696299 SVR.lwr.ci 0.7473874 SVR.upr.ci 0.7901492
XGBoost	62.0342	0.6124	49.2434	XGBoost.est 0.7644071 XGBoost.lwr.ci 0.7414755 XGBoost.upr.ci 0.7855550
BRNN	64.3637	0.5851	51.0053	BRNN.est 0.7497765 BRNN.lwr.ci 0.7253510 BRNN.upr.ci 0.7723164
RF	65.9270	0.5750	51.8113	RF.est 0.6906953 RF.lwr.ci 0.6657767 RF.upr.ci 0.7140749

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 61. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	35.46897	0.6900373	27.82365	sigma 0.004840963 C 1.114028910
RF	36.31621	0.6914687	27.97741	mtry "56" splitrule "extratrees" min.node.size "9"
XGBoost	37.80598	0.6528288	28.64464	nrounds 615.00000000 max_depth 10.00000000 eta 0.05196725 gamma 8.77506189 colsample_bytree 0.51055840 min_child_weight 10.00000000 subsample 0.85438027
BRNN	40.85176	0.6188626	33.34108	neurons 1

Tablo 62. 2015 Singapur Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
RF	32.3251	0.6980	26.3063	RF.est 0.7690469 RF.lwr.ci 0.6251835 RF.upr.ci 0.8623683
XGBoost	34.4928	0.6445	27.0248	XGBoost.est 0.7749637 XGBoost.lwr.ci 0.6050729 XGBoost.upr.ci 0.8773549
SVR	36.4610	0.5704	29.5827	SVR.est 0.7165977 SVR.lwr.ci 0.5272337 SVR.upr.ci 0.8381510
BRNN	46.7957	0.3752	36.6011	BRNN.est 0.6096405 BRNN.lwr.ci 0.3443192 BRNN.upr.ci 0.7847872

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 63. 2015 Singapur Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SMINS	10,038	1	63	ST113Q04TA	1,601	2
2	LMINS	8,126	1	64	ST076Q06NA	1,468	2
3	ST092Q01TA	8,047	1	65	BFMJ2	1,423	2
4	ST131Q06NA	7,136	1	66	ST107Q02NA	1,317	2
5	ST064Q01NA	6,582	1	67	ST019CQ01T	1,313	3
6	HOMEPOS	5,973	1	68	ST012Q01TA	1,309	3
7	ST076Q11NA	5,410	1	69	ST071Q01NA	1,269	3
8	ST103Q01NA	5,219	1	70	ST129Q08TA	1,247	3
9	ESCS	4,979	1	71	ST034Q05TA	1,205	3
10	ST013Q01TA	4,365	1	72	EMOSUPS	1,166	3
11	ST059Q03TA	4,363	1	73	ST034Q06TA	1,152	3
12	ST001D01T	4,104	1	74	ST021Q01TA	1,145	3
13	ST092Q02TA	4,086	1	75	ST095Q04NA	1,098	3
14	ST093Q07NA	4,033	1	76	ST104Q05NA	1,061	3
15	ST095Q13NA	4,017	1	77	ST078Q04NA	1,035	3
16	ST082Q12NA	3,998	1	78	ST011Q07TA	1,009	3
17	ST092Q05TA	3,820	1	79	ST100Q02TA	0,999	3
18	TEACHSUP	3,777	1	80	IMMIG	0,966	3
19	ST063Q05NB	3,640	1	81	ST082Q01NA	0,873	3
20	ST039Q02NA	3,622	1	82	ST094Q02NA	0,721	3
21	ST063Q03NA	3,572	1	83	ST103Q08NA	0,653	3
22	ST076Q10NA	3,425	1	84	DURECEC	0,644	3
23	ST123Q04NA	3,411	1	85	ST123Q01NA	0,598	3
24	ST146Q03TA	3,308	1	86	ST123Q03NA	0,583	3
25	CPSVALUE	3,280	1	87	FISCED	0,571	3
26	ST093Q01TA	3,267	1	88	ST146Q04TA	0,550	3
27	ST031Q01NA	3,101	1	89	ST011Q16NA	0,503	3
28	PERFEED	2,946	1	90	ST121Q02NA	0,487	3
29	ST063Q02NA	2,941	1	91	ST062Q03TA	0,473	3
30	LANGN	2,919	1	92	ST097Q04TA	0,449	3
31	ST082Q13NA	2,844	1	93	ST007Q01TA	0,448	3
32	ST107Q01NA	2,823	1	94	HISCED	0,399	3
33	ST129Q02TA	2,814	1	95	ST022Q01TA	0,372	3
34	DISCLISCI	2,809	2	96	ST008Q02TA	0,341	3
35	ENVOPT	2,655	2	97	ST004D01T	0,303	3
36	ST146Q05TA	2,622	2	98	ST076Q09NA	0,255	3
37	ST121Q03NA	2,586	2	99	ST006Q02TA	0,190	3
38	ST095Q07NA	2,585	2				
39	ST071Q03NA	2,564	2				
40	ST098Q02TA	2,532	2				
41	ST098Q08NA	2,466	2				
42	ST092Q04TA	2,461	2				
43	SCIEEFF	2,400	2				
44	ST103Q03NA	2,388	2				
45	unfairteacher	2,388	2				
46	ST064Q03NA	2,360	2				
47	ST093Q06TA	2,334	2				
48	ST113Q02TA	2,326	2				
49	ST092Q08NA	2,298	2				
50	ST092Q09NA	2,220	2				
51	ST038Q08NA	2,199	2				
52	ENVAWARE	2,159	2				
53	ST059Q01TA	2,103	2				
54	EPIST	2,069	2				
55	ST129Q04TA	2,060	2				
56	ST146Q06NA	2,040	2				
57	ST125Q01NA	1,926	2				
58	ST129Q05TA	1,875	2				
59	ST061Q01NA	1,862	2				
60	ST098Q05TA	1,825	2				
61	ST098Q03NA	1,785	2				
62	ST034Q02TA	1,664	2				

Tablo 64. 2015 Singapur Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC048Q03NA	12,675	1	63	SC012Q02TA	0,198	3
2	SC012Q06TA	8,763	1	64	SC061Q01TA	0,165	3
3	TOTST	5,942	1	65	SC061Q07TA	0,164	3
4	SC002Q02TA	5,313	1	66	SC010Q11TB	0,159	3
5	SC004Q01TA	4,809	1	67	SC061Q06TA	0,145	3
6	TOTAT	4,368	1	68	SC037Q10NA	0,127	3
7	SCHSIZE	3,983	1	69	SC052Q02NA	0,121	3
8	SC018Q01TA02	3,795	1	70	SC037Q05NA	0,101	3
9	SC018Q06NA01	3,336	1	71	SC012Q07TA	0,098	3
10	SC019Q02NA01	3,294	1	72	SC061Q10TA	0,064	3
11	SCIERES	3,211	1	73	SC053Q02TA	0,048	3
12	PROATCE	2,774	1	74	SC013Q01TA	0	3
13	SC018Q05NA02	2,548	1	75	SCHLTYPE	0	3
14	SC019Q01NA01	2,288	1	76	SC042Q01TA	0	3
15	SCHAUT	2,275	1	77	SC061Q04TA	0	3
16	SC064Q01TA	2,141	1	78	SC037Q07TA	0	3
17	SC004Q06NA	2,094	1				
18	SC002Q01TA	1,982	1				
19	SC036Q03NA	1,978	1				
20	PROSTAT	1,772	1				
21	LEADTCH	1,664	1				
22	STRATIO	1,611	1				
23	RESPRES	1,568	1				
24	PROAT5AM	1,543	1				
25	STUBEHA	1,507	1				
26	LEADCOM	1,475	1				
27	SC017Q01NA	1,466	2				
28	LEADINST	1,444	2				
29	TEACHBEHA	1,398	2				
30	SC037Q01TA	1,303	2				
31	SC016Q01TA	1,288	2				
32	PROAT5AB	1,250	2				
33	TEACHPART	1,097	2				
34	SC019Q03NA01	1,096	2				
35	SC003Q01TA	1,092	2				
36	SC061Q09TA	0,991	2				
37	RESPCUR	0,912	2				
38	LEADPD	0,909	2				
39	SC012Q04TA	0,871	2				
40	SC018Q01TA01	0,868	2				
41	SC061Q08TA	0,836	2				
42	SC018Q02TA01	0,824	2				
43	PROAT6	0,753	2				
44	CLSIZE	0,647	2				
45	SC016Q03TA	0,623	2				
46	SC018Q05NA01	0,605	2				
47	CREACTIV	0,507	2				
48	SC012Q01TA	0,503	2				
49	SC004Q07NA	0,495	2				
50	SC061Q02TA	0,485	2				
51	SC018Q07NA01	0,469	2				
52	SC012Q03TA	0,447	2				
53	SC010Q01TC	0,426	3				
54	SC012Q05TA	0,383	3				
55	SC061Q05TA	0,311	3				
56	SC037Q08TA	0,301	3				
57	SC037Q04TA	0,229	3				
58	SC037Q09TA	0,218	3				
59	SC061Q03TA	0,211	3				
60	SC036Q01TA	0,211	3				
61	SC042Q02TA	0,209	3				
62	SC037Q06NA	0,205	3				

4.2. 2018 PISA Bulguları

4.2.1. Türkiye Örneklemi

4.2.1.1. Fen Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 3 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 4 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için ayrı ayrı makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-7 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler 5.grup değişkenler kategorisi ve okul odaklı değişkenler için ana değişkenler kategorisi modellerinin tahmin performansının önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsi geçen bu kategoriler için metrikler, öğrenci odaklı değişkenlerin Tablo 65 ve Tablo 66'da, okul odaklı değişkenlerin Tablo 67 ve Tablo 68'de verilmiştir.

Tablo 65. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	62.19811	0.4535959	49.09816	nrounds 885.0000000 max_depth 1.0000000 eta 0.3734054 gamma 2.8710339 colsample_bytree 0.5037036 min_child_weight 11.0000000 subsample 0.3778960
RF	63.15951	0.4400124	50.01078	mtry "12" splitrule "variance" min.node.size "13"
SVR	64.58988	0.4119084	51.18691	sigma 0.008475422 C 0.081904612
BRNN	65.99377	0.3887577	52.15654	neurons 8

Yukarıda verilen Tablo 65 Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. Grup değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı 5. Grup değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2018 PISA Türkiye Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük RMSE (62.20), en yüksek R^2 (0.45) ve düşük MAE (49.10) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.44, 0.41 ve 0.39 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı 5. Grup değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Fen okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 66. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
RF	61.3785	0.4293	48.4402	RF.est 0.5811054 RF.lwr.ci 0.5515415 RF.upr.ci 0.6092113
XGBoost	61.3869	0.4352	48.2862	XGBoost.est 0.6328790 XGBoost.lwr.ci 0.6024313 XGBoost.upr.ci 0.6614874
SVR	63.1347	0.3953	49.7524	SVR.est 0.5530863 SVR.lwr.ci 0.5222152 SVR.upr.ci 0.5825098
BRNN	65.1066	0.3680	51.3132	BRNN.est 0.5740854 BRNN.lwr.ci 0.5405933 BRNN.upr.ci 0.6057606

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 66, öğrenci odaklı 5. Grup değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, RF modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 61.38, R^2 değeri 0.43 ve MAE değeri 48.44 ile en

düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Bunun yanı sıra, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.58 (güven aralığı 0.55-0.61) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, XGBoost, SVR ve BRNN modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile RF'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 65 ve Tablo 66 birlikte değerlendirildiğinde, eğitim ve test seti performanslarındaki farklar dikkate alınarak, modellerin genelleme yetenekleri ve aşırı uyum (overfitting) eğilimleri analiz edilebilir. XGBoost'un modelinin eğitim verilerinde yüksek performans göstermesi, ancak test verilerinde daha düşük bir performans sergilemesi, modelin eğitim verilerine gereğinden fazla uyum sağlamış olabileceğini (overfitting) düşündürebilir. Buna karşın, RF modelinin test setindeki performansı, bu modelin daha iyi bir genelleme yeteneğine sahip olabileceğini ve eğitim verilerine aşırı bağımlı kalmadan daha genel bir model oluşturabilmiş olabileceğini gösterir.

Tablo 67. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	49.03763	0.4497914	40.16040	nrounds 373.00000000 max_depth 8.00000000 eta 0.09742984 gamma 6.22289872 colsample_bytree 0.49886666 min_child_weight 2.00000000 subsample 0.48053078
RF	49.19799	0.4632217	39.54963	mtry "64" splitrule "variance" min.node.size "15"
SVR	51.98756	0.3678188	42.23988	sigma 0.006988041 C 46.762946846
BRNN	57.52622	0.2932143	46.36034	neurons 6

Tablo 68. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	RMSE	R^2	MAE	ρ_c
XGBoost	48.4450	0.4412	38.1954	XGBoost.est 0.6331009 XGBoost.lwr.ci 0.4113227 XGBoost.upr.ci 0.7841076
RF	51.1948	0.4113	39.1214	RF.est 0.5476575 RF.lwr.ci 0.3324410 RF.upr.ci 0.7086605
SVR	51.7624	0.3945	40.4930	SVR.est 0.5389000 SVR.lwr.ci 0.3189569 SVR.upr.ci 0.7037657
BRNN	53.3196	0.3558	43.4553	BRNN.est 0.5578538 BRNN.lwr.ci 0.3118865 BRNN.upr.ci 0.7337439

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 67 okul odaklı ana değişkenlerle RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Ayrıca Tablo 67'de eğitim verileriyle oluşturulan makine öğrenme modellerinin tahmin performans metriklerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı ana değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların Türkiye 2018 PISA Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında RMSE (49.04), R^2 (0.45) ve MAE (40.16) değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 68 Fen kategori sınıflarında okul odaklı ana değişkenlerden oluşturulan modellerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 48.45, R^2 değeri 0.44 ve MAE değeri 38.20 ile en iyi model olmuştur. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.63 (güven aralığı 0.41-0.78) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 67 ve Tablo 68'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (49.04) ile test verisindeki RMSE (48.45) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Ek Bağlantı Linki-7'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2018 PISA Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 17 ve Tablo EK Tablo 18'de gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 369 iken okul odaklı değişken sayısı 163 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 17'de görülen 369 öğrenci odaklı değişkenden 136'sı 2018 PISA Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 4.126 olacaktır. Ek Tablo 18'de görülen 163 okul odaklı değişkenden 68'i 2018 PISA Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.762 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 17'de verilen değişkenlerden ilk 136 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki öğrencilerin Fen okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 18'da verilen değişkenlerden ilk 68 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki okulların Fen okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 9a'da öğrenci, Şekil 9b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 69 ve Tablo 70'de öğrenci odaklı nihai

modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 71 ve Tablo 72'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

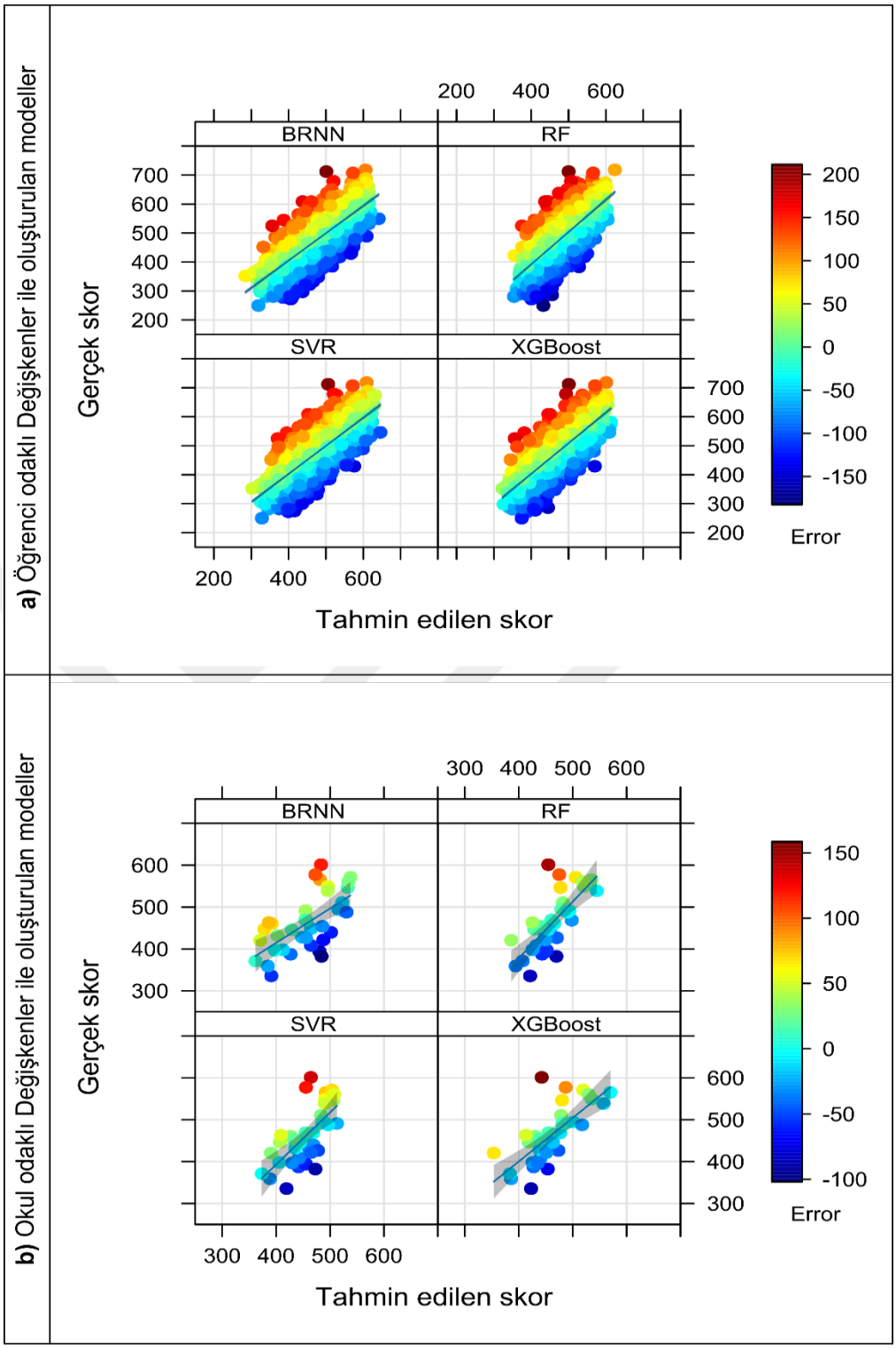
Şekil 9'da verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı değişkenler bakımından SVR algoritması, okul odaklı değişkenler bakımından ise XGBoost algoritması diğer algoritmalara göre 2018 PISA Türkiye örneklemindeki Fen okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 69, Tablo 70 ve Şekil 9a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 136 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 69'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren en düşük RMSE (52.62), en yüksek R^2 (0.61) ve düşük *MAE* (41.77) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 136 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 70'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren RMSE değeri 51.71, R^2 değeri 0.59 ve *MAE* değeri 41.08 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.75 (güven aralığı 0.73-0.77) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 71, Tablo 72 ve Şekil 9b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 68 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 71'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (40.81), en yüksek R^2 (0.60) ve düşük *MAE* (31.51) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 68 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 72'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 46.40, R^2 değeri 0.52 ve

MAE değeri 34.80 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.68 (güven aralığı 0.49-0.81) ile görmekteyiz.

2018 PISA Türkiye örnekleminde Fen okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 73'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 74'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 83 ve Tablo 84'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 9. 2018 Türkiye Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 69. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	52.62397	0.6078660	41.77354	sigma 0.004009842 C 0.545003386
XGBoost	52.94160	0.6115136	41.95249	nrounds 265.00000000 max_depth 6.00000000 eta 0.01697427 gamma 5.69920554 colsample_bytree 0.49387581 min_child_weight 10.00000000 subsample 0.31584849
BRNN	53.00578	0.6022536	42.03377	neurons 2
RF	55.76165	0.5696114	44.27432	mtry "71" splitrule "variance" min.node.size "9"

Tablo 70. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
SVR	51.7120	0.5939	41.0776	SVR.est 0.7509785 SVR.lwr.ci 0.7284719 SVR.upr.ci 0.7718657
XGBoost	51.7257	0.6008	41.0704	XGBoost.est 0.7363633 XGBoost.lwr.ci 0.7139820 XGBoost.upr.ci 0.7572413
BRNN	52.3930	0.5847	41.6584	BRNN.est 0.7481039 BRNN.lwr.ci 0.7251354 BRNN.upr.ci 0.7694097
RF	54.7402	0.5499	43.4396	RF.est 0.6841623 RF.lwr.ci 0.6595524 RF.upr.ci 0.7073069

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 71. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	40.81168	0.5997086	31.51084	nrounds 974.00000000 max_depth 6.00000000 eta 0.07788493 gamma 9.99827642 colsample_bytree 0.30388162 min_child_weight 8.00000000 subsample 0.91190484
SVR	41.19570	0.6287541	31.88558	sigma 0.004600824 C 0.653902949
RF	43.09184	0.5903407	35.45028	mtry "28" splitrule "variance" min.node.size "4"
BRNN	45.26788	0.5480881	35.19731	neurons 1

Tablo 72. 2018 Türkiye Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	46.4003	0.5243	34.7957	XGBoost.est 0.6782240 XGBoost.lwr.ci 0.4853060 XGBoost.upr.ci 0.8081712
RF	47.8443	0.5268	36.3768	RF.est 0.6060286 RF.lwr.ci 0.4300070 RF.upr.ci 0.7376643
SVR	51.0845	0.4467	39.7358	SVR.est 0.5541051 SVR.lwr.ci 0.3569930 SVR.upr.ci 0.7039744
BRNN	52.7444	0.4050	43.7406	BRNN.est 0.6149424 BRNN.lwr.ci 0.3787138 BRNN.upr.ci 0.7759474

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 73. 2018 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST059Q03TA	7,076	1	63	WEALTH	0,713	2
2	ST023Q02TA	5,441	1	64	SOIAICT	0,703	2
3	METASPAM	5,326	1	65	GCAWARE	0,694	2
4	ISCEDD	4,758	1	66	DIRINS	0,693	2
5	ICTCLASS	4,303	1	67	ENTUSE	0,686	2
6	ST013Q01TA	4,221	1	68	ST007Q01TA	0,663	2
7	USESCH	4,189	1	69	ST220Q03HA	0,658	2
8	METASUM	3,832	1	70	ST011Q04TA	0,652	2
9	PISADIFF	3,829	1	71	ST160Q02IA	0,648	2
10	ST189Q01HA	3,784	1	72	BELONG	0,637	2
11	ST023Q01TA	3,622	1	73	ST164Q05IA	0,631	2
12	GCSELFEFF	3,610	1	74	ST182Q03HA	0,627	2
13	ESCS	3,363	1	75	ST196Q05HA	0,626	2
14	ISCEDO	3,101	1	76	ST167Q03IA	0,625	2
15	ST166Q03HA	3,005	1	77	LANGN	0,605	2
16	ST163Q02HA	2,996	1	78	ST225Q01HA	0,583	2
17	INTICT	2,622	1	79	PERFEED	0,581	2
18	ST225Q06HA	2,578	1	80	ST215Q05HA	0,568	2
19	ST023Q03TA	2,363	1	81	ST219Q04HA	0,567	2
20	ST186Q09HA	2,344	1	82	ST223Q08HA	0,557	2
21	ST001D01T	2,203	1	83	ST158Q05HA	0,551	2
22	HISEI	2,167	1	84	ST011Q07TA	0,535	2
23	ST166Q02HA	2,161	1	85	MISCED	0,529	2
24	ST207Q01HA	2,129	1	86	FISCED_D	0,503	2
25	ST154Q01HA	1,956	1	87	ST165Q02IA	0,444	2
26	ST207Q05HA	1,877	1	88	MISCED_D	0,438	2
27	MASTGOAL	1,872	1	89	ST097Q03TA	0,434	2
28	ST204Q03HA	1,849	1	90	ST008Q03TA	0,420	2
29	HOMESCH	1,794	1	91	ST038Q05NA	0,399	3
30	ST060Q01NA	1,724	1	92	ST161Q01HA	0,394	3
31	ST197Q01HA	1,604	1	93	ST177Q02HA	0,394	3
32	ST016Q01NA	1,476	1	94	ST038Q06NA	0,385	3
33	ST165Q04IA	1,350	1	95	ST038Q07NA	0,381	3
34	ST153Q01HA	1,287	1	96	ST218Q07HA	0,380	3
35	ST225Q03HA	1,284	1	97	EMOSUPS	0,372	3
36	ST012Q06NA	1,263	1	98	ST036Q08TA	0,350	3
37	ATTIMM	1,224	1	99	ST213Q02HA	0,282	3
38	DISCRIM	1,223	1	100	ST160Q04IA	0,278	3
39	ST196Q03HA	1,210	1	101	ST034Q05TA	0,268	3
40	ST182Q06HA	1,172	1	102	DURECEC	0,260	3
41	ST153Q06HA	1,168	1	103	ST097Q02TA	0,254	3
42	ST012Q05NA	1,156	1	104	ST062Q02TA	0,233	3
43	ST207Q03HA	1,091	1	105	ST062Q01TA	0,232	3
44	ST176Q02IA	1,053	1	106	ST217Q03HA	0,232	3
45	AWACOM	1,015	1	107	ST158Q07HA	0,229	3
46	WORKMAST	0,994	2	108	ST062Q03TA	0,229	3
47	ST102Q03TA	0,991	2	109	ST038Q08NA	0,228	3
48	ICTHOME	0,924	2	110	ST164Q04IA	0,224	3
49	ST126Q01TA	0,924	2	111	ST204Q02HA	0,222	3
50	ST059Q04HA	0,903	2	112	ST123Q02NA	0,209	3
51	SCREADDIFF	0,897	2	113	TEACHSUP	0,207	3
52	ST177Q01HA	0,865	2	114	ST097Q01TA	0,202	3
53	ST196Q04HA	0,849	2	115	ST038Q04NA	0,202	3
54	ST158Q01HA	0,833	2	116	ST104Q03NA	0,197	3
55	ST196Q02HA	0,804	2	117	ST100Q02TA	0,194	3
56	DISCLIMA	0,772	2	118	ST212Q01HA	0,182	3
57	ST161Q07HA	0,760	2	119	ST011Q08TA	0,165	3
58	JOYREAD	0,754	2	120	ST034Q01TA	0,159	3
59	ST152Q05IA	0,750	2	121	ST196Q06HA	0,147	3
60	ST166Q05HA	0,747	2	122	ST005Q01TA	0,146	3
61	ST208Q04HA	0,739	2	123	ST100Q01TA	0,136	3
62	ST011Q05TA	0,729	2	124	ST182Q05HA	0,127	3

Tablo 73. 2018 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
125	ST100Q04TA	0,117	3				
126	ST123Q04NA	0,103	3				
127	ST097Q05TA	0,103	3				
128	ST104Q04NA	0,098	3				
129	ST034Q06TA	0,087	3				
130	ST034Q03TA	0,083	3				
131	ST104Q02NA	0,077	3				
132	ST225Q02HA	0,077	3				
133	ST186Q05HA	0,073	3				
134	ST158Q04HA	0,072	3				
135	ST100Q03TA	0,068	3				
136	ST011Q16NA	0,066	3				

Tablo 74. 2018 Türkiye Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	W_FSTUWT_SCH_SUM	7,311	1	63	SC017Q08NA	0,176	3
2	W_SCHGRNRABWT	6,855	1	64	SC061Q07TA	0,115	3
3	SC001Q01TA	6,632	1	65	SC052Q01NA	0,072	3
4	STUBEHA	6,474	1	66	SC037Q09TA	0,062	3
5	SC048Q02NA	5,791	1	67	SC012Q04TA	0,047	3
6	SC012Q06TA	5,650	1	68	SC053Q02TA	0	3
7	SC164Q01HA	5,470	1				
8	SC012Q01TA	5,112	1				
9	SC037Q08TA	4,640	1				
10	SC061Q02TA	4,586	1				
11	SC064Q01TA	4,569	1				
12	SC002Q01TA	4,178	1				
13	SC048Q03NA	3,802	1				
14	SC002Q02TA	3,343	1				
15	CREACTIV	3,324	1				
16	SCHSIZE	2,989	1				
17	SC061Q05TA	2,551	1				
18	SC004Q01TA	2,479	1				
19	SC064Q03TA	2,464	1				
20	SC004Q02TA	2,127	1				
21	SENWT	1,820	1				
22	SC018Q06NA01	1,808	1				
23	SC037Q04TA	1,796	2				
24	SC017Q01NA	1,714	2				
25	SC017Q03NA	1,425	2				
26	SC016Q01TA	1,396	2				
27	SC016Q04TA	1,394	2				
28	STAFFSHORT	1,380	2				
29	SC042Q01TA	1,326	2				
30	SC053Q03TA	1,322	2				
31	TEACHBEHA	1,306	2				
32	SC037Q10NA	1,045	2				
33	SC012Q02TA	1,004	2				
34	SC004Q03TA	0,898	2				
35	SC048Q01NA	0,872	2				
36	SC004Q04NA	0,787	2				
37	SC061Q06TA	0,755	2				
38	SC003Q01TA	0,752	2				
39	SC053Q09TA	0,734	2				
40	CLSIZE	0,731	2				
41	SC012Q03TA	0,725	2				
42	SC012Q05TA	0,688	2				
43	SC012Q07TA	0,660	2				
44	EDUSHORT	0,647	2				
45	SC037Q03TA	0,573	2				
46	SC052Q02NA	0,540	3				
47	SC037Q02TA	0,528	3				
48	SC016Q03TA	0,452	3				
49	SC037Q07TA	0,449	3				
50	SC042Q02TA	0,438	3				
51	SC162Q01SA	0,377	3				
52	SC017Q05NA	0,371	3				
53	SC061Q01TA	0,366	3				
54	SC061Q10TA	0,321	3				
55	SC061Q08TA	0,301	3				
56	SC061Q09TA	0,265	3				
57	SC053Q01TA	0,255	3				
58	SC017Q04NA	0,252	3				
59	SC036Q03NA	0,236	3				
60	SC017Q02NA	0,202	3				
61	SC017Q07NA	0,187	3				
62	SC017Q06NA	0,180	3				

4.2.1.2. Matematik Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 3 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 4 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için ayrı ayrı makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-8 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler kategorisiz 5.grup değişkenler kategorisi ve okul odaklı değişkenler için kategorisiz ana değişkenler kategorisi modellerinin tahmin performansının önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsi geçen bu kategoriler için metrikler, öğrenci odaklı değişkenlerin Tablo 75 ve Tablo 76'da, okul odaklı değişkenlerin Tablo 77 ve Tablo 78'de verilmiştir.

Tablo 75. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	67.51642	0.4128376	53.51531	nrounds 533.0000000 max_depth 6.0000000 eta 0.0224117 gamma 7.2828749 colsample_bytree 0.6868257 min_child_weight 8.0000000 subsample 0.7526177
RF	68.81961	0.3939704	54.90562	mtry "12" splitrule "variance" min.node.size "15"
SVR	69.34079	0.3801374	55.22751	sigma 0.01680709 C 0.25873107
BRNN	70.76120	0.3581213	56.13076	neurons 6

Yukarıda verilen Tablo 75 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2018 PISA Türkiye Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük RMSE (67.52), en yüksek R^2 (0.41) ve düşük MAE (53.52) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.39, 0.38 ve 0.36 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Matematik okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 76. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	64.7761	0.4259	51.2323	XGBoost.est 0.6017938 XGBoost.lwr.ci 0.5714657 XGBoost.upr.ci 0.6304802
RF	66.5895	0.3974	52.7691	RF.est 0.5404097 RF.lwr.ci 0.5101362 RF.upr.ci 0.5693458
SVR	67.2029	0.3821	52.5904	SVR.est 0.5502919 SVR.lwr.ci 0.5186435 SVR.upr.ci 0.5804344
BRNN	69.0856	0.3506	54.0781	BRNN.est 0.5412360 BRNN.lwr.ci 0.5076605 BRNN.upr.ci 0.5731700

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 76, öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 64.78, R^2 değeri 0.43 ve MAE değeri 51.23 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Bunun yanı sıra, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.60 (güven aralığı 0.57-0.63) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN

modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 75 ve Tablo 76 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (67.52) ile test setindeki RMSE (64.78) arasında oldukça küçük bir farklılık olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu ve aşırı uyum (overfitting) yapmadığını gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 77. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	51.77728	0.4627260	41.06674	nrounds 646.00000000 max_depth 4.00000000 eta 0.02482713 gamma 4.41530376 colsample_bytree 0.55010602 min_child_weight 9.00000000 subsample 0.76518703
RF	52.64767	0.4627920	40.59387	mtry "76" splitrule "variance" min.node.size "2"
SVR	56.64297	0.3868372	46.54358	sigma 0.0100854 C 127.7529790
BRNN	65.86483	0.2242522	52.86304	neurons 16

Tablo 78. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	48.0968	0.4923	38.6188	XGBoost.est 0.6749185 XGBoost.lwr.ci 0.4644869 XGBoost.upr.ci 0.8132072
RF	54.6513	0.3480	41.8365	RF.est 0.5398619 RF.lwr.ci 0.2955489 RF.upr.ci 0.7178940
SVR	54.9276	0.3186	43.0205	SVR.est 0.4603910 SVR.lwr.ci 0.2360391 SVR.upr.ci 0.6381458
BRNN	56.1812	0.3146	45.3254	BRNN.est 0.5349936 BRNN.lwr.ci 0.2743857 BRNN.upr.ci 0.7223921

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri

lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 77 okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerle RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Ayrıca Tablo 77'de eğitim verileriyle oluşturulan makine öğrenme modellerinin tahmin performans metriklerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2018 PISA Türkiye Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında RMSE (51.78), R^2 (0.46) ve MAE (41.07) değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 78 Matematik kategori sınıflarında okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerden oluşturulan modellerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 48.10, R^2 değeri 0.49 ve MAE değeri 38.62 ile en iyi model olmuştur. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.67 (güven aralığı 0.46-0.81) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 77 ve Tablo 78'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (51.78) ile test verisindeki RMSE (48.10) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Ek Bağlantı Linki-8'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi

kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2018 PISA Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 17 ve Tablo EK Tablo 18'de gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 369 iken okul odaklı değişken sayısı 163 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 19'da görülen 369 öğrenci odaklı değişkenden 131'i 2018 PISA Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 4.164 olacaktır. Ek Tablo 20'de görülen 163 okul odaklı değişkenden 75'i 2018 PISA Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.5721 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 19'da verilen değişkenlerden ilk 131 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki öğrencilerin Matematik okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 20'de verilen değişkenlerden ilk 75 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki okulların Matematik okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 10a'da öğrenci, Şekil 10b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 79 ve Tablo 80'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 81 ve Tablo 82'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

Şekil 10'da verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı değişkenler bakımından SVR algoritması, okul odaklı değişkenlerin eğitim setinde SVR algoritması, test setinde ise XGBoost algoritması diğer algoritmalara göre 2018 PISA Türkiye örneklemindeki Matematik okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

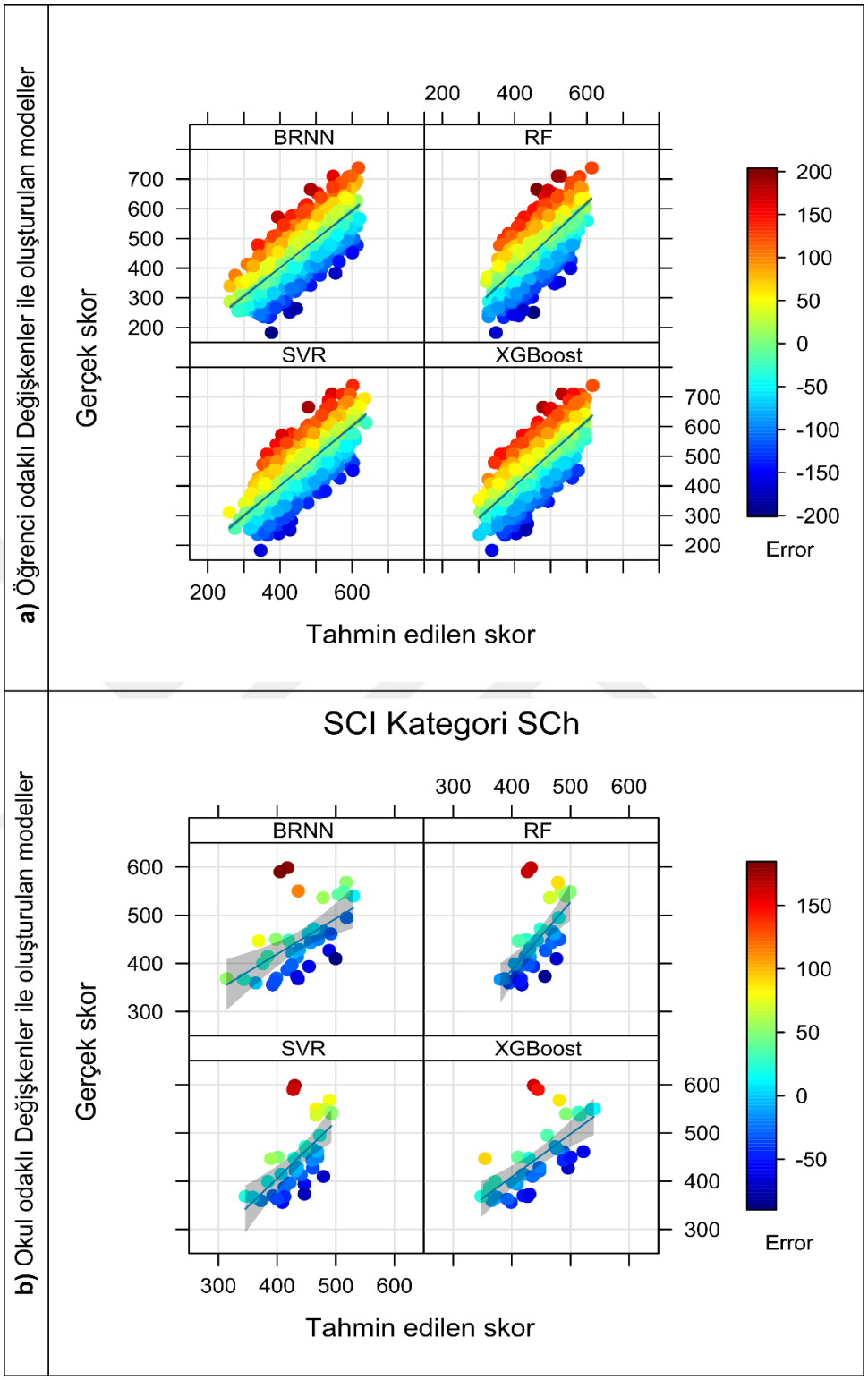
Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 79, Tablo 80 ve Şekil 10a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 131 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve

10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 79'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren en düşük RMSE (57.27), en yüksek R^2 (0.58) ve düşük *MAE* (45.24) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 131 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 80'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren RMSE değeri 54.36, R^2 değeri 0.60 ve *MAE* değeri 43.46 ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre SVR algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.75 (güven aralığı 0.72-0.77) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 81, Tablo 82 ve Şekil 10b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 75 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 81'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (46.24), en yüksek R^2 (0.58) ve düşük *MAE* (36.63) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 75 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 82'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 52.67, R^2 değeri 0.45 ve *MAE* değeri 38.71 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.64 (güven aralığı 0.42-0.79) ile görmekteyiz.

2018 PISA Türkiye örnekleminde Matematik okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 83'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 84'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de

alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 83 ve Tablo 84'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 10. 2018 Türkiye Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 79. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	57.26888	0.5769787	45.24303	sigma 0.004155448 C 0.545003386
XGBoost	57.42275	0.5832285	45.50677	nrounds 265.00000000 max_depth 6.00000000 eta 0.01697427 gamma 5.69920554 colsample_bytree 0.49387581 min_child_weight 10.00000000 subsample 0.31584849
BRNN	58.67891	0.5568413	46.34330	neurons 3
RF	60.30004	0.5388481	47.91568	mtry "67" splitrule "variance" min.node.size "12"

Tablo 80. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
SVR	54.3566	0.5957	43.4630	SVR.est 0.7449914 SVR.lwr.ci 0.7225478 SVR.upr.ci 0.7658663
XGBoost	55.1908	0.5907	43.9343	XGBoost.est 0.7211168 XGBoost.lwr.ci 0.6983115 XGBoost.upr.ci 0.7424596
BRNN	55.4449	0.5803	44.4666	BRNN.est 0.7416437 BRNN.lwr.ci 0.7184336 BRNN.upr.ci 0.7632043
RF	58.4389	0.5406	46.6006	RF.est 0.6704724 RF.lwr.ci 0.6455010 RF.upr.ci 0.6940118

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 81. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	46.23720	0.5817401	36.63434	sigma 0.005234385 C 0.983376788
XGBoost	46.70852	0.5486353	37.82859	nrounds 441.0000000 max_depth 5.0000000 eta 0.1198027 gamma 7.3615608 colsample_bytree 0.6383180 min_child_weight 16.0000000 subsample 0.8315674
RF	49.44170	0.5736090	39.51317	mtry "17" splitrule "extratrees" min.node.size "8"
BRNN	50.28916	0.5092395	41.30832	neurons 11

Tablo 82. 2018 Türkiye Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	52.6670	0.4496	38.7054	XGBoost.est 0.6429282 XGBoost.lwr.ci 0.4221313 XGBoost.upr.ci 0.7917170
RF	55.6528	0.4114	41.0428	RF.est 0.4829589 RF.lwr.ci 0.2955200 RF.upr.ci 0.6345930
SVR	56.2461	0.3980	41.7941	SVR.est 0.5142546 SVR.lwr.ci 0.3059831 SVR.upr.ci 0.6755521
BRNN	61.2457	0.2976	44.9753	BRNN.est 0.5159350 BRNN.lwr.ci 0.2522849 BRNN.upr.ci 0.7082765

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 83. 2018 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST059Q03TA	7,060	1	63	ST008Q02TA	0,808	2
2	ST023Q01TA	6,012	1	64	BELONG	0,805	2
3	ST023Q02TA	5,516	1	65	ST220Q03HA	0,799	2
4	ST013Q01TA	5,043	1	66	ST164Q05IA	0,775	2
5	ST004D01T	5,024	1	67	ST126Q01TA	0,756	2
6	ISCEDO	4,762	1	68	ST164Q01IA	0,743	2
7	METASPAM	4,568	1	69	ST097Q03TA	0,716	2
8	ICTCLASS	4,340	1	70	ST163Q04HA	0,715	2
9	ST189Q01HA	3,848	1	71	FISCED	0,712	2
10	ESCS	3,765	1	72	MISCED	0,690	2
11	PISADIFF	3,693	1	73	ST222Q08HA	0,687	2
12	METASUM	3,657	1	74	ST011Q07TA	0,649	2
13	ST023Q03TA	3,516	1	75	ST158Q01HA	0,633	2
14	USESCH	3,479	1	76	ST011Q05TA	0,629	2
15	REPEAT	3,132	1	77	ST182Q03HA	0,597	2
16	ST154Q01HA	2,987	1	78	ST012Q06NA	0,596	2
17	ST166Q03HA	2,987	1	79	ST182Q06HA	0,589	2
18	ST060Q01NA	2,514	1	80	ST219Q04HA	0,576	2
19	ST225Q06HA	2,339	1	81	DURECEC	0,557	2
20	HOMESCH	2,318	1	82	ST222Q09HA	0,555	2
21	HISEI	2,224	1	83	ST161Q07HA	0,553	2
22	ST160Q02IA	2,189	1	84	SCREADCOMP	0,538	2
23	INTICT	2,148	1	85	ST196Q05HA	0,534	2
24	GCSELFEFF	2,111	1	86	ST161Q01HA	0,512	2
25	ST007Q01TA	2,075	1	87	ST158Q05HA	0,473	2
26	ST207Q01HA	2,001	1	88	ST005Q01TA	0,470	2
27	ISCEDD	1,926	1	89	ST097Q02TA	0,454	3
28	MASTGOAL	1,824	1	90	ST218Q07HA	0,444	3
29	ST166Q02HA	1,820	1	91	ST196Q04HA	0,417	3
30	ST175Q01IA	1,723	1	92	WORKMAST	0,415	3
31	ST163Q02HA	1,712	1	93	ST164Q04IA	0,400	3
32	ST186Q09HA	1,710	1	94	ST104Q02NA	0,398	3
33	ST001D01T	1,704	1	95	HISCED	0,385	3
34	PERCOOP	1,631	1	96	ST125Q01NA	0,376	3
35	ST153Q01HA	1,555	1	97	ST034Q05TA	0,375	3
36	AWACOM	1,516	1	98	ST062Q02TA	0,368	3
37	ICTHOME	1,431	1	99	ST097Q01TA	0,355	3
38	DISCLIMA	1,363	1	100	ST152Q05IA	0,354	3
39	ST225Q03HA	1,352	1	101	ST168Q01HA	0,350	3
40	ST166Q05HA	1,327	1	102	ST036Q05TA	0,345	3
41	ST196Q02HA	1,321	1	103	ST213Q02HA	0,329	3
42	ST102Q03TA	1,279	1	104	ST034Q01TA	0,322	3
43	ENTUSE	1,267	1	105	ST212Q01HA	0,318	3
44	ST197Q01HA	1,208	1	106	EMOSUPS	0,293	3
45	ST196Q03HA	1,137	2	107	PARED	0,272	3
46	GLOBMIND	1,137	2	108	ST165Q04IA	0,263	3
47	DIRINS	1,054	2	109	ST182Q05HA	0,256	3
48	ST153Q06HA	1,049	2	110	ST062Q03TA	0,239	3
49	DISCRIM	1,045	2	111	ST038Q06NA	0,236	3
50	ST016Q01NA	1,032	2	112	ST062Q01TA	0,218	3
51	ST204Q03HA	1,018	2	113	FISCED_D	0,208	3
52	ATTIMM	0,953	2	114	ST160Q04IA	0,208	3
53	ST012Q05NA	0,941	2	115	ST100Q03TA	0,197	3
54	SOIAICT	0,912	2	116	ST036Q08TA	0,193	3
55	PERCOMP	0,899	2	117	ST034Q06TA	0,183	3
56	ST165Q02IA	0,897	2	118	ST038Q07NA	0,176	3
57	ST165Q03IA	0,890	2	119	ST104Q03NA	0,173	3
58	ST208Q04HA	0,872	2	120	ST158Q04HA	0,161	3
59	ATTLNACT	0,867	2	121	ST100Q01TA	0,148	3
60	ST167Q03IA	0,856	2	122	ST011Q16NA	0,120	3
61	ST177Q01HA	0,855	2	123	ST038Q04NA	0,118	3
62	ST176Q02IA	0,817	2	124	ST225Q02HA	0,117	3

Tablo 83. 2018 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
125	ST038Q05NA	0,111	3				
126	ST097Q05TA	0,107	3				
127	ST123Q04NA	0,104	3				
128	ST123Q02NA	0,093	3				
129	ST158Q07HA	0,079	3				
130	ST011Q08TA	0,074	3				
131	ST022Q01TA	0,018	3				

Tablo 84. 2018 Türkiye Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SENWT	16,226	1	63	SC037Q03TA	0,284	3
2	SC164Q01HA	8,855	1	64	SC061Q03TA	0,274	3
3	STUBEHA	7,893	1	65	SC061Q01TA	0,266	3
4	SC002Q01TA	7,792	1	66	SC053Q03TA	0,265	3
5	SC001Q01TA	7,518	1	67	SC017Q05NA	0,262	3
6	SC012Q06TA	6,995	1	68	SC017Q08NA	0,225	3
7	SC048Q03NA	6,792	1	69	SC042Q02TA	0,217	3
8	SC048Q02NA	6,255	1	70	SC036Q03NA	0,205	3
9	W_FSTUWT_SCH_SUM	5,772	1	71	SC012Q04TA	0,192	3
10	SCHSIZE	5,342	1	72	SC037Q05NA	0,125	3
11	SC061Q02TA	4,244	1	73	SC012Q01TA	0,102	3
12	SC037Q08TA	4,010	1	74	SC017Q01NA	0,031	3
13	SC037Q07TA	3,695	1	75	SC037Q06NA	0	3
14	SC004Q02TA	3,530	1				
15	CREACTIV	3,451	1				
16	SC003Q01TA	3,166	1				
17	EDUSHORT	3,024	1				
18	SC018Q05NA01	2,954	1				
19	SC037Q02TA	2,935	1				
20	SC064Q03TA	2,788	1				
21	SC064Q01TA	2,774	1				
22	SC004Q01TA	2,734	1				
23	SC012Q07TA	2,711	1				
24	SC018Q02TA01	2,363	1				
25	SC048Q01NA	2,256	1				
26	SC004Q04NA	2,217	2				
27	SC061Q10TA	2,189	2				
28	SC037Q04TA	2,137	2				
29	SC061Q08TA	2,086	2				
30	SC016Q04TA	2,051	2				
31	SC042Q01TA	2,024	2				
32	SC025Q01NA	1,969	2				
33	SC017Q03NA	1,967	2				
34	SC012Q05TA	1,801	2				
35	SC018Q06NA01	1,720	2				
36	STAFFSHORT	1,593	2				
37	SC016Q03TA	1,587	2				
38	SC061Q06TA	1,585	2				
39	SC052Q01NA	1,407	2				
40	SC053Q09TA	1,392	2				
41	SC017Q02NA	1,191	2				
42	SC004Q03TA	1,096	2				
43	SC012Q03TA	1,048	2				
44	SC016Q01TA	0,998	2				
45	SC052Q02NA	0,961	2				
46	SC037Q09TA	0,953	2				
47	SC012Q02TA	0,808	2				
48	TEACHBEHA	0,804	2				
49	W_SCHGRNRABWT	0,719	2				
50	SC162Q01SA	0,660	2				
51	CLSIZE	0,587	3				
52	SC037Q01TA	0,583	3				
53	SC017Q07NA	0,582	3				
54	SC061Q07TA	0,560	3				
55	SC053Q02TA	0,558	3				
56	SC061Q11HA	0,556	3				
57	SC037Q10NA	0,507	3				
58	SC061Q09TA	0,506	3				
59	SC061Q05TA	0,493	3				
60	SC017Q06NA	0,346	3				
61	SC053Q01TA	0,329	3				
62	SC017Q04NA	0,286	3				

4.2.1.3. Okuma Becerileri

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 3 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 4 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için ayrı ayrı makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-9 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler kategorisiz 5.grup değişkenler kategorisi ve okul odaklı değişkenler için kategorisiz ana değişkenler kategorisi modellerinin tahmin performansının önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsi geçen bu kategoriler için metrikler, öğrenci odaklı değişkenlerin Tablo 85 ve Tablo 86'da, okul odaklı değişkenlerin Tablo 87 ve Tablo 88'de verilmiştir.

Tablo 85. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	62.07049	0.5054492	49.53002	nrounds 649.00000000 max_depth 4.00000000 eta 0.02344966 gamma 9.74071463 colsample_bytree 0.41193016 min_child_weight 17.00000000 subsample 0.56717918
RF	65.00535	0.4594350	51.61063	mtry "37" splitrule "variance" min.node.size "15"
SVR	65.22046	0.4555067	51.82154	sigma 0.007280933 C 2.534601037
BRNN	65.86246	0.4469177	52.29785	neurons 8

Yukarıda verilen Tablo 85 Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2018 PISA Türkiye Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük RMSE (62.07), en yüksek R^2 (0.51) ve düşük MAE (49.53) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.46, 0.46 ve 0.45 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Okuma becerileri puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 86. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 5. grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	59.3181	0.5211	46.8019	XGBoost.est 0.6847694 XGBoost.lwr.ci 0.6586423 XGBoost.upr.ci 0.7092472
RF	62.1129	0.4774	49.2813	RF.est 0.6280743 RF.lwr.ci 0.6002734 RF.upr.ci 0.6543593
SVR	62.4244	0.4713	48.9671	SVR.est 0.6532174 SVR.lwr.ci 0.6246401 SVR.upr.ci 0.6800474
BRNN	64.2672	0.4418	51.0447	BRNN.est 0.6320830 BRNN.lwr.ci 0.6020729 BRNN.upr.ci 0.6603097

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 86, öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 59.32, R^2 değeri 0.52 ve MAE değeri 46.80 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Bunun yanı sıra, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.68 (güven aralığı 0.66-0.71) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN

modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 85 ve Tablo 86'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (62.07) ile test verisindeki RMSE (59.32) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Tablo 87. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	51.37833	0.4779189	40.43455	nrounds 5.330000e+02 max_depth 1.000000e+01 eta 7.303588e-03 gamma 8.975563e+00 colsample_bytree 5.872901e-01 min_child_weight 1.900000e+01 subsample 7.293912e-01
RF	51.72841	0.4571593	41.36943	mtry "59" splitrule "variance" min.node.size "7"
SVR	54.36573	0.3849838	45.08909	sigma 0.008194682 C 7.974732839
BRNN	58.95882	0.2855837	48.42629	neurons 1

Tablo 88. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	49.4241	0.4904	37.5025	XGBoost.est 0.6389932 XGBoost.lwr.ci 0.4392807 XGBoost.upr.ci 0.7785197
RF	55.2702	0.3995	41.2499	RF.est 0.5420812 RF.lwr.ci 0.3228016 RF.upr.ci 0.7061311
SVR	58.1972	0.3373	44.9175	SVR.est 0.4707299 SVR.lwr.ci 0.2482930 SVR.upr.ci 0.6460111
BRNN	58.6346	0.3292	46.7110	BRNN.est 0.5309781 BRNN.lwr.ci 0.2792125 BRNN.upr.ci 0.7144352

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri

lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 87 okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerle RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Ayrıca Tablo 87'de eğitim verileriyle oluşturulan makine öğrenme modellerinin tahmin performans metriklerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı ana değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2018 PISA Türkiye Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında RMSE (51.38), R^2 (0.48) ve MAE (40.43) değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 88 Okuma kategori sınıflarında okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerden oluşturulan modellerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 49.42, R^2 değeri 0.49 ve MAE değeri 37.50 ile en iyi model olmuştur. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.64 (güven aralığı 0.44-0.78) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 87 ve Tablo 88'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (51.38) ile test verisindeki RMSE (49.42) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Ek Bağlantı Linki-9'da belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans

metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2018 PISA Türkiye örneklemi Okuma becerileri skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 21 ve Tablo EK Tablo 22'de gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 369 iken okul odaklı değişken sayısı 163 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 21'de görülen 369 öğrenci odaklı değişkenden 144'ü 2018 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 3.883 olacaktır. Ek Tablo 22'de görülen 163 okul odaklı değişkenden 67'si 2018 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.6613 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 21'de verilen değişkenlerden ilk 144 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki öğrencilerin Okuma becerileri skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 22'de verilen değişkenlerden ilk 67 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Türkiye örneklemindeki okulların Okuma becerileri ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 11a'da öğrenci, Şekil 11b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 89 ve Tablo 90'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 91 ve Tablo 92'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

Şekil 11'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı değişkenlerin eğitim setindeki performansına göre XGBoost algoritması, test veri setindeki performansında ise SVR algoritması; okul odaklı değişkenlerin eğitim setinde XGBoost algoritması, test setinde ise SVR algoritması diğer algoritmalara göre 2018 PISA Türkiye örneklemindeki Okuma becerileri skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

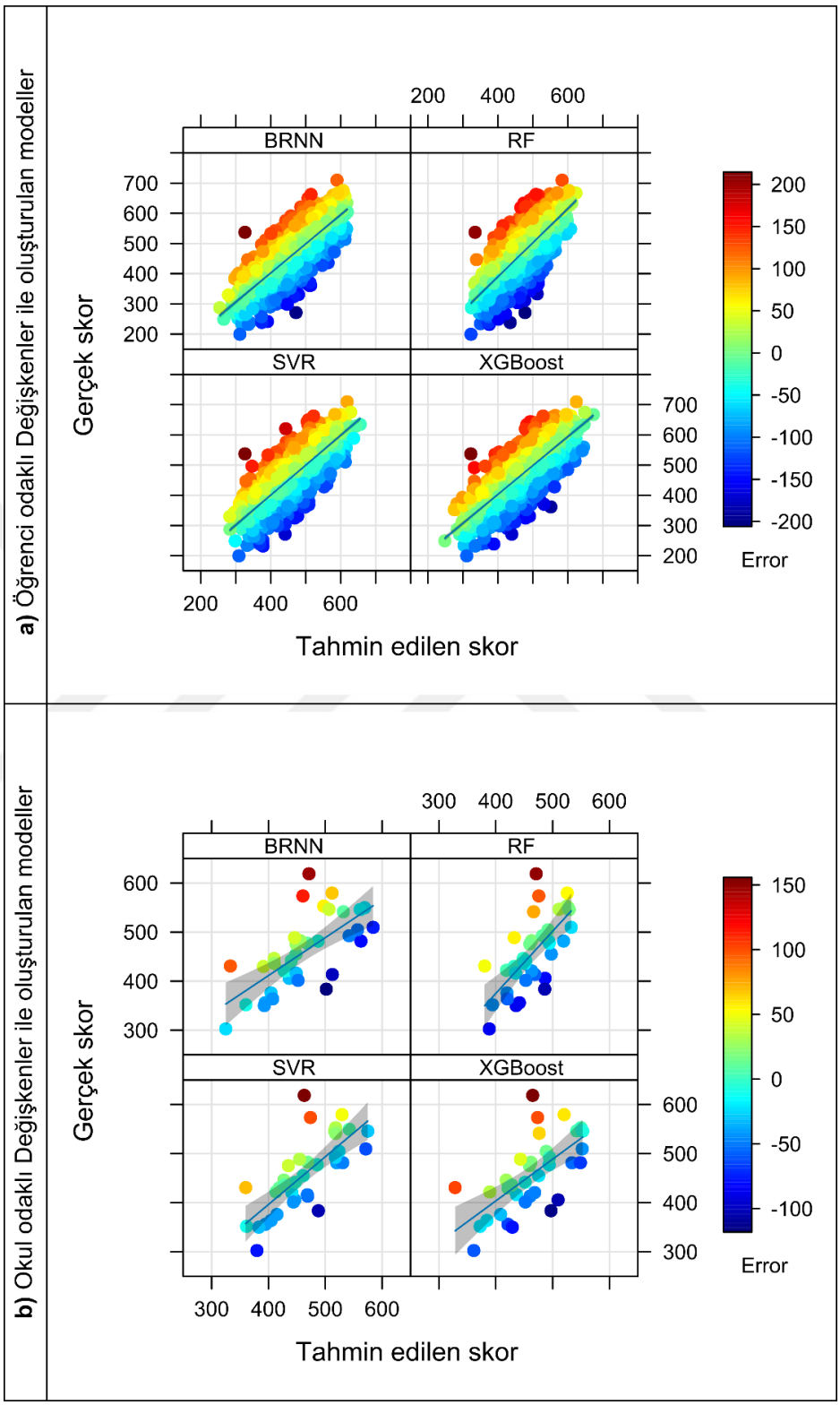
Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 89, Tablo 90 ve Şekil 11a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 144 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 89'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi

performans gösteren en düşük RMSE (53.49), en yüksek R^2 (0.63) ve düşük *MAE* (42.84) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 144 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 90'da verilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren RMSE değeri 51.14, R^2 değeri 0.64 ve *MAE* değeri 40.71 ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre SVR algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.79 (güven aralığı 0.77-0.80) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 91, Tablo 92 ve Şekil 11b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 67 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 91'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (42.17), en yüksek R^2 (0.62) ve düşük *MAE* (34.61) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 67 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 92'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 50.02, R^2 değeri 0.55 ve *MAE* değeri 38.98 ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.71 (güven aralığı 0.52-0.83) ile görmekteyiz.

2018 PISA Türkiye örnekleminde Okuma becerileri alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 93'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 94'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip

değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 23 ve Tablo 24'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 11. 2018 Türkiye Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 89. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	53.48842	0.6331873	42.84077	nrounds 750.00000000 max_depth 3.00000000 eta 0.07631911 gamma 9.48414466 colsample_bytree 0.58938165 min_child_weight 2.00000000 subsample 0.52367783
SVR	53.94752	0.6260230	43.33768	sigma 0.005235282 C 0.523476793
BRNN	54.09704	0.6244832	43.46405	neurons 2
RF	57.15047	0.5913568	45.51264	mtry "88" splitrule "variance" min.node.size "10"

Tablo 90. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
SVR	51.1409	0.6441	40.7122	SVR.est 0.7851267 SVR.lwr.ci 0.7652536 SVR.upr.ci 0.8035046
XGBoost	51.5976	0.6390	40.8255	XGBoost.est 0.7866620 XGBoost.lwr.ci 0.7665765 XGBoost.upr.ci 0.8052098
BRNN	52.0200	0.6326	41.3097	BRNN.est 0.7809200 BRNN.lwr.ci 0.7604769 BRNN.upr.ci 0.7998167
RF	55.4805	0.5889	44.0296	RF.est 0.7136876 RF.lwr.ci 0.6908784 RF.upr.ci 0.7350774

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 91. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	42.16908	0.6213087	34.60897	nrounds 974.00000000 max_depth 6.00000000 eta 0.07788493 gamma 9.99827642 colsample_bytree 0.30388162 min_child_weight 8.00000000 subsample 0.91190484
SVR	43.51726	0.5950902	34.63301	sigma 9.458288e-03 C 9.584060e+02
RF	45.51016	0.5948402	37.13843	mtry "28" splitrule "variance" min.node.size "4"
BRNN	45.66919	0.5662532	37.33583	neurons 17

Tablo 92. 2018 Türkiye Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
SVR	50.0220	0.5472	38.9761	SVR.est 0.7104076 SVR.lwr.ci 0.5211787 SVR.upr.ci 0.8330606
RF	54.6764	0.4842	43.2565	RF.est 0.5823326 RF.lwr.ci 0.3928899 RF.upr.ci 0.7243597
BRNN	56.1324	0.4643	43.9269	BRNN.est 0.6756074 BRNN.lwr.ci 0.4541240 BRNN.upr.ci 0.8184463
XGBoost	56.2190	0.4414	42.8268	XGBoost.est 0.6420221 XGBoost.lwr.ci 0.4167073 XGBoost.upr.ci 0.7930180

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 93. 2018 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST013Q01TA	6,861	1	63	DISCLIMA	1,578	2
2	ST023Q02TA	5,554	1	64	ST160Q02IA	1,562	2
3	BOOKID	5,048	1	65	ST104Q02NA	1,548	2
4	USESCH	4,978	1	66	ST196Q02HA	1,532	2
5	METASPAM	4,820	1	67	UNDREM	1,482	2
6	ST059Q03TA	4,756	1	68	ST154Q01HA	1,469	2
7	METASUM	4,705	1	69	BELONG	1,446	2
8	ST189Q01HA	4,530	1	70	ST005Q01TA	1,444	2
9	ST207Q01HA	4,475	1	71	ATTIMM	1,404	2
10	GCSELFEFF	3,517	1	72	ST100Q01TA	1,404	2
11	ICTCLASS	3,303	1	73	ST100Q02TA	1,390	2
12	ST023Q05TA	3,261	1	74	HOMEPOS	1,361	2
13	PISADIFF	3,233	1	75	ST153Q08HA	1,351	2
14	REPEAT	3,182	1	76	ST153Q01HA	1,311	2
15	INTICT	3,165	1	77	ST012Q06NA	1,279	2
16	ESCS	3,111	1	78	ST097Q03TA	1,272	2
17	ST166Q03HA	3,020	1	79	EMOSUPS	1,239	2
18	HISEI	3,016	1	80	ST034Q01TA	1,221	2
19	ST011Q05TA	3,002	1	81	ST188Q01HA	1,213	2
20	ST177Q01HA	2,871	1	82	ST182Q05HA	1,183	2
21	JOYREAD	2,840	1	83	ST208Q04HA	1,169	2
22	ST060Q01NA	2,828	1	84	ST220Q03HA	1,154	2
23	GCAWARE	2,711	1	85	DISCRIM	1,104	2
24	ST160Q04IA	2,669	1	86	ST158Q05HA	1,012	2
25	ST164Q05IA	2,660	1	87	ST022Q01TA	1,002	2
26	ICTHOME	2,636	1	88	MISCED	0,983	2
27	ST016Q01NA	2,570	1	89	ST212Q01HA	0,978	2
28	ST225Q06HA	2,540	1	90	ST196Q06HA	0,974	2
29	ISCEDD	2,457	1	91	ST097Q05TA	0,973	2
30	ICTRES	2,372	1	92	ST211Q01HA	0,972	2
31	ST166Q02HA	2,347	1	93	ST011Q10TA	0,961	2
32	ST197Q01HA	2,343	1	94	ST182Q03HA	0,959	2
33	ST011Q08TA	2,339	1	95	ST196Q03HA	0,907	2
34	ST221Q04HA	2,339	1	96	ST217Q03HA	0,906	2
35	ST163Q02HA	2,318	1	97	ST038Q08NA	0,901	3
36	ST152Q05IA	2,287	1	98	ST213Q02HA	0,890	3
37	ST204Q03HA	2,280	1	99	ST166Q05HA	0,850	3
38	HOMESCH	2,234	1	100	ST007Q01TA	0,831	3
39	ENTUSE	2,233	1	101	ST197Q04HA	0,800	3
40	AWACOM	2,187	1	102	ST197Q02HA	0,797	3
41	MASTGOAL	2,185	1	103	ST023Q01TA	0,797	3
42	ST184Q01HA	2,130	1	104	ST062Q03TA	0,777	3
43	ST182Q06HA	2,031	1	105	ST218Q07HA	0,774	3
44	SCREADDIFF	2,021	1	106	ST177Q02HA	0,749	3
45	ST102Q03TA	2,005	1	107	ST165Q02IA	0,736	3
46	ST004D01T	1,999	1	108	ST158Q07HA	0,733	3
47	ST012Q05NA	1,975	1	109	ST023Q03TA	0,721	3
48	ST165Q04IA	1,898	1	110	ST158Q04HA	0,720	3
49	ST215Q05HA	1,891	2	111	ST208Q01HA	0,708	3
50	PERFEED	1,882	2	112	ST123Q02NA	0,698	3
51	ST011Q07TA	1,877	2	113	ST104Q03NA	0,682	3
52	ISCEDO	1,856	2	114	ST038Q06NA	0,682	3
53	ST126Q01TA	1,835	2	115	ST034Q06TA	0,657	3
54	ST176Q02IA	1,793	2	116	ST219Q04HA	0,643	3
55	ST003D02T	1,788	2	117	ST196Q04HA	0,608	3
56	ST158Q01HA	1,767	2	118	ST034Q05TA	0,604	3
57	ST036Q08TA	1,725	2	119	ST188Q03HA	0,598	3
58	ICTSCH	1,689	2	120	ST225Q03HA	0,584	3
59	ST223Q08HA	1,684	2	121	ST038Q04NA	0,577	3
60	ST153Q06HA	1,679	2	122	ST186Q08HA	0,573	3
61	ST038Q07NA	1,643	2	123	ST186Q06HA	0,539	3
62	ST186Q09HA	1,580	2	124	ST097Q02TA	0,500	3

Tablo 93. 2018 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi. (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
125	ST158Q02HA	0,487	3				
126	ST218Q01HA	0,448	3				
127	ST204Q02HA	0,433	3				
128	ST102Q02TA	0,425	3				
129	ST221Q01HA	0,413	3				
130	ST215Q01HA	0,407	3				
131	ST186Q05HA	0,404	3				
132	DURECEC	0,383	3				
133	ST001D01T	0,379	3				
134	ST097Q01TA	0,377	3				
135	ST008Q02TA	0,340	3				
136	ST034Q03TA	0,330	3				
137	ST034Q04TA	0,313	3				
138	ST100Q03TA	0,303	3				
139	ST225Q02HA	0,294	3				
140	ST188Q02HA	0,283	3				
141	ST038Q05NA	0,222	3				
142	ST123Q03NA	0,220	3				
143	ST011Q11TA	0,164	3				
144	ST123Q04NA	0,126	3				

Tablo 94. 2018 Türkiye Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC164Q01HA	8,033	1	63	SC017Q08NA	0,112	3
2	SC061Q02TA	6,928	1	64	SC017Q07NA	0,096	3
3	SC048Q03NA	6,779	1	65	SC036Q01TA	0,085	3
4	SC012Q06TA	6,752	1	66	SC061Q03TA	0,063	3
5	SENWT	6,663	1	67	SC036Q03NA	0,053	3
6	SC002Q01TA	6,234	1				
7	W_FSTUWT_SCH_SUM	5,926	1				
8	SC001Q01TA	5,783	1				
9	STUBEHA	5,482	1				
10	SC017Q01NA	4,825	1				
11	W_SCHGRNRABWT	4,040	1				
12	SC002Q02TA	3,932	1				
13	SC012Q01TA	3,794	1				
14	SC048Q01NA	3,164	1				
15	SC037Q08TA	3,040	1				
16	SC061Q05TA	2,749	1				
17	SC018Q05NA01	2,624	1				
18	SC048Q02NA	2,600	1				
19	SCHSIZE	2,362	1				
20	SC018Q06NA01	2,011	1				
21	SC004Q01TA	1,887	1				
22	SC017Q03NA	1,876	1				
23	SC064Q01TA	1,802	2				
24	SC025Q01NA	1,799	2				
25	SC018Q02TA01	1,737	2				
26	CREACTIV	1,579	2				
27	STAFFSHORT	1,530	2				
28	SC064Q03TA	1,426	2				
29	EDUSHORT	1,375	2				
30	SC061Q11HA	1,299	2				
31	SC053Q03TA	1,283	2				
32	TEACHBEHA	1,269	2				
33	SC004Q03TA	1,226	2				
34	SC042Q01TA	1,039	2				
35	SC016Q03TA	1,031	2				
36	SC016Q01TA	1,003	2				
37	SC004Q02TA	0,896	2				
38	SC037Q02TA	0,896	2				
39	SC037Q09TA	0,851	2				
40	SC061Q06TA	0,819	2				
41	SC004Q04NA	0,658	2				
42	SC042Q02TA	0,653	2				
43	SC061Q10TA	0,594	2				
44	SC037Q07TA	0,577	2				
45	SC052Q02NA	0,524	3				
46	CLSIZE	0,485	3				
47	SC037Q10NA	0,453	3				
48	SC017Q06NA	0,406	3				
49	SC016Q04TA	0,383	3				
50	SC003Q01TA	0,357	3				
51	SC162Q01SA	0,346	3				
52	SC061Q09TA	0,292	3				
53	SC061Q08TA	0,274	3				
54	SC017Q04NA	0,257	3				
55	SC037Q03TA	0,244	3				
56	SC053Q09TA	0,238	3				
57	SC061Q01TA	0,220	3				
58	SC017Q02NA	0,206	3				
59	SC061Q07TA	0,205	3				
60	SC017Q05NA	0,189	3				
61	SC012Q04TA	0,155	3				
62	SC052Q01NA	0,122	3				

4.2.2. Çin (B-S-J-Z) Örneklemi

4.2.2.1. Fen Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 3 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 4 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için tek tek makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-10 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler kategorisiz 5.grup değişkenler kategorisi ve okul odaklı değişkenler için kategorisiz ana değişkenler kategorisi modellerinin tahmin performansının önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsi geçen bu kategoriler için metrikler, öğrenci odaklı değişkenlerin Tablo 95 ve Tablo 96'da, okul odaklı değişkenlerin Tablo 97 ve Tablo 98'de verilmiştir.

Tablo 95. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	62.64751	0.4810609	49.64183	nrounds 776.00000000 max_depth 5.00000000 eta 0.02775723 gamma 7.36309832 colsample_bytree 0.55013051 min_child_weight 9.00000000 subsample 0.52764685
RF	64.67435	0.4474868	51.16050	mtry "32" splitrule "variance" min.node.size "11"
SVR	64.76174	0.4459522	51.25662	sigma 0.006065053 C 0.618407190
BRNN	65.77742	0.4288166	51.97984	neurons 5

Yukarıda verilen Tablo 95 Fen kategori sınıflarında öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en

uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2018 PISA Çin Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük RMSE (62.65), en yüksek R^2 (0.48) ve düşük MAE (49.64) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.45, 0.45 ve 0.43 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı kategorisiz 5. Grup değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Fen okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 96. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	61.1453	0.4803	48.4043	XGBoost.est 0.6552244 XGBoost.lwr.ci 0.6341700 XGBoost.upr.ci 0.6753078
SVR	63.1742	0.4448	50.0708	SVR.est 0.6141984 SVR.lwr.ci 0.5921053 SVR.upr.ci 0.6353690
RF	63.9484	0.4312	50.5823	RF.est 0.6028281 RF.lwr.ci 0.5802998 RF.upr.ci 0.6244346
BRNN	64.5401	0.4231	50.7859	BRNN.est 0.6111108 BRNN.lwr.ci 0.5880493 BRNN.upr.ci 0.6331796

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 96, öğrenci odaklı kategorisiz 3. Grup değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 61.15, R^2 değeri 0.48 ve MAE değeri 48.40 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Bunun yanı sıra, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.66 (güven aralığı 0.63-0.68) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN

modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile RF'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 95 ve Tablo 96'ya birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (62.65) ile test verisindeki RMSE (61.15) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Tablo 97. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	42.43243	0.5393212	33.54556	nrounds 935.00000000 max_depth 4.00000000 eta 0.09421527 gamma 0.18679742 colsample_bytree 0.58404321 min_child_weight 10.00000000 subsample 0.86355543
RF	43.99526	0.5242908	35.54764	mtry "21" splitrule "variance" min.node.size "11"
SVR	45.14403	0.4795641	36.08816	sigma 0.01073666 C 153.81511968
BRNN	54.83023	0.3515023	43.02134	neurons 15

Tablo 98. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	39.8014	0.4735	30.3271	XGBoost.est 0.6668988 XGBoost.lwr.ci 0.5253034 XGBoost.upr.ci 0.7725562
RF	40.2237	0.4779	33.8817	RF.est 0.5914688 RF.lwr.ci 0.4606603 RF.upr.ci 0.6971300
BRNN	41.3921	0.4307	31.3919	BRNN.est 0.6344550 BRNN.lwr.ci 0.4836701 BRNN.upr.ci 0.7486653
SVR	44.1598	0.3689	33.9224	SVR.est 0.5621314 SVR.lwr.ci 0.4014397 SVR.upr.ci 0.6892489

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri

lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 97 okul odaklı ana değişkenlerle RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Ayrıca Tablo 97'de eğitim verileriyle oluşturulan makine öğrenme modellerinin tahmin performans metriklerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı ana değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2018 PISA Çin Fen skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında RMSE (42.43), R^2 (0.54) ve MAE (33.55) değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 98 Fen kategori sınıflarında okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerden oluşturulan modellerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 39.80, R^2 değeri 0.47 ve MAE değeri 30.33 ile en iyi model olmuştur. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.67 (güven aralığı 0.53-0.77) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, BRNN ve SVR modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 97 ve Tablo 98'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (42.43) ile test verisindeki RMSE (39.80) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Ek Bağlantı Linki-10'da belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar

model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemi Fen okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 23 ve Tablo EK Tablo 24'te gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 273 iken okul odaklı değişken sayısı 132 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 23'de görülen 273 öğrenci odaklı değişkenden 97'si 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 3.811 olacaktır. Ek Tablo 23'de görülen 132 okul odaklı değişkenden 70'i 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) Fen okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.6749 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 23'de verilen değişkenlerden ilk 97 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki öğrencilerin Fen okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 24'te verilen değişkenlerden ilk 70 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki okulların Fen okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 12a'da öğrenci, Şekil 12b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 99 ve Tablo 100'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 101 ve Tablo 102'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

Şekil 12'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı değişkenler bakımından SVR algoritması, okul odaklı değişkenler bakımından ise XGBoost algoritması diğer algoritmalara göre 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki Fen okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

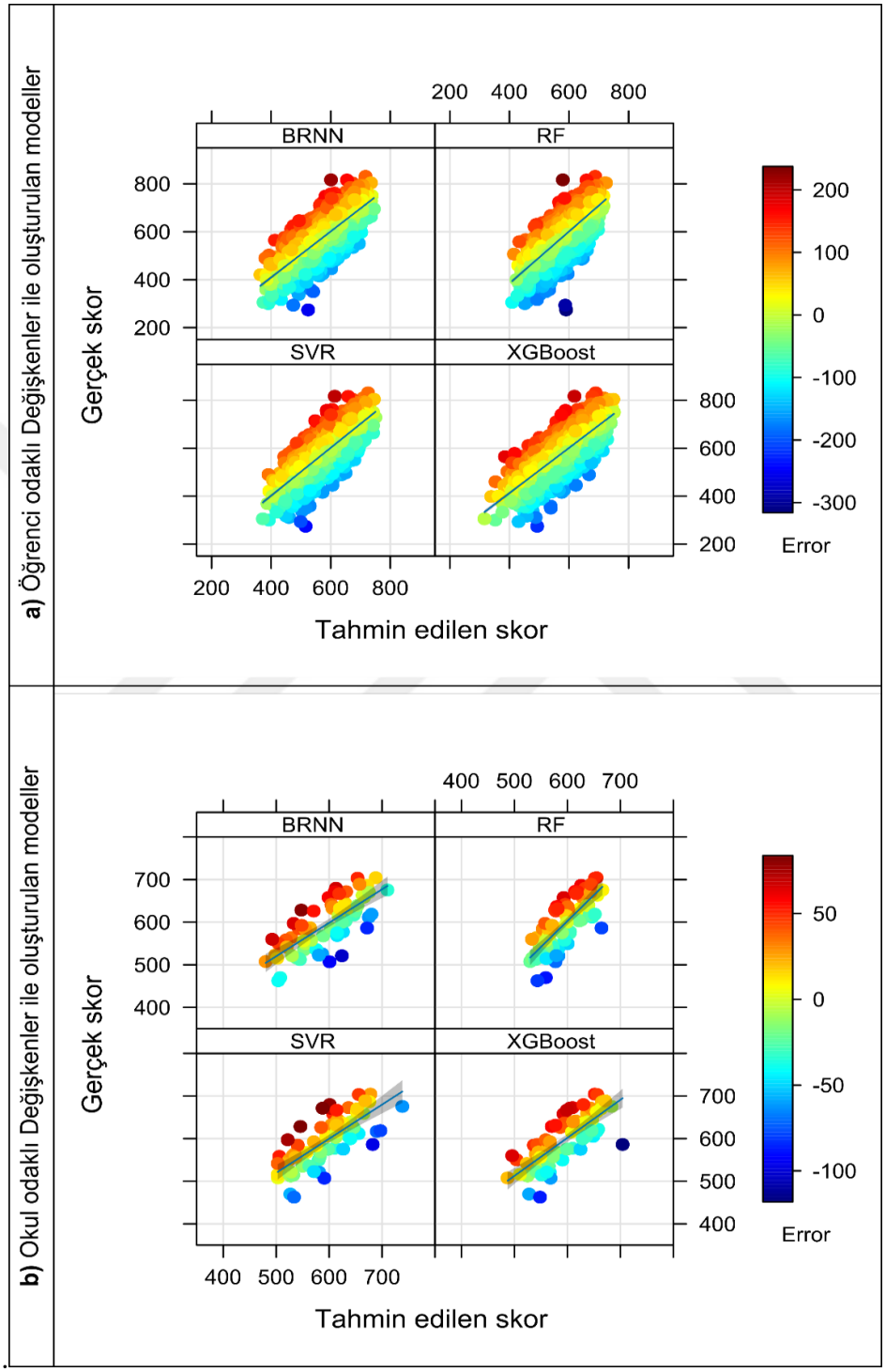
Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 99, Tablo 100 ve Şekil 12a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 97 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 99'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi

performans gösteren en düşük RMSE (54.20), en yüksek R^2 (0.61) ve düşük *MAE* (43.21) ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 97 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 100'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren RMSE değeri 52.38, R^2 değeri 0.62 ve *MAE* değeri 41.68 ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre SVR algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.76 (güven aralığı 0.75-0.78) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 101, Tablo 102 ve Şekil 12b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 70 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 101'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (40.53), en yüksek R^2 (0.56) ve düşük *MAE* (31.81) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 70 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 102'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 38.22, R^2 değeri 0.59 ve *MAE* değeri 31 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.76 (güven aralığı 0.64-0.84) ile görmekteyiz.

2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örnekleminde Fen okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 103'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 104'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem

derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 83 ve Tablo 84'de bu gruplar listelenmiştir



Şekil 12. 2018 Çin Fen alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 99. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
SVR	54.19864	0.6115578	43.20725	sigma 0.002423387 C 0.778708790
XGBoost	54.63230	0.6061154	43.44594	nrounds 277.0000000 max_depth 5.0000000 eta 0.1295920 gamma 3.6144231 colsample_bytree 0.3400457 min_child_weight 3.0000000 subsample 0.6765120
BRNN	54.68254	0.6044687	43.52521	neurons 4
RF	56.93625	0.5757271	45.08792	mtry "49" splitrule "extratrees" min.node.size "8"

Tablo 100. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
SVR	52.3837	0.6186	41.6808	SVR.est 0.7642975 SVR.lwr.ci 0.7483891 SVR.upr.ci 0.7793271
XGBoost	52.6024	0.6176	42.0102	XGBoost.est 0.7729713 XGBoost.lwr.ci 0.7570925 XGBoost.upr.ci 0.7879374
BRNN	53.4186	0.6045	42.6978	BRNN.est 0.7604566 BRNN.lwr.ci 0.7440305 BRNN.upr.ci 0.7759640
RF	55.0010	0.5826	43.5742	RF.est 0.7188109 RF.lwr.ci 0.7014866 RF.upr.ci 0.7352862

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 101. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	40.52763	0.5648830	31.80739	nrounds 580.0000000 max_depth 6.0000000 eta 0.1281899 gamma 8.5472779 colsample_bytree 0.5529624 min_child_weight 14.0000000 subsample 0.9546059
SVR	41.81161	0.5450127	33.43741	sigma 9.539866e-03 C 1.477883e+02
RF	42.10022	0.5654156	33.50244	mtry "61" splitrule "maxstat" min.node.size "13"
BRNN	45.14037	0.4806195	35.72633	neurons 2

Tablo 102. 2018 Çin Fen kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	38.2186	0.5856	30.9939	XGBoost.est 0.7554800 XGBoost.lwr.ci 0.6398574 XGBoost.upr.ci 0.8376571
RF	38.4579	0.5886	32.2955	RF.est 0.6920960 RF.lwr.ci 0.5810924 RF.upr.ci 0.7778189
SVR	40.6184	0.5544	32.7538	SVR.est 0.7425028 SVR.lwr.ci 0.6188857 SVR.upr.ci 0.8302287
BRNN	41.0199	0.5513	34.2511	BRNN.est 0.7412762 BRNN.lwr.ci 0.6168396 BRNN.upr.ci 0.8295604

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 103. 2018 Çin Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST225Q06HA	13,391	1	63	ST165Q02IA	1,434	2
2	ST004D01T	12,132	1	64	ST097Q03TA	1,421	2
3	ISCEDD	7,710	1	65	ST165Q04IA	1,342	3
4	ISCEDL	7,030	1	66	ST152Q05IA	1,340	3
5	ST166Q03HA	6,315	1	67	PERFEED	1,307	3
6	METASPAM	5,749	1	68	ST186Q07HA	1,306	3
7	ST059Q03TA	5,713	1	69	ST225Q02HA	1,296	3
8	METASUM	5,646	1	70	ST036Q06TA	1,264	3
9	ST059Q04HA	4,075	1	71	ST023Q01TA	1,259	3
10	ST158Q05HA	3,961	1	72	ST154Q01HA	1,223	3
11	ST023Q04TA	3,790	1	73	EMOSUPS	1,199	3
12	PISADIFF	3,598	1	74	ST034Q04TA	1,163	3
13	ST207Q02HA	3,538	1	75	ST158Q04HA	1,129	3
14	ST225Q01HA	3,484	1	76	ST104Q02NA	1,091	3
15	ST165Q03IA	3,292	1	77	FISCED_D	1,042	3
16	ST150Q01IA	3,248	1	78	ST038Q04NA	1,002	3
17	ST023Q05TA	3,120	1	79	ST062Q03TA	0,851	3
18	JOYREAD	3,119	1	80	ST100Q02TA	0,844	3
19	ST164Q04IA	2,981	1	81	ST212Q01HA	0,841	3
20	ST102Q03TA	2,973	1	82	ST123Q04NA	0,794	3
21	ST013Q01TA	2,973	1	83	LANGN	0,793	3
22	HISEI	2,971	1	84	ST100Q01TA	0,785	3
23	ST060Q01NA	2,851	1	85	ST123Q02NA	0,750	3
24	ST166Q05HA	2,744	1	86	ST005Q01TA	0,682	3
25	ST126Q01TA	2,658	1	87	ST213Q03HA	0,668	3
26	EUDMO	2,601	1	88	ST034Q06TA	0,648	3
27	ST153Q06HA	2,587	1	89	HISCED_D	0,646	3
28	ST182Q06HA	2,533	1	90	ST100Q04TA	0,629	3
29	ST163Q02HA	2,497	1	91	ST104Q03NA	0,624	3
30	ST183Q01HA	2,446	1	92	ST123Q03NA	0,565	3
31	RESILIENCE	2,417	1	93	ST183Q02HA	0,519	3
32	ST166Q02HA	2,375	1	94	HISCED	0,498	3
33	ST167Q04IA	2,288	2	95	ST097Q05TA	0,496	3
34	HOMEPOS	2,147	2	96	PARED	0,468	3
35	ICTRES	2,122	2	97	ISCEDO	0,040	3
36	ESCS	2,106	2				
37	DIRINS	2,090	2				
38	MASTGOAL	2,089	2				
39	ST207Q03HA	2,068	2				
40	ST183Q03HA	2,065	2				
41	ST007Q01TA	2,033	2				
42	ST185Q01HA	1,930	2				
43	ST125Q01NA	1,884	2				
44	UNDREM	1,884	2				
45	ST150Q03IA	1,878	2				
46	DISCLIMA	1,861	2				
47	ST182Q05HA	1,854	2				
48	ST011Q10TA	1,767	2				
49	GFOFAIL	1,765	2				
50	MISCED	1,763	2				
51	ST208Q04HA	1,747	2				
52	ST164Q01IA	1,710	2				
53	WORKMAST	1,697	2				
54	STIMREAD	1,663	2				
55	ST225Q05HA	1,651	2				
56	ST008Q03TA	1,586	2				
57	TEACHSUP	1,568	2				
58	ST001D01T	1,511	2				
59	ST016Q01NA	1,506	2				
60	BELONG	1,502	2				
61	ST003D02T	1,495	2				
62	ST225Q03HA	1,480	2				

Tablo 104. 2018 Çin Fen alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC018Q06NA01	11,472	1	63	SC036Q02TA	0,137	3
2	SC048Q03NA	9,254	1	64	SC061Q02TA	0,117	3
3	SC018Q01TA02	7,236	1	65	SC037Q07TA	0,110	3
4	SC018Q05NA02	5,273	1	66	SC053Q02TA	0,024	3
5	SC004Q01TA	5,086	1	67	SCHLTYPE	0	3
6	SC018Q07NA01	5,058	1	68	SC013Q01TA	0	3
7	SC001Q01TA	5,032	1	69	SC037Q08TA	0	3
8	SC012Q01TA	4,804	1	70	SC053Q09TA	0	3
9	SC018Q02TA01	4,357	1				
10	W_FSTUWT_SCH_SUM	4,271	1				
11	SC004Q02TA	3,785	1				
12	SC012Q05TA	3,599	1				
13	SC164Q01HA	3,555	1				
14	SENWT	3,173	1				
15	SC016Q01TA	3,087	1				
16	SC159Q01HA	2,639	1				
17	SC002Q01TA	2,514	1				
18	SC018Q05NA01	2,328	1				
19	STAFFSHORT	2,283	1				
20	SC154Q05WA	2,224	1				
21	SC064Q03TA	2,219	1				
22	SC002Q02TA	2,200	1				
23	SC025Q01NA	2,164	1				
24	SC016Q02TA	1,958	2				
25	SC012Q06TA	1,929	2				
26	CREACTIV	1,869	2				
27	W_SCHGRNRABWT	1,845	2				
28	SC018Q01TA01	1,825	2				
29	SCHSIZE	1,782	2				
30	SC064Q01TA	1,697	2				
31	SC004Q07NA	1,652	2				
32	SC004Q03TA	1,513	2				
33	TEACHBEHA	1,474	2				
34	SC003Q01TA	1,247	2				
35	SC052Q01NA	1,232	2				
36	STUBEHA	1,172	2				
37	SC037Q10NA	0,947	2				
38	SC061Q03TA	0,920	2				
39	SC037Q04TA	0,837	2				
40	SC012Q03TA	0,824	2				
41	SC061Q01TA	0,785	2				
42	CLSIZE	0,750	2				
43	SC052Q02NA	0,613	2				
44	SC017Q07NA	0,589	2				
45	SC053Q01TA	0,582	2				
46	SC017Q02NA	0,491	2				
47	SC042Q02TA	0,487	3				
48	SC012Q07TA	0,445	3				
49	SC048Q02NA	0,423	3				
50	SC042Q01TA	0,410	3				
51	SC037Q02TA	0,351	3				
52	SC037Q01TA	0,327	3				
53	SC012Q04TA	0,307	3				
54	SC017Q04NA	0,304	3				
55	SC061Q05TA	0,294	3				
56	SC017Q03NA	0,282	3				
57	SC012Q02TA	0,275	3				
58	SC037Q03TA	0,246	3				
59	SC017Q05NA	0,240	3				
60	SC037Q09TA	0,229	3				
61	SC053Q03TA	0,204	3				
62	SC037Q05NA	0,153	3				

4.2.2.2. Matematik Okuryazarlığı

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 3 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 4 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için tek tek makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-11 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler kategorisiz 3.grup değişkenler kategorisi ve okul odaklı değişkenler için kategorisiz ana değişkenler kategorisi modellerinin tahmin performansının önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsi geçen bu kategoriler için metrikler, öğrenci odaklı değişkenlerin Tablo 105 ve Tablo 106'da, okul odaklı değişkenlerin Tablo 107 ve Tablo 108'de verilmiştir.

Tablo 105. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	61.76491	0.4392552	48.76831	nrounds 769.0000000 max_depth 2.0000000 eta 0.1753444 gamma 3.4013738 colsample_bytree 0.6083614 min_child_weight 7.0000000 subsample 0.9635679
RF	62.55674	0.4258017	49.38224	mtry "16" splitrule "variance" min.node.size "16"
SVR	63.26389	0.4114075	49.78433	sigma 0.009998845 C 0.400627048
BRNN	63.92959	0.3995889	50.43902	neurons 6

Yukarıda verilen Tablo 105 Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı kategorisiz 3. Grup değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı kategorisiz 3. Grup değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük RMSE (61.76), en yüksek R^2 (0.44) ve düşük MAE (48.77) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.43, 0.41 ve 0.40 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı kategorisiz 3. Grup değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Matematik okuryazarlık puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 106. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı 3. Grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	61.1778	0.4408	48.4798	XGBoost.est 0.6232146 XGBoost.lwr.ci 0.6007956 XGBoost.upr.ci 0.6446540
RF	62.4229	0.4176	49.5082	RF.est 0.5766342 RF.lwr.ci 0.5539810 RF.upr.ci 0.5984342
SVR	62.9163	0.4073	49.9897	SVR.est 0.5742821 SVR.lwr.ci 0.5511890 SVR.upr.ci 0.5964960
BRNN	63.3683	0.4008	50.1944	BRNN.est 0.5878348 BRNN.lwr.ci 0.5641244 BRNN.upr.ci 0.6105766

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 106, öğrenci odaklı kategorisiz 3. Grup değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 61.18, R^2 değeri 0.44 ve MAE değeri 48.48 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Bunun yanı sıra, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.62 (güven aralığı 0.60-0.64) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, RF, SVR ve BRNN

modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 105 ve Tablo 106 birlikte incelendiğinde, XGBoost modelinin eğitim ve test veri seti performansları karşılaştırıldığında, eğitim setindeki RMSE (61.76) ile test setindeki RMSE (61.18) arasında oldukça küçük bir farklılık olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, modelin genelleştirme yeteneğinin güçlü olduğunu ve aşırı uyum (overfitting) yapmadığını gösteren önemli bir bulgudur. Benzer şekilde, diğer modellerin de eğitim ve test metriklerinin birbirine yakın olması, bu modellerin genelleştirme kapasitesinin sağlam olduğunu ve aşırı uyum sorunuyla karşılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 107. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	41.39766	0.5228507	32.75984	nrounds 132.0000000 max_depth 6.0000000 eta 0.1471650 gamma 0.5756193 colsample_bytree 0.4878807 min_child_weight 3.0000000 subsample 0.9647252
RF	42.19888	0.5247733	33.45532	mtry "37" splitrule "variance" min.node.size "5"
SVR	44.52035	0.4612627	35.82354	sigma 0.004367235 C 0.627908039
BRNN	44.68632	0.4443822	36.04480	neurons 1

Tablo 108. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı ana değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
BRNN	39.6616	0.4440	30.4264	BRNN.est 0.6401394 BRNN.lwr.ci 0.4928684 BRNN.upr.ci 0.7517547
RF	40.0966	0.4381	33.4386	RF.est 0.5717553 RF.lwr.ci 0.4333813 RF.upr.ci 0.6837916
XGBoost	41.5521	0.3971	33.1161	XGBoost.est 0.5968287 XGBoost.lwr.ci 0.4403657 XGBoost.upr.ci 0.7181087
SVR	41.6406	0.3904	34.1869	SVR.est 0.5203256 SVR.lwr.ci 0.3780507 SVR.upr.ci 0.6385899

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri

lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 107 okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerle RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Ayrıca Tablo 107'de eğitim verileriyle oluşturulan makine öğrenme modellerinin tahmin performans metriklerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) Matematik skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında RMSE (41.40), R^2 (0.52) ve MAE (32.76) değerleri ile XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 108 Matematik kategori sınıflarında okul odaklı kategorisiz ana değişkenlerden oluşturulan modellerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, BRNN modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 39.66, R^2 değeri 0.44 ve MAE değeri 30.43 ile en iyi model olmuştur. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.64 (güven aralığı 0.49-0.75) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, XGBoost ve SVR modellerinin sırasıyla BRNN modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 107 ve Tablo 108 birlikte değerlendirildiğinde, eğitim ve test seti performansları arasındaki farklar dikkate alınarak, modellerin genelleme yetenekleri ve aşırı uyum (overfitting) eğilimleri analiz edilebilir. XGBoost modelinin eğitim verilerinde çok yüksek performans göstermesi, ancak test verilerinde daha düşük bir performans sergilemesi, modelin eğitim verilerine gereğinden fazla uyum sağlamış olabileceğini (overfitting) düşündürebilir. Bu durum, makine öğrenme sürecinde, modelin eğitim verilerindeki gürültü veya detayları fazla öğrenip yeni, görülmemiş verilere (test verisi) karşı etkili olamamasına yol açar. Buna karşın, BRNN modelinin test setinde gösterdiği performans, bu modelin daha iyi bir genelleme yeteneğine sahip olabileceğini ve eğitim verilerine aşırı bağımlı kalmadan daha genel bir model oluşturabilmiş olabileceğini gösterir. Özellikle BRNN modelinin test

setindeki bu başarısı, okul odaklı değişkenlerle yapılan tahminlerde yüksek doğruluk ve uyum sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, okul odaklı değişkenlerden türetilen yeni değişkenlerle oluşturulan modellerin etkinliği ve güvenilirliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Ek Bağlantı Linki-11'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemi Matematik okuryazarlık skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 25 ve Tablo EK Tablo 26'da gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 273 iken okul odaklı değişken sayısı 132 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 25'de görülen 273 öğrenci odaklı değişkenden 99'u 2018 PISA Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 3.5683 olacaktır. Ek Tablo 26'da görülen 132 okul odaklı değişkenden 67'si 2018 PISA Matematik okuryazarlığının tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.9732 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 25'de verilen değişkenlerden ilk 99 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki öğrencilerin Matematik okuryazarlık skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 26'da verilen değişkenlerden ilk 67 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki okulların Matematik okuryazarlık ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 13a'da öğrenci, Şekil 13b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 109 ve Tablo 110'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 111 ve Tablo 112'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir.

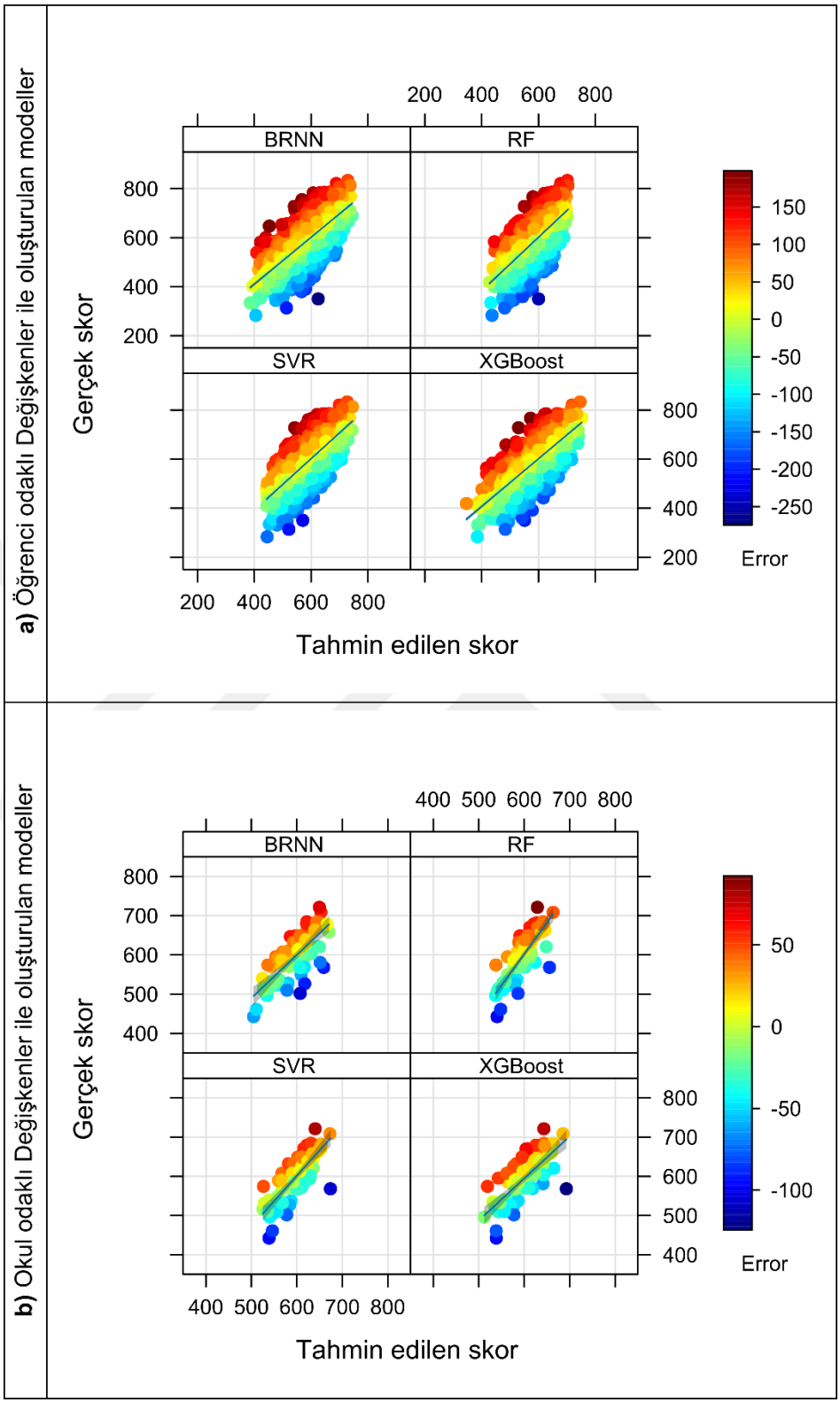
Şekil 13'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı değişkenler bakımından XGBoost algoritması, okul odaklı değişkenlerin eğitim setinde XGBoost algoritması, test setinde ise RF algoritması diğer algoritmalara göre 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki Matematik okuryazarlık skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 109, Tablo 110 ve Şekil 13a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 99 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 109'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren en düşük RMSE (54.47), en yüksek R^2 (0.56) ve düşük *MAE* (43.24) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 99 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 110'da verilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren RMSE değeri 52.96, R^2 değeri 0.58 ve *MAE* değeri 42 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.74 (güven aralığı 0.72-0.76) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 111, Tablo 112 ve Şekil 13b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 67 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 111'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (39.06), en yüksek R^2 (0.55) ve düşük *MAE* (30.97) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 67 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 112'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 38.13, R^2 değeri 0.67 ve *MAE* değeri 31.26 ile RF algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre

XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.67 (güven aralığı 0.58-0.74) ile görmekteyiz.

2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örnekleminde Matematik okuryazarlık alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 113'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 114'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 83 ve Tablo 84'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 13. 2018 Çin Matematik alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları a) Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, b) okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 109. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	54.46907	0.5632700	43.24119	nrounds 777.00000000 max_depth 8.00000000 eta 0.03329028 gamma 1.99842649 colsample_bytree 0.63557352 min_child_weight 18.00000000 subsample 0.36781041
SVR	56.02506	0.5394556	44.21456	sigma 0.007940198 C 0.203250542
BRNN	56.34804	0.5332146	44.68505	neurons 5
RF	57.40835	0.5183676	45.42175	mtry "54" splitrule "extratrees" min.node.size "19"

Tablo 110. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	52.9639	0.5806	42.0002	XGBoost.est 0.7396272 XGBoost.lwr.ci 0.7222538 XGBoost.upr.ci 0.7560679
SVR	54.9160	0.5499	43.2877	SVR.est 0.6982395 SVR.lwr.ci 0.6797259 SVR.upr.ci 0.7158640
BRNN	55.8982	0.5338	43.6913	BRNN.est 0.7045724 BRNN.lwr.ci 0.6854059 BRNN.upr.ci 0.7227632
RF	55.9528	0.5351	44.5098	RF.est 0.6761760 RF.lwr.ci 0.6571958 RF.upr.ci 0.6942991

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 111. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	39.05980	0.5500583	30.97151	nrounds 580.0000000 max_depth 6.0000000 eta 0.1281899 gamma 8.5472779 colsample_bytree 0.5529624 min_child_weight 14.0000000 subsample 0.9546059
RF	41.08941	0.5296724	32.72122	mtry "22" splitrule "variance" min.node.size "7"
SVR	41.77864	0.5010083	33.00911	sigma 0.01715937 C 2.98585613
BRNN	43.85529	0.4480211	34.85750	neurons 16

Tablo 112. 2018 Çin Matematik kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
RF	38.1331	0.6742	31.2604	RF.est 0.6682257 RF.lwr.ci 0.5791531 RF.upr.ci 0.7415317
SVR	38.1385	0.6115	30.8756	SVR.est 0.6925482 SVR.lwr.ci 0.5873117 SVR.upr.ci 0.7747572
XGBoost	39.6572	0.5571	31.4342	XGBoost.est 0.6960161 XGBoost.lwr.ci 0.5752632 XGBoost.upr.ci 0.7870792
BRNN	40.1594	0.5390	33.9302	BRNN.est 0.6776896 BRNN.lwr.ci 0.5547021 BRNN.upr.ci 0.7716971

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 113. 2018 Çin Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST225Q06HA	13,790	1	63	ST034Q06TA	1,450	2
2	ST004D01T	9,314	1	64	ST167Q03IA	1,421	2
3	ISCEDD	6,710	1	65	MASTGOAL	1,413	2
4	ST059Q03TA	6,154	1	66	ST126Q01TA	1,388	2
5	ST013Q01TA	4,960	1	67	ST003D02T	1,362	3
6	ST166Q03HA	4,404	1	68	ST166Q05HA	1,340	3
7	METASPAM	4,287	1	69	ST005Q01TA	1,321	3
8	ISCEDL	4,245	1	70	ST166Q02HA	1,267	3
9	ST176Q02IA	4,063	1	71	ST007Q01TA	1,244	3
10	EUDMO	3,442	1	72	ST176Q05IA	1,239	3
11	ST165Q01IA	3,402	1	73	ST225Q02HA	1,186	3
12	ST176Q01IA	3,295	1	74	ST185Q01HA	1,182	3
13	METASUM	3,290	1	75	ST183Q02HA	1,157	3
14	ADAPTIVITY	3,130	1	76	ST125Q01NA	1,155	3
15	RESILIENCE	3,052	1	77	ATTLNACT	1,147	3
16	WEALTH	2,924	1	78	ST208Q04HA	1,146	3
17	ST023Q01TA	2,903	1	79	ST011Q16NA	1,144	3
18	ESCS	2,881	1	80	ST100Q01TA	1,125	3
19	HISEI	2,751	1	81	ST150Q03IA	1,118	3
20	ST186Q06HA	2,751	1	82	ST205Q02HA	1,082	3
21	ST023Q03TA	2,704	1	83	ST097Q04TA	0,916	3
22	ST225Q03HA	2,618	1	84	ST185Q02HA	0,851	3
23	ST182Q06HA	2,611	1	85	ST011Q10TA	0,848	3
24	ST161Q01HA	2,543	1	86	MISCED	0,841	3
25	DIRINS	2,481	1	87	ST012Q09NA	0,831	3
26	ST207Q05HA	2,477	1	88	EMOSUPS	0,815	3
27	ST023Q05TA	2,468	1	89	ST036Q06TA	0,809	3
28	ST154Q01HA	2,453	1	90	ST034Q04TA	0,787	3
29	ST225Q05HA	2,402	1	91	ST038Q04NA	0,699	3
30	ST183Q01HA	2,394	1	92	ST038Q05NA	0,695	3
31	ST164Q04IA	2,253	1	93	ST062Q03TA	0,671	3
32	ICTRES	2,214	1	94	ST100Q02TA	0,644	3
33	ST168Q01HA	2,207	1	95	ST097Q03TA	0,615	3
34	ST060Q01NA	2,202	2	96	LANGN	0,583	3
35	GFOFAIL	2,197	2	97	ST186Q07HA	0,470	3
36	ST150Q01IA	2,160	2	98	ST158Q05HA	0,464	3
37	TEACHINT	2,119	2	99	ST097Q05TA	0,344	3
38	DURECEC	2,113	2				
39	BELONG	2,056	2				
40	ST104Q02NA	2,050	2				
41	ST153Q06HA	2,031	2				
42	ST059Q04HA	2,025	2				
43	ST059Q02TA	1,996	2				
44	ST102Q03TA	1,989	2				
45	ST012Q06NA	1,956	2				
46	PISADIFF	1,884	2				
47	ST163Q02HA	1,883	2				
48	TEACHSUP	1,860	2				
49	ST165Q04IA	1,829	2				
50	JOYREAD	1,820	2				
51	ST001D01T	1,811	2				
52	ST059Q01TA	1,809	2				
53	ST123Q02NA	1,804	2				
54	ST104Q03NA	1,749	2				
55	ISCEDO	1,748	2				
56	ST166Q04HA	1,719	2				
57	DISCLIMA	1,697	2				
58	ST167Q04IA	1,684	2				
59	ST182Q03HA	1,650	2				
60	ST165Q02IA	1,537	2				
61	ST152Q05IA	1,511	2				
62	PERCOMP	1,470	2				

Tablo 114. 2018 Çin Matematik alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC018Q06NA01	8,757	1	63	SC037Q05NA	0,022	3
2	SC048Q03NA	8,011	1	64	SCHLTYPE	0,011	3
3	SC004Q01TA	6,215	1	65	SC013Q01TA	0	3
4	SC018Q07NA01	5,601	1	66	SC053Q09TA	0	3
5	SC001Q01TA	5,506	1	67	SC037Q07TA	0	3
6	SC018Q01TA02	5,047	1				
7	W_FSTUWT_SCH_SUM	4,899	1				
8	SC164Q01HA	4,065	1				
9	CREACTIV	4,048	1				
10	SC004Q02TA	3,812	1				
11	SC002Q01TA	3,317	1				
12	SC004Q03TA	3,284	1				
13	SC018Q05NA02	3,082	1				
14	SC012Q01TA	2,980	1				
15	SC002Q02TA	2,953	1				
16	SC004Q07NA	2,940	1				
17	SC016Q01TA	2,912	1				
18	SC025Q01NA	2,428	1				
19	SC016Q02TA	2,320	1				
20	STAFFSHORT	2,281	1				
21	SC017Q07NA	2,189	1				
22	SC018Q05NA01	2,167	1				
23	STUBEHA	1,976	1				
24	SCHSIZE	1,973	1				
25	SC003Q01TA	1,949	1				
26	SC018Q02TA01	1,884	1				
27	SC012Q05TA	1,824	2				
28	SC018Q01TA01	1,804	2				
29	SC012Q07TA	1,671	2				
30	TEACHBEHA	1,647	2				
31	SC052Q01NA	1,112	2				
32	SC042Q01TA	1,048	2				
33	SC012Q02TA	0,950	2				
34	SC012Q06TA	0,926	2				
35	CLSIZE	0,896	2				
36	SC159Q01HA	0,888	2				
37	SC036Q02TA	0,848	2				
38	SC061Q01TA	0,813	2				
39	SC061Q06TA	0,778	2				
40	SC017Q02NA	0,740	2				
41	SC012Q03TA	0,658	2				
42	SC017Q08NA	0,577	2				
43	SC017Q05NA	0,559	2				
44	SC037Q08TA	0,429	2				
45	SC037Q02TA	0,397	2				
46	SC017Q06NA	0,395	2				
47	SC037Q01TA	0,388	2				
48	SC061Q02TA	0,383	2				
49	SC042Q02TA	0,377	2				
50	SC037Q10NA	0,343	2				
51	SC061Q05TA	0,307	2				
52	SC037Q04TA	0,290	2				
53	SC017Q04NA	0,232	3				
54	SC037Q03TA	0,227	3				
55	SC017Q03NA	0,219	3				
56	SC053Q01TA	0,217	3				
57	SC053Q03TA	0,212	3				
58	SC012Q04TA	0,200	3				
59	SC052Q02NA	0,119	3				
60	SC037Q06NA	0,116	3				
61	SC053Q02TA	0,115	3				
62	SC037Q09TA	0,028	3				

4.2.2.3. Okuma Becerileri

Bölüm 3.2. (Çalışmanın evreni ve örneklemi)'de ve bölüm 3.3. (Veri toplama süreçleri ve araçları)'de detaylandırılan veri yapısı ve Ek Tablo 3 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler) ve Ek Tablo 4 (2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler)'de gruplanarak sunulan değişkenler kullanılarak her kategori için ayrı ayrı makine öğrenme modelleri (RF, XGBoost, SVR ve BRNN) geliştirilmiştir. Her modelin eğitim ve test performansına ilişkin ayrıntılı metrikler, tablo sayısının fazlalığı nedeniyle bu raporda yer almamış ve bir internet veri tabanında bağlantı olarak sunulmuştur. Bu tablolara, Ek Bağlantı Linki-12 üzerinden ulaşılabilir. Bu tablolar, modellerin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama sürecinde elde edilen performans metrikleri ile optimize edilen hiper parametre değerlerini içermektedir. Ayrıca, test verileriyle elde edilen performans metrikleri de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tablolara bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler kategorisiz 4. Grup değişkenler kategorisi ve okul odaklı değişkenler için kategorisiz değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenler kategorisi modellerinin tahmin performansının önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bahsi geçen bu kategoriler için metrikler, öğrenci odaklı değişkenlerin Tablo 115 ve Tablo 116'da, okul odaklı değişkenlerin Tablo 117 ve Tablo 118'de verilmiştir.

Tablo 115. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 4. Grup değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	64.43262	0.4945117	51.24059	nrounds 184.0000000 max_depth 6.0000000 eta 0.1535288 gamma 5.8404858 colsample_bytree 0.3613738 min_child_weight 17.0000000 subsample 0.8846021
SVR	65.25529	0.4805139	51.99353	sigma 0.004739386 C 2.952710157
RF	65.51345	0.4788198	52.28778	mtry "15" splitrule "variance" min.node.size "17"
BRNN	65.75755	0.4719370	52.29603	neurons 3

Yukarıda verilen Tablo 115 Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı kategorisiz 4. Grup değişkenlerin RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini

barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri öğrenci odaklı kategorisiz 4. Grup değişkenleri ve çıktı değerleri ise öğrencilerin 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında en düşük RMSE (64.43), en yüksek R^2 (0.49) ve düşük MAE (51.24) değerleri ile en iyi performansı XGBoost modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. R^2 (açıklanan varyans, modelin açıklama gücü) değerlerine bakıldığında SVR, RF ve BRNN modellerinin sırasıyla 0.48, 0.48 ve 0.47 R^2 sonuçlarıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir. Bu noktada XGBoost modelinin öğrenci odaklı kategorisiz 4. Grup değişkenler kategorisi ile oluşturulmasıyla öğrencilerin Okuma becerileri puanlarının tahmininde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 116. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş öğrenci odaklı 4. Grup değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	65.0467	0.4639	51.6506	XGBoost.est 0.6546815 XGBoost.lwr.ci 0.6329079 XGBoost.upr.ci 0.6754203
SVR	65.0814	0.4594	51.8498	SVR.est 0.6417748 SVR.lwr.ci 0.6199468 SVR.upr.ci 0.6626102
RF	65.4498	0.4526	51.9682	RF.est 0.6123527 RF.lwr.ci 0.5906376 RF.upr.ci 0.6331814
BRNN	65.6804	0.4494	52.3591	BRNN.est 0.6318049 BRNN.lwr.ci 0.6096526 BRNN.upr.ci 0.6529711

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 116, öğrenci odaklı kategorisiz 4. Grup değişkenlerle oluşturulan makine öğrenme modellerinin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 65.05, R^2 değeri 0.46 ve MAE değeri 51.65 ile en düşük hata oranlarına ve en yüksek açıklama gücüne sahiptir. Bunun yanı sıra, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.65 (güven aralığı 0.63-0.68) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle yüksek bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, SVR, RF ve BRNN

modelleri daha yüksek RMSE ve daha düşük R^2 değerleri ile XGBoost'a kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Tablo 115 ve Tablo 116'e birlikte bakıldığında, en iyi performans gösteren XGBoost modelinin eğitim ve test verileri sonuçlarının, eğitim verisindeki RMSE (64.43) ile test verisindeki RMSE (65.05) değerlerinde küçük bir farklılık olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, modelin genelleştirme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve aşırı uyuma (overfitting) sapmadığını ifade eden bir göstergedir. Diğer modellerde de aynı durumun olması modellerin güçlü bir biçimde genelleştirme yaptığını ve aşırı uyuma sapmadığını göstermektedir.

Tablo 117. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
RF	45.72594	0.5284517	35.90769	mtry "42" splitrule "variance" min.node.size "19"
XGBoost	45.79744	0.5143929	36.40752	nrounds 256.0000000 max_depth 5.0000000 eta 0.2033902 gamma 3.6995407 colsample_bytree 0.5477642 min_child_weight 3.0000000 subsample 0.8853822
SVR	47.47507	0.4806400	38.38094	sigma 0.003928565 C 1.232078770
BRNN	50.94234	0.4227033	40.69952	neurons 2

Tablo 118. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	41.4813	0.4784	32.9851	XGBoost.est 0.6550961 XGBoost.lwr.ci 0.5157456 XGBoost.upr.ci 0.7606781
RF	42.5024	0.4677	35.8681	RF.est 0.5908219 RF.lwr.ci 0.4566719 RF.upr.ci 0.6987007
BRNN	43.0274	0.4387	34.2996	BRNN.est 0.6403050 BRNN.lwr.ci 0.4912246 BRNN.upr.ci 0.7529394
SVR	43.3127	0.4385	34.7758	SVR.est 0.5910782 SVR.lwr.ci 0.4482337 SVR.upr.ci 0.7044881

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)

est = ρ_c için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Yukarıda verilen Tablo 117 okul odaklı kategorisiz değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenlerle RF, XGBoost, SVR ve BRNN makine öğrenme modellerinin 10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama ile eğitim verisi performans metriklerini ve bu modeller için en uygun hale getirilmiş hiper parametre ölçümlerini barındırmaktadır. Ayrıca Tablo 117'de eğitim verileriyle oluşturulan makine öğrenme modellerinin tahmin performans metriklerini barındırmaktadır. Makine öğrenme modelleri oluştururken girdi verileri okul odaklı değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenleri ve çıktı değerleri ise okulların 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) Okuma skorları olacak şekilde ayarlanarak RF, XGBoost, SVR ve BRNN algoritmalarıyla yapılmıştır. Modellerin başarısı yine RMSE, R^2 ve MAE ölçütleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında RMSE (45.73), R^2 (0.53) ve MAE (35.91) değerleri ile RF modelinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak XGBoost, SVR ve BRNN modellerinin sırasıyla RF modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 118 Okuma kategori sınıflarında okul odaklı kategorisiz değişkenler kullanılarak türetilen yeni değişkenlerden oluşturulan modellerin test verileri üzerindeki başarı ölçütlerini göstermektedir. Test verileri analiz edildiğinde, XGBoost modelinin en iyi performansı sergileyen model olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu model, RMSE değeri 41.48, R^2 değeri 0.48 ve MAE değeri 32.99 ile en iyi model olmuştur. Ayrıca, uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.66 (güven aralığı 0.52-0.76) olup, modelin tahminlerinin gerçek verilerle uyum içinde olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin ölçütlerine bakılarak RF, BRNN ve SVR modellerinin sırasıyla XGBoost modelinden sonra geldiği görülmektedir.

Tablo 117 ve Tablo 118 birlikte değerlendirildiğinde, eğitim ve test seti performansları arasındaki farklar dikkate alınarak, modellerin genelleme yetenekleri ve aşırı uyum (overfitting) eğilimleri analiz edilebilir. RF modelinin eğitim verilerinde çok yüksek performans göstermesi, ancak test verilerinde daha düşük bir performans sergilemesi, modelin eğitim verilerine gereğinden fazla uyum sağlamış olabileceğini (overfitting) düşündürebilir. Bu durum, makine öğrenme sürecinde, modelin eğitim verilerindeki gürültü veya detayları fazla öğrenip yeni, görülmemiş verilere (test verisi) karşı etkili olamamasına yol açar. Buna karşın, XGBoost modelinin test setinde gösterdiği performans, bu modelin daha iyi bir genelleme yeteneğine sahip olabileceğini ve eğitim verilerine aşırı bağımlı

kalmadan daha genel bir model oluşturabilmiş olabileceğini gösterir. Özellikle XGBoost modelinin test setindeki bu başarısı, okul odaklı değişkenlerle yapılan tahminlerde yüksek doğruluk ve uyum sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, okul odaklı değişkenlerden türetilen yeni değişkenlerle oluşturulan modellerin etkinliği ve güvenilirliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Ek Bağlantı Linki-12'de belirtilen tüm kategoriler (katmanlar) için makine öğrenme ve değerlendirme süreçleri tamamlandıktan sonra model performans ayrıntıları belirlenmiştir. Her kategoride en yüksek performansı gösteren model dikkate alınarak, bu kategorilere ait değişkenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Bu analiz, SHAP yöntemi kullanılarak hesaplanan Shapley değerlerine dayanarak gerçekleştirilmiştir (Ayrıntılar model performans metrikleri bölümünde açıklanmıştır). Öğrenci ve okul odaklı tüm değişkenlerin 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemi Okuma becerileri skorunun tahmin edilmesindeki önem dereceleri, Shapley değerleri azalan sırayla EK Tablo 27 ve Tablo EK Tablo 28'de gösterilmiştir. Öğrenci odaklı değişken sayısı 176 iken okul odaklı değişken sayısı 132 olduğu bu tablolarda görünmektedir. Ek Tablo 27'de görülen 176 öğrenci odaklı değişkenden 63'ü 2018 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 4.8549 olacaktır. Ek Tablo 28'de görülen 132 okul odaklı değişkenden 69'u 2018 PISA Okuma becerilerinin tahmin edilmesinde nihai model için kullanılacaktır. Bu noktada kritik Shapley değeri 0.7142 olacaktır. Değişken sayıları belirlenirken öğrenci odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %68'lik dilimi, okul odaklı değişkenler için kümülatif toplamın %95'lik dilimindeki değişkenler kullanılacaktır.

Nihayetinde öğrenci odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 27'de verilen değişkenlerden ilk 63 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki öğrencilerin Okuma becerileri skoru tahmin edilmiştir. Aynı şekilde okul odaklı değişkenlerin nihai modeli oluşturulurken Ek Tablo 28'de verilen değişkenlerden ilk 69 değişken kullanılarak 10 katlı ve 10 tekrarlı doğrulama ile makine eğitimi gerçekleştirilmiş ve nihai model oluşturulmuştur. Bu nihai model ile Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki okulların Okuma becerileri ortalama başarı skorları tahmin edilmiştir. Şekil 14a'da öğrenci, Şekil 14b'de okul odaklı değişkenlerden oluşturulan nihai modellerin çapraz doğrulama diyagramları gösterilmiştir. Tablo 119 ve Tablo 120'de öğrenci odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir. Tablo 121 ve Tablo 122'de okul odaklı nihai modellerin başarı metrikleri verilmiştir

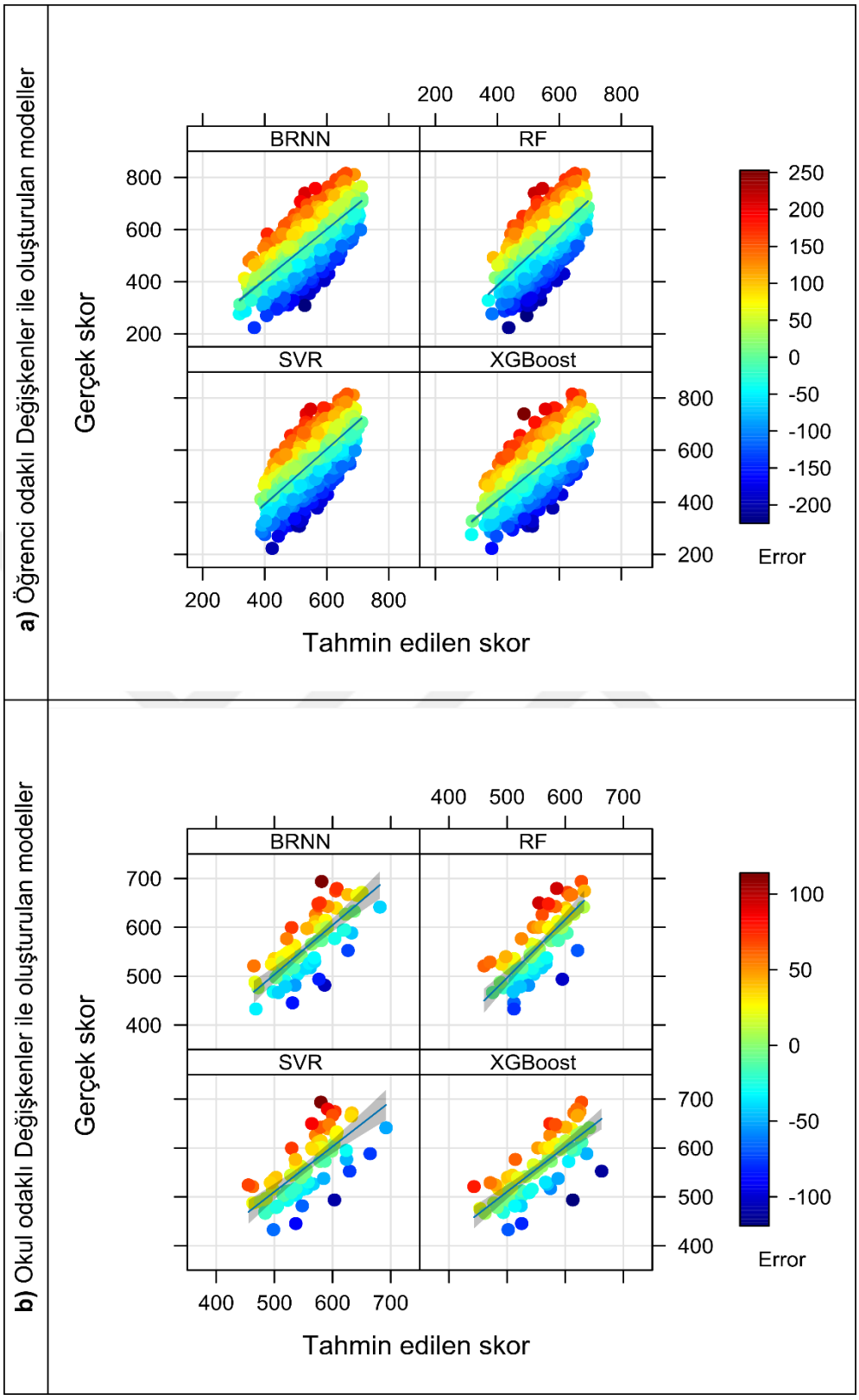
Şekil 14'de verilen çapraz doğrulama diyagramı öğrenci odaklı hem de okul odaklı değişkenlerin tahmin performansına göre XGBoost algoritması diğer algoritmalara göre 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemindeki Okuma becerileri skorlarının tahmininde daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 119, Tablo 120 ve Şekil 14a'da verilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 63 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 119'da verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metrikleri üzerinden modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren en düşük RMSE (58.47), en yüksek R^2 (0.58) ve düşük *MAE* (46.61) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Öğrenci odaklı ilk 63 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 120'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden en iyi performans gösteren RMSE değeri 58.02, R^2 değeri 0.57 ve *MAE* değeri 46.15 ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.73 (güven aralığı 0.71-0.75) ile görmekteyiz. Ayrıca eğitim ve test ölçümlerinin birbirine yakın değerde olması oluşturulan nihai modelin aşırı uyum problemi yaşamadığını ve güçlü bir genelleme yeteneği sergilediğini göstermektedir.

Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin performans metrik özellikleri ve çapraz doğrulama diyagramları Tablo 121, Tablo 122 ve Şekil 14b'de verilmiştir. Okul odaklı ilk 69 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modeller için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin eğitim süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 121'de verilmiştir. *RMSE*, R^2 ve *MAE* metriklerine bakarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren en düşük RMSE (41.28), en yüksek R^2 (0.59) ve düşük *MAE* (32.73) ile XGBoost algoritması olduğu tespit edilmiştir. Okul odaklı ilk 69 değişkenle oluşturulan nihai makine öğrenme modelleri için optimize edilmiş hiper parametre değerleri ve bu modellerin test süreci performans metrikleri (10 katlı ve 10 tekrarlı çapraz doğrulama) Tablo 122'de verilmiştir. Algoritmalar içerisinden iyi performans gösteren RMSE değeri 40.96, R^2 değeri 0.59 ve *MAE* değeri 31.94 ile SVR algoritması olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre XGBoost algoritması en yüksek açıklama gücüne ve en düşük hata oranlarına sahiptir. Bu

modelin tahminlerinin gerçek verilerle güçlü bir uyum sergilediğini uyum korelasyon katsayısı (ρ_c) 0.75 (güven aralığı 0.64-0.84) ile görmekteyiz.

2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örnekleminde Okuma becerileri alanı için öğrenci odaklı ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde SHAP yöntemiyle değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Shapley değerlerinin önem derecesine göre azalan öğrenci odaklı değişkenler için Tablo 123'te, okul odaklı değişkenler için ise Tablo 124'te listelenmiştir. Nihai modellerden elde edilen Shapley değeri sıralamalarına dayanarak Kısım 4.3'te tartışılacak olan değişkenlerin kıyaslanmasında hem ülke hem de alan bazlı değerlendirmeler yapılacaktır. Shapley ölçümlerine göre üç önem grubuna ve üç eşit parçaya öğrenci ve okul odaklı değişkenler ayrılmıştır. 1. Grupta yüksek önem derecesine sahip değişkenler, 2. Grupta orta önem derecesine sahip değişkenler ve 3. Grupta ise düşük önem derecesine sahip değişkenler yer almıştır. Tablo 23 ve Tablo 24'de bu gruplar listelenmiştir.



Şekil 14. 2018 Çin Okuma alanı için oluşturulan nihai modellerin test verilerinin çapraz doğrulama diyagramları **a)** Öğrenci odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller, **b)** okul odaklı değişkenler ile oluşturulan modeller

Tablo 119. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	58.46589	0.5824692	46.60714	nrounds 116.0000000 max_depth 1.0000000 eta 0.3240562 gamma 8.7657836 colsample_bytree 0.5240579 min_child_weight 6.0000000 subsample 0.4443286
BRNN	58.54751	0.5812222	46.67544	neurons 2
SVR	59.02804	0.5785142	47.06509	sigma 0.003776903 C 0.059562248
RF	59.69431	0.5735216	47.62191	mtry "11" splitrule "variance" min.node.size "15"

Tablo 120. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, öğrenci odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	58.0169	0.5704	46.1450	XGBoost.est 0.7319927 XGBoost.lwr.ci 0.7142142 XGBoost.upr.ci 0.7488274
SVR	58.3400	0.5661	46.6942	SVR.est 0.7107785 SVR.lwr.ci 0.6928463 SVR.upr.ci 0.7278321
BRNN	58.4272	0.5642	46.5917	BRNN.est 0.7278494 BRNN.lwr.ci 0.7098382 BRNN.upr.ci 0.7449093
RF	58.9692	0.5604	47.1180	RF.est 0.6943225 RF.lwr.ci 0.6762163 RF.upr.ci 0.7115905

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 121. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin eğitim verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**Hiper parametre değerleri**
XGBoost	41.28415	0.5889360	32.73049	nrounds 580.0000000 max_depth 6.0000000 eta 0.1281899 gamma 8.5472779 colsample_bytree 0.5529624 min_child_weight 14.0000000 subsample 0.9546059
RF	43.30421	0.5641521	34.63929	mtry "22" splitrule "variance" min.node.size "7"
SVR	43.56741	0.5405639	34.22074	sigma 0.01569386 C 2.98585613
BRNN	45.73723	0.4986378	36.61318	neurons 20

Tablo 122. 2018 Çin Okuma kategori sınıflarında belirtilmemiş, okul odaklı nihai model değişkenlerin test verisi performans metrikleri

Model	**RMSE**	**R^2**	**MAE**	**ρ_c**
XGBoost	40.9608	0.5914	31.9372	XGBoost.est 0.7536426 XGBoost.lwr.ci 0.6389225 XGBoost.upr.ci 0.8355711
RF	42.0689	0.5836	33.8201	RF.est 0.6882738 RF.lwr.ci 0.5743883 RF.upr.ci 0.7760210
BRNN	42.1621	0.5577	34.1860	BRNN.est 0.7122746 BRNN.lwr.ci 0.5910109 BRNN.upr.ci 0.8020573
SVR	44.6948	0.5116	36.2405	SVR.est 0.6879375 SVR.lwr.ci 0.5548712 SVR.upr.ci 0.7866825

ρ_c = Uyum Korelasyon Katsayısı (Concordance Correlation Coefficient)
est = **ρ_c** için merkezi tahmin edilen değeri
lwr.ci = güven aralığının alt sınırını (lower confidence interval)
upr.ci = güven aralığının üst sınırını (upper confidence interval)

Tablo 123. 2018 Çin Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	ST225Q06HA	15,653	1	63	ST097Q04TA	0	3
2	METASPAM	15,335	1				
3	JOYREAD	9,526	1				
4	METASUM	8,876	1				
5	ST059Q03TA	8,680	1				
6	PISADIFF	7,816	1				
7	ESCS	7,755	1				
8	ISCEDL	6,849	1				
9	EUDMO	6,669	1				
10	ST013Q01TA	5,734	1				
11	UNDREM	5,706	1				
12	ST060Q01NA	3,892	1				
13	ST207Q02HA	3,612	1				
14	ST059Q01TA	3,576	1				
15	ST185Q01HA	3,522	1				
16	ST059Q04HA	3,274	1				
17	ST126Q01TA	3,155	1				
18	DIRINS	2,689	1				
19	WEALTH	2,635	1				
20	ISCEDD	2,579	1				
21	ST127Q01TA	2,196	1				
22	ST207Q03HA	2,108	2				
23	HISEI	2,103	2				
24	DISCLIMA	1,666	2				
25	ST104Q02NA	1,576	2				
26	ST186Q07HA	1,533	2				
27	MASTGOAL	1,441	2				
28	ISCEDO	1,422	2				
29	ST100Q04TA	1,279	2				
30	HOMEPOS	1,271	2				
31	ST034Q06TA	1,230	2				
32	ICTRES	1,225	2				
33	HEDRES	1,156	2				
34	ST123Q02NA	1,080	2				
35	ST012Q03TA	1,076	2				
36	ST008Q03TA	0,986	2				
37	ST011Q16NA	0,969	2				
38	TEACHSUP	0,959	2				
39	ST012Q06NA	0,899	2				
40	ST011Q10TA	0,750	2				
41	ST097Q05TA	0,509	2				
42	ST097Q03TA	0,435	2				
43	ST034Q05TA	0,365	3				
44	ST034Q04TA	0,350	3				
45	LANGN	0,176	3				
46	ST005Q01TA	0	3				
47	HISCED	0	3				
48	EMOSUPS	0	3				
49	ST125Q01NA	0	3				
50	ST007Q01TA	0	3				
51	BELONG	0	3				
52	PERFEED	0	3				
53	ST100Q01TA	0	3				
54	MISCED	0	3				
55	ST012Q09NA	0	3				
56	ST104Q03NA	0	3				
57	ST062Q03TA	0	3				
58	FISCED	0	3				
59	ST038Q04NA	0	3				
60	ST034Q03TA	0	3				
61	PAREDINT	0	3				
62	ST123Q03NA	0	3				

Tablo 124. 2018 Çin Okuma alt alanı için oluşturulan nihai modelde kullanılan önem seviyesi yüksek, okul odaklı değişkenlerin listesi.

ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu	ID	Değişken	Shapley değeri	Önem Grubu
1	SC048Q03NA	10,378	1	63	SC037Q02TA	0,096	3
2	SC018Q06NA01	9,889	1	64	SCHLTYPE	0,092	3
3	SC018Q07NA01	7,202	1	65	SC037Q04TA	0,084	3
4	SC018Q01TA02	6,463	1	66	SC037Q09TA	0,072	3
5	SC018Q05NA02	6,009	1	67	SC037Q05NA	0,065	3
6	SC004Q07NA	5,737	1	68	SC037Q06NA	0,055	3
7	W_FSTUWT_SCH_SUM	5,600	1	69	SC013Q01TA	0,030	3
8	SC002Q01TA	4,521	1				
9	SC001Q01TA	4,472	1				
10	SC159Q01HA	4,406	1				
11	SC004Q01TA	4,036	1				
12	SC012Q01TA	3,833	1				
13	SC016Q01TA	3,672	1				
14	SC025Q01NA	2,907	1				
15	SENWT	2,851	1				
16	SC004Q02TA	2,722	1				
17	SC002Q02TA	2,717	1				
18	SC018Q02TA01	2,596	1				
19	SCHSIZE	2,506	1				
20	SC004Q03TA	2,456	1				
21	SC016Q02TA	2,448	1				
22	STUBEHA	2,442	1				
23	STAFFSHORT	2,322	1				
24	CREACTIV	2,131	2				
25	SC012Q05TA	1,895	2				
26	SC004Q06NA	1,689	2				
27	SC164Q01HA	1,670	2				
28	SC018Q05NA01	1,665	2				
29	SC042Q01TA	1,570	2				
30	TEACHBEHA	1,441	2				
31	SC003Q01TA	1,391	2				
32	SC018Q01TA01	1,281	2				
33	CLSIZE	1,260	2				
34	SC052Q01NA	1,189	2				
35	SC064Q01TA	1,157	2				
36	SC012Q02TA	1,011	2				
37	SC061Q03TA	0,982	2				
38	SC037Q10NA	0,904	2				
39	SC012Q06TA	0,731	2				
40	SC017Q01NA	0,692	2				
41	W_SCHGRNRABWT	0,644	2				
42	SC042Q02TA	0,633	2				
43	SC017Q05NA	0,591	2				
44	SC017Q02NA	0,480	2				
45	SC012Q03TA	0,477	2				
46	SC017Q04NA	0,444	2				
47	SC036Q03NA	0,426	3				
48	SC053Q03TA	0,413	3				
49	SC061Q04TA	0,409	3				
50	SC037Q01TA	0,383	3				
51	SC061Q06TA	0,376	3				
52	SC036Q02TA	0,328	3				
53	SC052Q02NA	0,325	3				
54	SC053Q01TA	0,289	3				
55	SC061Q07TA	0,262	3				
56	SC012Q04TA	0,251	3				
57	SC037Q03TA	0,229	3				
58	SC061Q08TA	0,227	3				
59	SC012Q07TA	0,218	3				
60	SC061Q05TA	0,193	3				
61	SC061Q02TA	0,179	3				
62	SC061Q01TA	0,121	3				

4.3. Önem Parametresi Yüksek Değişkenlerin Karşılaştırılması

Bu bölümde 2015 PISA bulguları ve 2018 PISA bulgularından edinilenlere istinaden nihai modellerle tespit edilen değişkenler yıl (2015 ve 2018), ülke (Türkiye, Singapur ve Çin) ve alan (Fen ve Matematik okuryazarlığı ve Okuma becerileri) bazında ikili kıyaslamaları **Jaccard indeksine** göre yapılmıştır. Jaccard indeksi ile ilgili bilgiler bölüm 3.8 de detaylandırılmıştır. Kısaca bahsedecek olursak Jaccard indeksi iki grubun ne oranda örtüştüğünü tespit etmek için kullanılan bir metottur. Grupların örtüştüğü kısımın tamamına oranını hesaplar. Kıyaslama esnasında kıyaslananlara yönelik **YIL_ULKE_ALAN_ONEM** notasyonundan yararlanılmıştır.

- **YIL:** Bu çalışmada ele alınan PISA sınavının yapıldığı yıllara (2015 ve 2018) karşılık gelmektedir.
- **ULKE:** Bu çalışmada ele alınan ülkelere (Türkiye, Singapur ve Çin) karşılık gelmektedir. Türkiye için Türkiye, Singapur için Singapur ve Çin (B-S-J-Z) için Çin notasyonu kullanılmıştır
- **ALAN:** Bu çalışmada ele alınan Fen ve Matematik okuryazarlığı ve Okuma becerileri alt alanlarına karşılık gelmektedir. Fen okuryazarlığı için Fen, Matematik okuryazarlığı için Matematik ve Okuma becerileri için Okuma notasyonu kullanılmıştır.
- **ONEM:** 2015 PISA bulguları ve 2018 PISA bulgularından edinilenlerle nihai modeller ile meydana gelen Shapley değerlerinin değeri çoktan aza doğru sıralanan değişkenlerin üç veya tam bölünmeyen listeler için yaklaşık olarak üç eşit parçaya ayrıldığı gruplar önem grubuna karşılık gelmektedir.

4.3.1. Alana Göre Benzerliklerin Karşılaştırılması

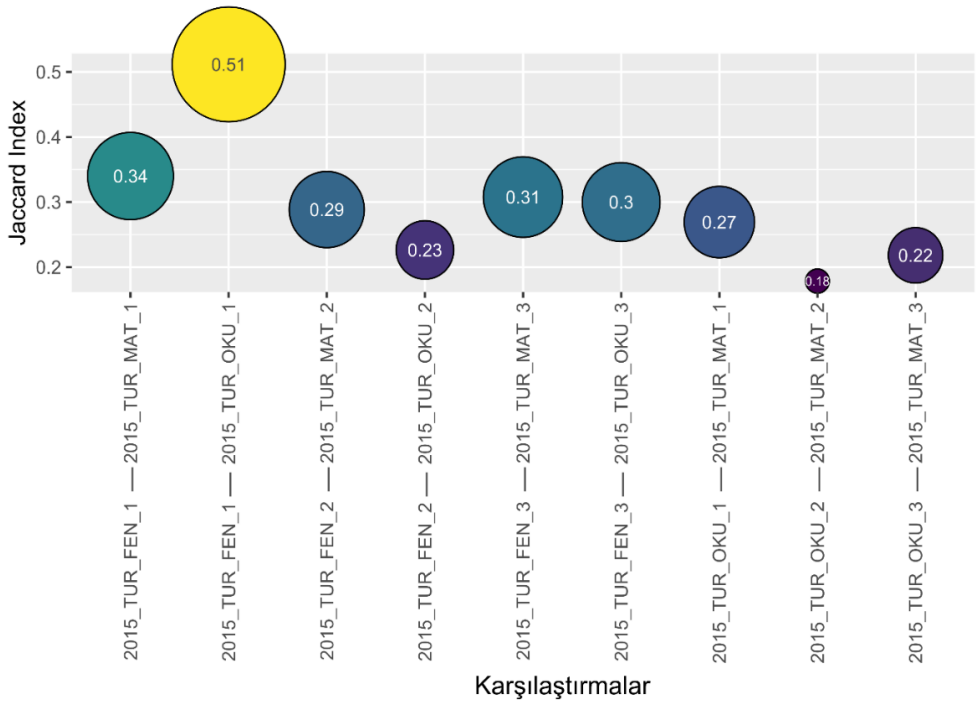
Bu bölümde 2015 PISA bulgularına göre Türkiye ve Singapur ülkeleri kıyaslanacaktır. Aynı şekilde 2018 PISA bulgularına göre de Türkiye ve Çin ülkeleri kıyaslanacaktır. Dört ana başlık altında bu kıyaslamalar yapılacaktır. Ayrıca her başlık altında öğrenci ve okul odaklı değişkenler her biri ayrı şekilde alanların, önem gruplarına göre kıyaslamaları gerçekleştirilmiştir.

4.3.1.1. Türkiye 2015 PISA Bulguları

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye örnekleminde öğrenci odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 15'de yer almaktadır. Grafikteki dairelerin büyüklüğü ve renkleri benzerliğin ölçümlerinin bir simgesidir. Daire büyük ve canlı renkli ise benzerlik fazladır, daire küçük ve soluk renkli ise benzerlik azdır. Şekil 15 incelendiğinde '2015 Türkiye Fen_1' ile '2015 Türkiye Okuma_1' arasındaki benzerlik oranı 0.51 ile diğer kıyaslamalardan daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri fen ve okuma alanlarının orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.18 ile '2015 Türkiye Matematik_2' ile '2015 Türkiye Okuma_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri matematik ve okuma alanlarının 2. Önem grubunda az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.22-0.34 aralığında değer aldıkları için düşük-orta seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

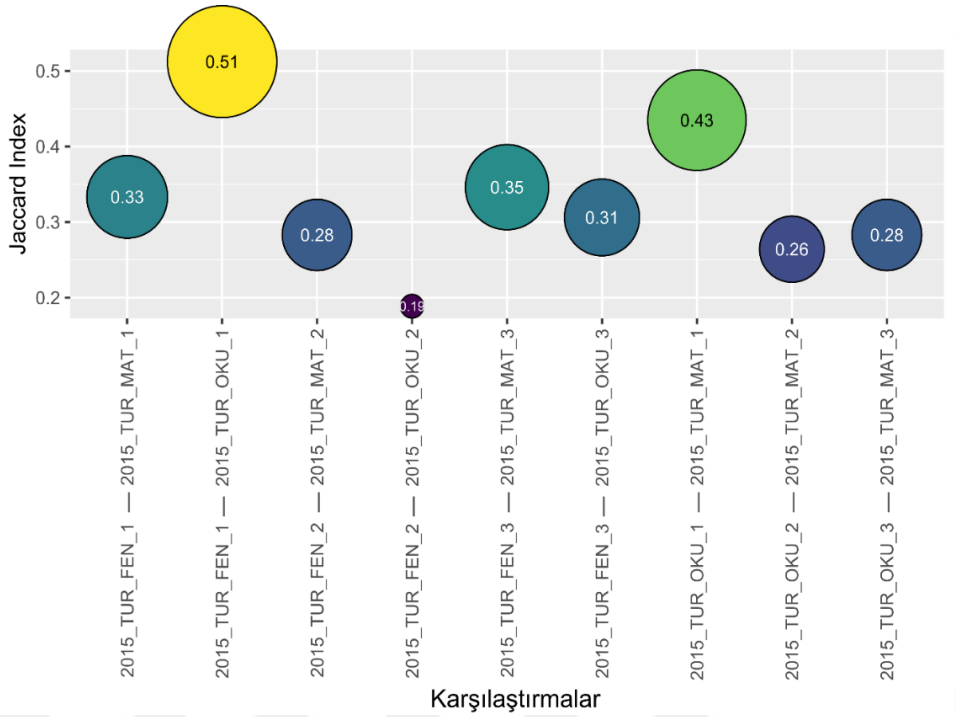
Şekil 15'e bakıldığında öğrenci odaklı olan ve 1. Grupta yer alan önem parametresi yüksek değişkenlerin Fen ve Matematik alanlarında nispeten iyi bir uyumun var olduğunu ve bu alanların öğretiminde benzer teknikler kullanıldığını sezdirmektedir. Bu bağlamda ülkenin eğitim stratejilerinde, uygulamalı bilimlerde matematiksel becerilerin koordinasyonunu öğrencilere benimsetmeyi amaçladıklarını düşündürmektedir. Buna karşın, fen ile okuma alanları arasında ve matematik ile okuma alanları arasında benzerlik indeksi düşük çıkmıştır. Buradan da bu alanların farklı eğitim stratejilerinin olduğunu ve farklı beceriler geliştirmeyi amaçladıklarını gösterebilir.



Şekil 15. 2015 Türkiye örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

b) Okul Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye örnekleminde okul odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 16'da yer almaktadır. Şekil 16 incelendiğinde '2015 Türkiye Fen_1' ile '2015 Türkiye Okuma_1' arasındaki benzerlik oranı 0.51 ile diğer kıyaslamalardan daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri fen ve okuma alanlarının orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.19 ile '2015 Türkiye Fen_2' ile '2015 Türkiye Okuma_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri fen ve okuma alanlarının 2. Önem grubunda az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca Şekil 15'den farklı olarak Şekil 16'da, '2015 Türkiye Matematik_1' ve '2015 Türkiye Okuma_1' alanlarının 1. Önem seviyesindeki değişkenlerde benzerlik indeksinin yüksek olması dikkat çekmektedir. Bunların dışında, diğer kıyaslamalarda Şekil 15'e göre oldukça benzer sonuçlar elde edilmiş ve kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir.

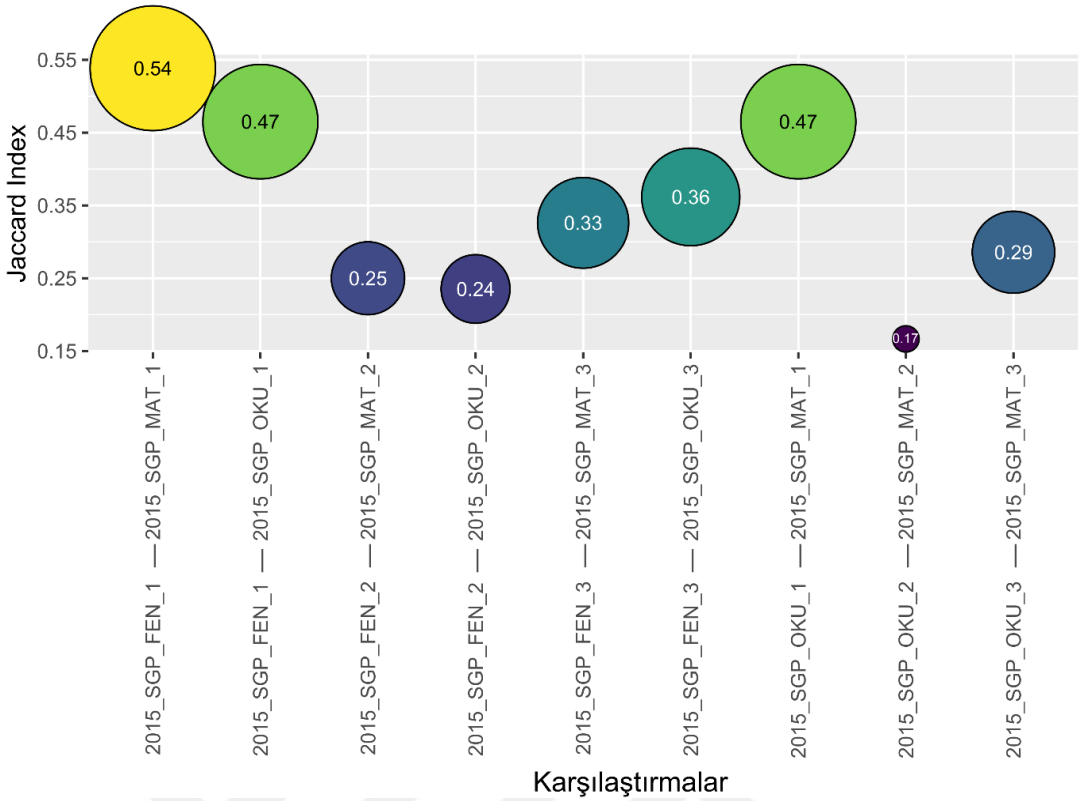


Şekil 16. 2015 Türkiye örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

4.3.1.2. Singapur 2015 PISA Bulguları

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2015 PISA Singapur örnekleminde öğrenci odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 17'de yer almaktadır. Şekil 17 incelendiğinde, '2015 Singapur Fen_1' ile '2015 Singapur Matematik_1' arasındaki benzerlik oranı 0.54 ile diğer kıyaslamalardan daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri fen ve matematik alanlarının orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. Benzer şekilde. '2015 Singapur Fen_1' ve '2015 Singapur Okuma_1' arasındaki benzerlik indeksi ile '2015 Singapur Okuma_1' ve '2015 Singapur Matematik_1' arasındaki benzerlik indeksi 0.47 çıkmış ve bu sonuç alanlar arasındaki benzerliğin de orta seviyede olduğunu gösterir. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.17 '2015 Singapur Matematik_2' ile '2015 Singapur Okuma_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri matematik ve okuma alanlarının 2. Önem grubunda çok az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.24-0.36 aralığında değer aldıkları için orta-düşük seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.



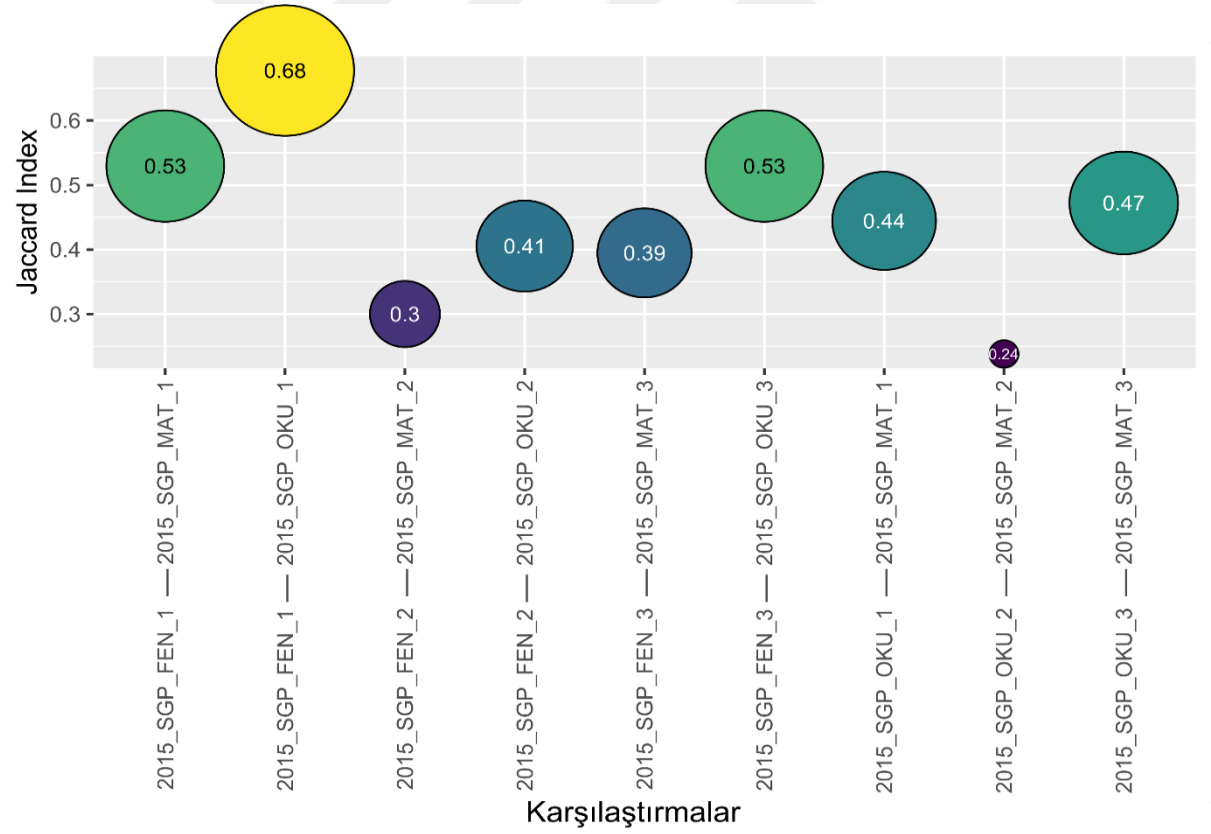
Şekil 17. 2015 Singapur örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

Şekil 17'ye bakıldığında öğrenci odaklı olan ve 1. Grupta yer alan önem parametresi yüksek değişkenlerin Fen ve Matematik alanlarında nispeten iyi bir uyumun var olduğunu ve bu alanların öğretiminde benzer teknikler kullanıldığını sezdirmektedir. Bu bağlamda ülkenin eğitim stratejilerinde, uygulamalı bilimlerde matematiksel becerilerin koordinasyonunu öğrencilere benimsetmeyi amaçladıklarını düşündürmektedir. Buna karşın, 2. Grup değişkenlere göre fen ile okuma alanları arasında ve matematik ile okuma alanları arasında benzerlik indeksi düşük çıkmıştır. Buradan da bu alanların farklı eğitim stratejilerinin olduğunu ve farklı beceriler geliştirmeyi amaçladıklarını gösterebilir.

b) Okul Odaklı Değişkenler

2015 PISA Singapur örnekleminde okul odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 18'de yer almaktadır. Şekil 18 incelendiğinde '2015 Singapur Fen_1' ile '2015 Singapur Okuma_1' arasındaki Jaccard benzerlik oranı 0.68 ile diğer kıyaslamalardan daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri fen ve okuma alanlarının orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda diğerlerine göre daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. Benzer şekilde '2015 Singapur Fen_1' ve '2015 Singapur Matematik_1' alanlarındaki değişkenler ile

'2015 Singapur Fen_3' ve '2015 Singapur Okuma_3' alanlarının kıyaslanmasında Jaccard benzerlik indeksi 0.53 olarak ölçülmüştür. Bu benzerlik oranı bahsedilen alanlar arasında orta seviye bir benzerlik olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca önem gruplarına göre fen ile okuma alanlarının kıyaslanmasında 1. Önem grubu ortak değişken sayısının 3. Önem grubu ortak değişken sayısına göre daha fazla olduğu söylenebilir. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.24 ile '2015 Singapur Matematik_2' ile '2015 Singapur Okuma_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri matematik ve okuma alanlarının 2. Önem grubunda az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca Şekil 17'den farklı olarak Şekil 18'de, '2015 Singapur Fen_2' ve '2015 Singapur Okuma_2' ile '2015 Singapur Matematik_3' ve '2015 Singapur Okuma_3' alanlarının değişkenlerinde benzerlik indeksindeki önemli bir artış olması dikkat çekmektedir. Bunların dışında, diğer kıyaslamalarda Şekil 17'ye göre oldukça benzer sonuçlar elde edilmiş ve kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.24-0.30 aralığında değer aldıkları için düşük-orta seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

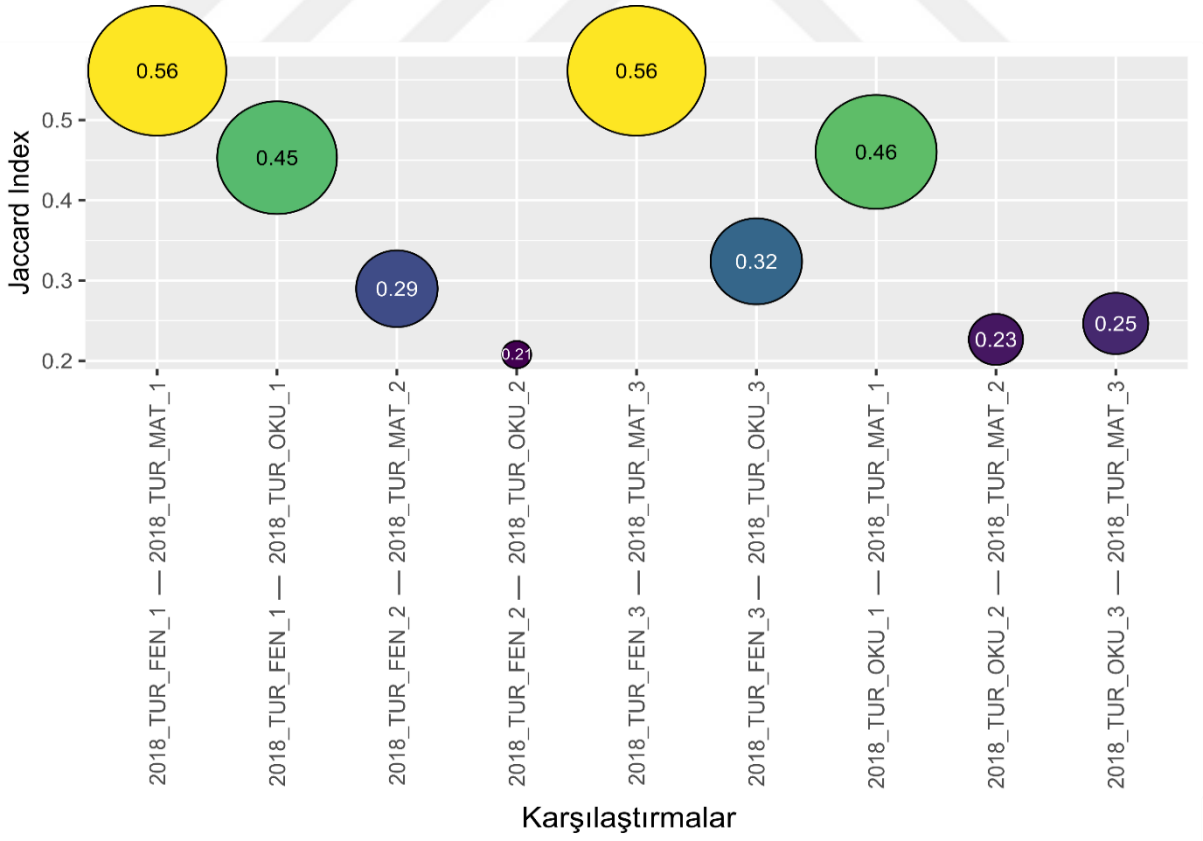


Şekil 18. 2015 Singapur örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

4.3.1.3. Türkiye 2018 PISA Bulguları

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2018 PISA Türkiye örnekleminde öğrenci odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 19'da yer almaktadır. Şekil 19 incelendiğinde, '2018 Türkiye Fen_1' ile '2018 Türkiye Matematik_1' arasında ve yine '2018 Türkiye Fen_3' ile '2018 Türkiye Matematik_3' arasındaki benzerlik oranı 0.56 ile diğer kıyaslamalardan daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri fen ve matematik alanlarının orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Ve 3. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. Benzer şekilde. '2018 Türkiye Fen_1' ve '2018 Türkiye Okuma_1' arasındaki benzerlik indeksi ile '2018 Türkiye Okuma_1' ve '2018 Türkiye Matematik_1' arasındaki benzerlik indeksi sırasıyla 0.45 ve 0.46 çıkmış ve bu sonuç alanlar arasındaki benzerliğin de orta seviyede olduğunu gösterir. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.21 '2015 Türkiye Fen_2' ile '2015 Türkiye Okuma_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri fen ve okuma alanlarının 2. Önem grubunda çok az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.21-0.32 aralığında değer aldıkları için düşük seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

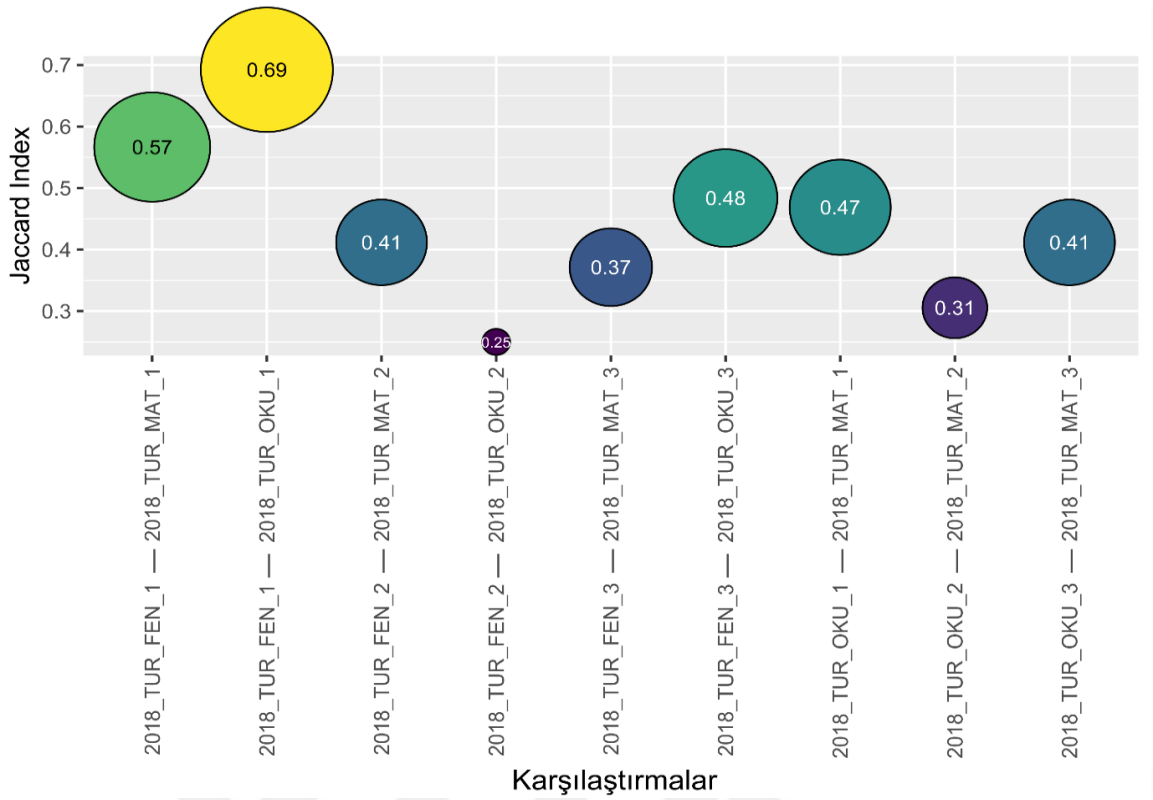


Şekil 19. 2018 Türkiye örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

Şekil 19’a bakıldığında öğrenci odaklı olan, 1. Ve 3. Grupta yer alan önem parametresi yüksek değişkenlerin Fen ve Matematik alanlarında nispeten iyi bir uyumun var olduğunu ve bu alanların öğretiminde benzer teknikler kullanıldığını sezdirmektedir. Bu bağlamda ülkenin eğitim stratejilerinde, uygulamalı bilimlerde matematiksel becerilerin koordinasyonunu öğrencilere benimsetmeyi amaçladıklarını düşündürmektedir. Buna karşın, 2. Grup değişkenlere göre fen ile okuma alanları arasında ve matematik ile okuma alanları arasında benzerlik indeksi düşük çıkmıştır. Buradan da bu alanların farklı eğitim stratejilerinin olduğunu ve farklı beceriler geliştirmeyi amaçladıklarını gösterebilir.

b) Okul Odaklı Değişkenler

2018 PISA Türkiye örnekleminde okul odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 20’de yer almaktadır. Şekil 20 incelendiğinde '2018 Türkiye Fen_1' ile '2018 Türkiye Okuma_1' arasındaki Jaccard benzerlik oranı 0.69 ile diğer kıyaslamalardan daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri fen ve okuma alanlarının yüksek seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda diğerlerine göre daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. Benzer şekilde '2018 Türkiye Fen_1' ve '2018 Türkiye Matematik_1' alanlarındaki değişkenler kıyaslanmasında Jaccard benzerlik indeksi 0.57 olarak ölçülmüştür. Bu benzerlik oranı bahsedilen alanlar arasında orta seviye bir benzerlik olduğunu ifade etmektedir. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.25 ile '2018 Türkiye Fen_2' ile '2018 Türkiye Okuma_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri matematik ve okuma alanlarının 2. Önem grubunda az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca Şekil 19’dan farklı olarak Şekil 20’de, '2018 Türkiye Fen_2' ve '2018 Türkiye Matematik_2' ile '2018 Türkiye Matematik_3' ve '2018 Türkiye Okuma_3' alanlarının değişkenlerinde benzerlik indeksindeki düşük seviyeden orta seviyeye doğru bir artış olması dikkat çekmektedir. Bunların dışında, diğer kıyaslamalarda Şekil 19’a göre oldukça benzer sonuçlar elde edilmiş ve kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.25-0.48 aralığında değer aldıkları için düşük-orta seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.



Şekil 20. 2018 Türkiye örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

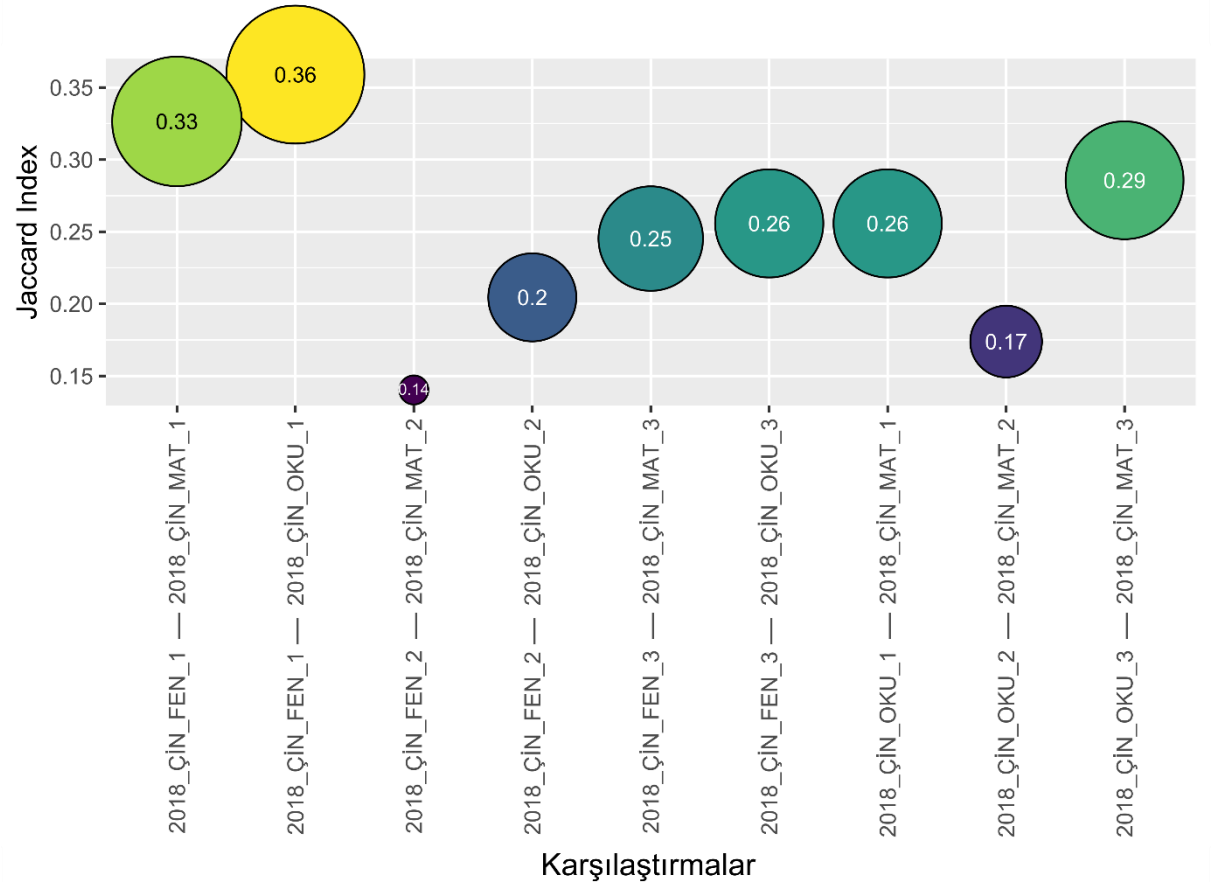
4.3.1.4. Çin (B-S-J-Z) 2018 PISA Bulguları

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2018 PISA Çin örnekleminde öğrenci odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 21'da yer almaktadır. Şekil 21 incelendiğinde, '2018 Çin Fen_1' ile '2018 Çin Okuma_1' alanları arasındaki benzerlik oranı 0.36 ile diğer kıyaslamalardan daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri fen ve okuma alanlarının orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. Benzer şekilde. '2018 Çin Fen_1' ve '2018 Çin Matematik_1' arasındaki benzerlik indeksi 0.33 çıkmış ve bu sonuç fen ve matematik alanları arasındaki benzerliğin de orta seviyede olduğunu gösterir. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.14 ile '2015 Çin Fen_2' ile '2015 Çin Matematik_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri fen ve matematik alanlarının 2. Önem grubunda çok az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.14-0.29 aralığında değer aldıkları için düşük seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

Şekil 21'e bakıldığında öğrenci odaklı olan, 1. Grupta yer alan önem parametresi yüksek değişkenlerin Fen ve okuma alanlarında nispeten iyi bir uyumun var olduğu

görülmektedir. Buna karşın, 2. Grup değişkenlere göre fen ile matematik alanları arasında benzerlik indeksi düşük çıkmıştır. Buradan da bu alanların farklı eğitim stratejilerinin olduğunu ve farklı beceriler geliştirmeyi amaçladıklarını gösterebilir.

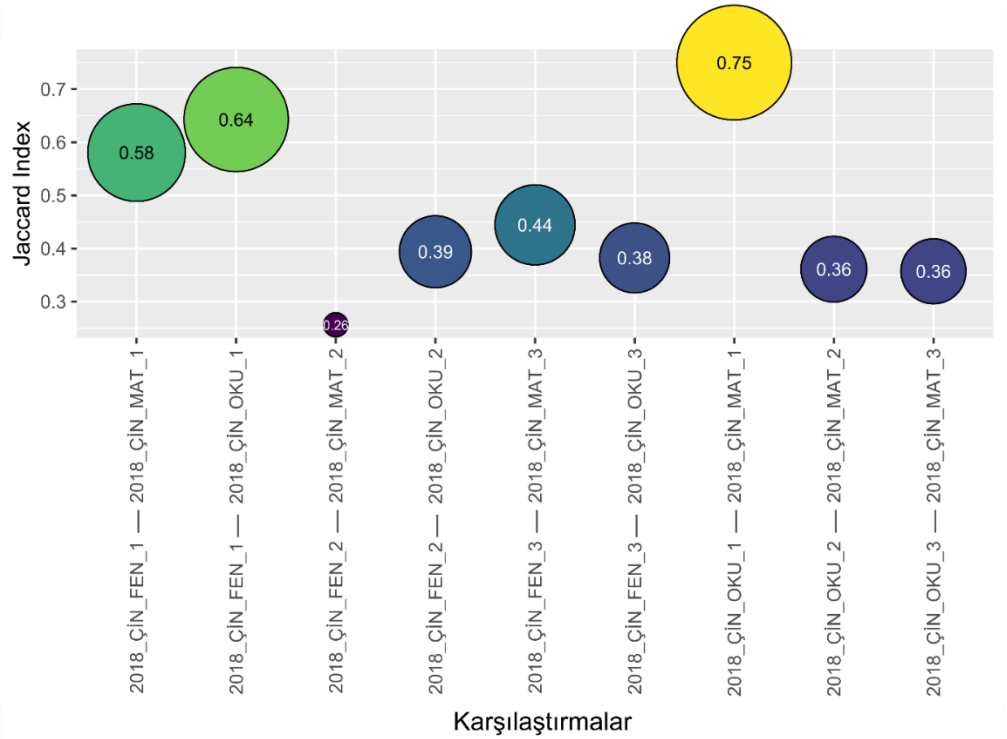


Şekil 21. 2018 Çin örneklemi öğrenci odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

b) Okul Odaklı Değişkenler

2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örnekleminde okul odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 22'de yer almaktadır. Şekil 22 incelendiğinde '2018 Çin Okuma_1' ile '2018 Çin Matematik_1' arasındaki Jaccard benzerlik oranı 0.75 ile diğer kıyaslamalardan çokça yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri okuma ve matematik alanlarının yüksek seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda diğerlerine göre daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. Benzer şekilde '2018 Çin Fen_1' ve '2018 Çin okuma_1' alanlarındaki değişkenler kıyaslanmasında Jaccard benzerlik indeksi 0.64 olarak ölçülmüştür. Bu benzerlik oranı bahsedilen alanlar arasında orta seviye bir benzerlik olduğunu ifade etmektedir. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.26 ile '2018 Çin Fen_2' ile '2018 Çin Matematik_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri Fen ve Matematik alanlarının 2. Önem

grubunda az sayıda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca Şekil 21'den farklı olarak Şekil 22'de, '2018 Çin Matematik_2' ve '2018 Çin Okuma_2' alanlarının değişkenlerinde benzerlik indeksindeki düşük seviyeden orta seviyeye doğru bir artış olması dikkat çekmektedir. Aynı şekilde '2018 Çin Fen_1' ile '2018 Çin Matematik_1' alanları arasındaki benzerlik oranının artışı da dikkat çekmektedir. Bunların dışında, diğer kıyaslamalarda Şekil 21'e göre oldukça benzer sonuçlar elde edilmiş ve kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.26-0.58 aralığında değer aldıkları için düşük-orta seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.



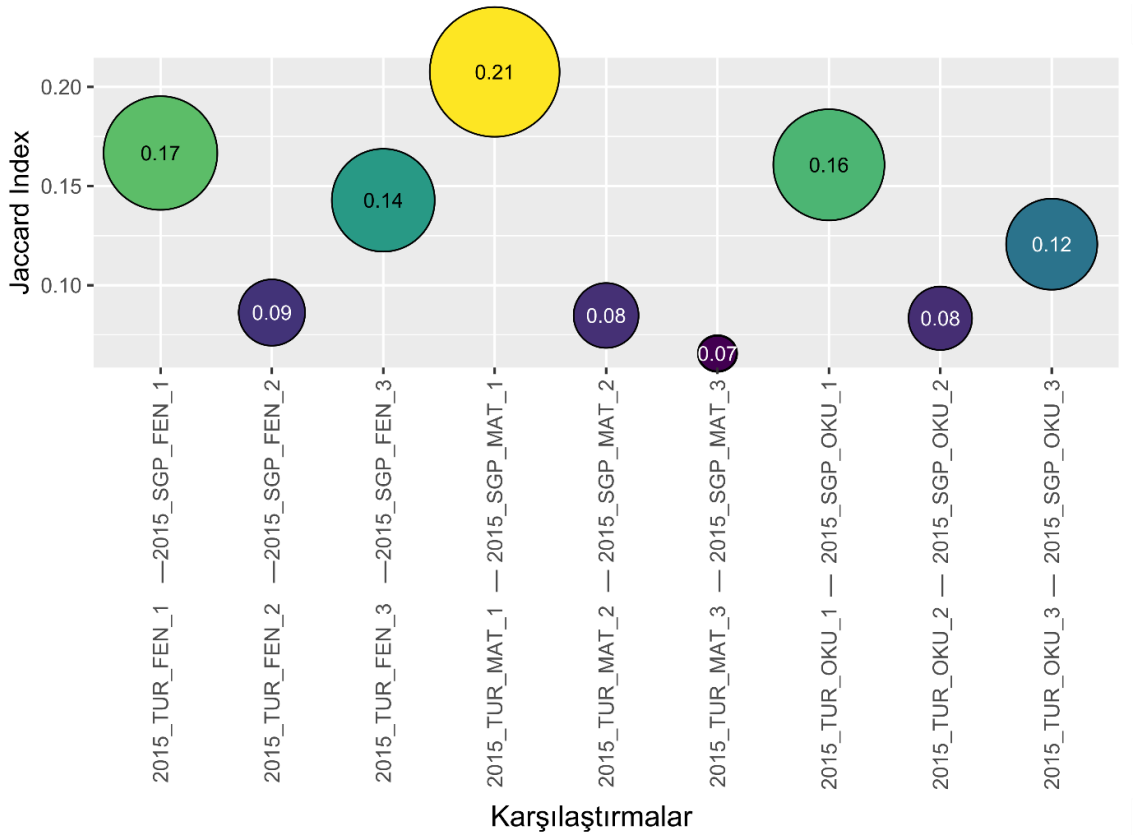
Şekil 22. 2018 Çin örneklemi okul odaklı değişkenler için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

4.3.2. Ülkeye Göre Benzerliklerin Karşılaştırılması

Bu bölümde 2015 PISA Türkiye ve Singapur verileri, 2018 PISA Türkiye ve Çin verileri ortak alan ve önem gruplarına göre kıyaslanacaktır.

4.3.2.1. 2015 PISA: Türkiye ile Singapur

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler



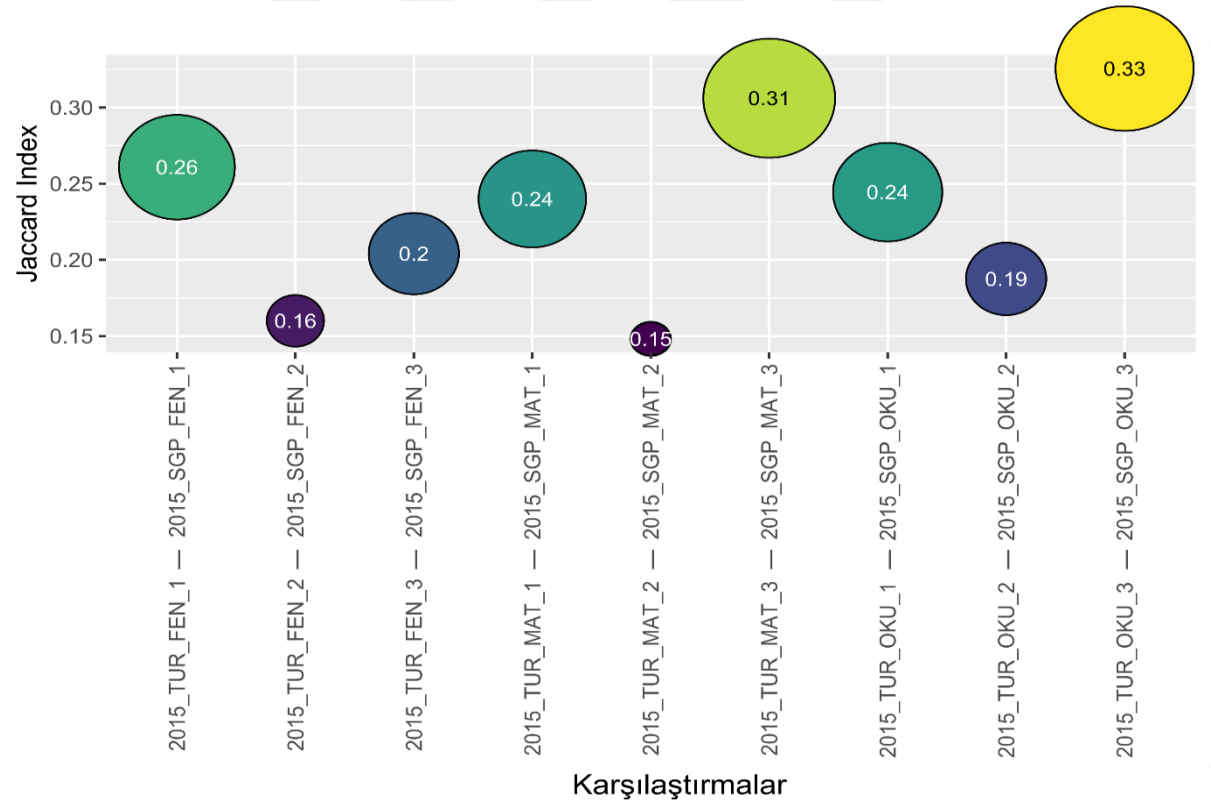
Şekil 23. 2015 Türkiye ve 2015 Singapur ülkelerinin öğrenci odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

2015 PISA Türkiye ve Singapur örnekleminde öğrenci odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 23'de yer almaktadır. Grafikteki dairelerin büyüklüğü ve renkleri benzerliğin ölçümlerinin bir simgesidir. Daire büyük ve canlı renkli ise benzerlik fazladır, daire küçük ve soluk renkli ise benzerlik azdır. Şekil 23 incelendiğinde, '2015 Türkiye Matematik_1' ile '2015 Singapur Matematik_1' arasındaki benzerlik oranı 0.21 ile diğer kıyaslamalardan nispeten daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri Türkiye ve Singapur ülkelerinin matematik alanında orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama

ise 0.07 '2015 Türkiye Matematik_3' ile '2015 Singapur Matematik_3' alanları arasında olmuştur. Bu veri Türkiye ve Singapur ülkelerinin 3. Önem grubunda matematik alanında düşük oranda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.07-0.17 aralığında değer aldıkları için düşük seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

Şekil 23'ye bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler için Türkiye ve Singapur'un öğrencileri arasında matematik alanında 1. Önem seviyesindeki değişkenlerin benzerlik sonucuna göre nispeten orta seviyede bir uyumun var olduğu görülmektedir. Bu ülkelerin eğitim metodunda benzer teknikler kullanıldığını düşünebiliriz. Buna karşın, 3. Grup değişkenlerin matematik alanı benzerlik sonucu oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu noktada 3. Gruptaki değişkenleri arasında ortak değişken sayısının çok az olduğu sonucuna varabiliriz. Buradan da bu ülkelerde sınıf içi uygulamalarda, kaynaklarda, öğretim yaklaşımlarında, ders kitaplarında ve öğretim materyallerinde fark olduğunu düşünebiliriz.

b) Okul Odaklı Değişkenler



Şekil 24. 2015 Türkiye ve 2015 Singapur ülkelerinin okul odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

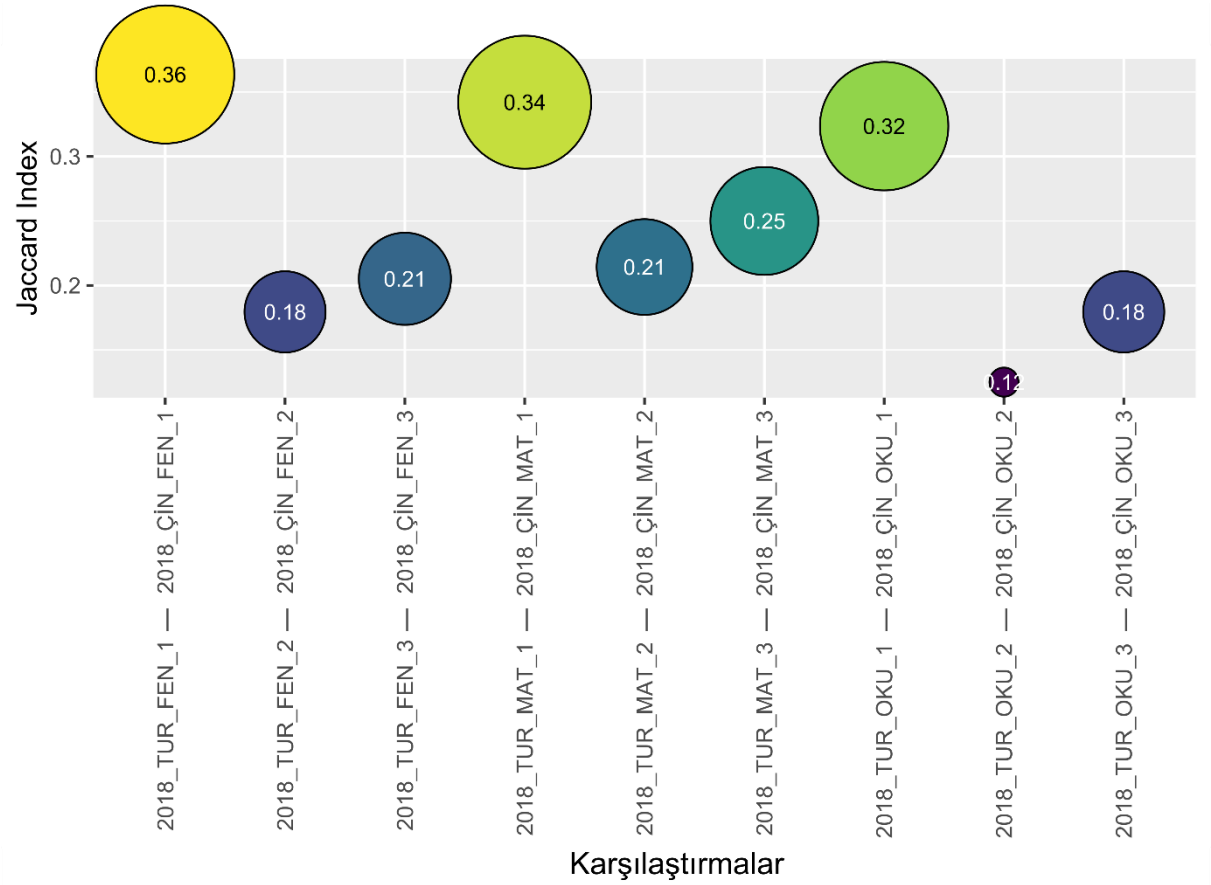
2015 PISA Türkiye ve Singapur örnekleminde okul odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 24'de yer almaktadır. Şekil 24 incelendiğinde, '2015 Türkiye Okuma_3' ile '2015 Singapur Okuma_3' arasındaki benzerlik oranı 0.33 ile diğer kıyaslamalara nispeten daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri Türkiye ve Singapur ülkelerinin okuma alanında orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 3. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.15 ile '2015 Türkiye Matematik_2' ve '2015 Singapur Matematik_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri Türkiye ve Singapur ülkelerinin 2. Önem grubunda düşük oranda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca Şekil 23'den farklı olarak Şekil 24'de, '2015 Türkiye Matematik_3' ile '2015 Singapur Matematik_3' ülkelerinin matematik alanındaki 3. Seviye önem grubundaki değişken benzerlik indeksinin 0.07'den 0.31'e benzerlik indeksindeki düşük seviyeden orta seviyeye doğru bir artış olması dikkat çekmektedir. Aynı şekilde '2015 Türkiye Okuma_3' ile '2015 Singapur Okuma_3' ülkelerinin matematik alanındaki 3. Seviye önem grubundaki değişken benzerlik indeksinin 0.12'den 0.33'e benzerlik oranının artışı da dikkat çekmektedir. Bunların dışında, diğer kıyaslamalarda Şekil 23'e göre oldukça benzer sonuçlar elde edilmiş ve kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.15-0.26 aralığında değer aldıkları için düşük-orta seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

4.3.2.2. 2018 PISA: Türkiye ile Çin (B-S-J-Z)

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2018 PISA Türkiye ve Çin örnekleminde öğrenci odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 25'de yer almaktadır. Grafikteki dairelerin büyüklüğü ve renkleri benzerliğin ölçümlerinin bir simgesidir. Daire büyük ve canlı renkli ise benzerlik fazladır, daire küçük ve soluk renkli ise benzerlik azdır. Şekil 25 incelendiğinde, '2018 Türkiye Fen_1' ile '2018 Çin Fen_1' arasındaki benzerlik oranı 0.36 ile diğer kıyaslamalardan nispeten daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri Türkiye ve Çin ülkelerinin fen alanında orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 1. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. Benzer şekilde'2018 Türkiye Matematik_1' ile '2018 Çin Matematik_1' arasında ve '2018 Türkiye Okuma_1' ile '2018 Çin Okuma_1' arasındaki benzerlik indeksi 0.34 ve 0.32 çıkmış ve bu sonuç Türkiye ve Çin ülkeleri arasındaki benzerliğinin bu alanlarda orta seviyede

olduğunu gösterir. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.12 ile '2018 Türkiye Okuma_2' ve '2018 Çin Okuma_2' alanları arasında olmuştur. Bu veri Türkiye ve Çin ülkelerinin 2. Önem grubunda düşük oranda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.12-0.25 aralığında değer aldıkları için düşük seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.



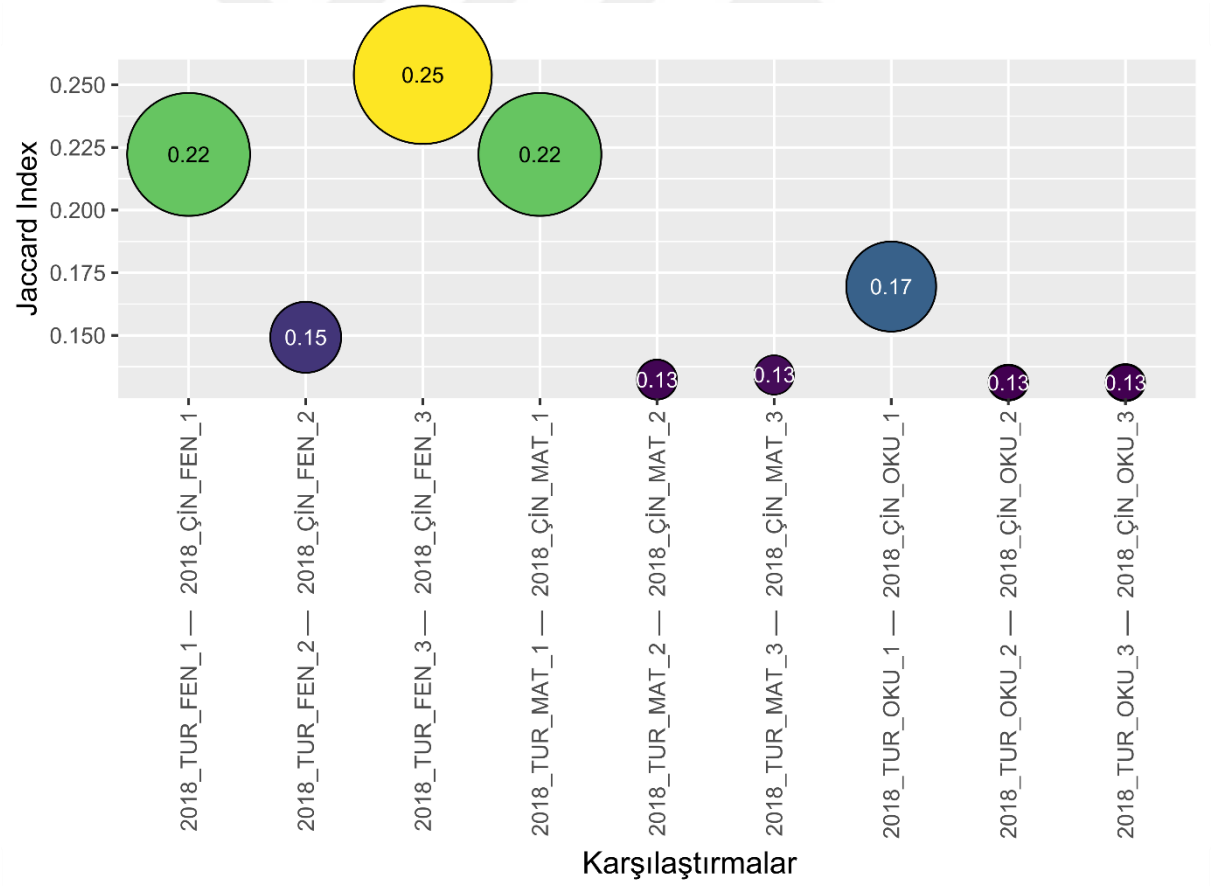
Şekil 25. 2018 Türkiye ve 2018 Çin ülkelerinin öğrenci odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

Şekil 23'ye bakıldığında öğrenci odaklı değişkenler için Türkiye ve Çin'in öğrencileri arasında fen alanında 1. Önem seviyesindeki değişkenlerin benzerlik sonucuna göre nispeten orta seviyede bir uyumun var olduğu görülmektedir. Bu ülkelerin eğitim metodunda fen alanında benzer teknikler kullanıldığını düşünebiliriz. Buna karşın, 2. Grup değişkenlerin okuma alanı benzerlik sonucu oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu noktada 2. Gruptaki değişkenleri arasında ortak değişken sayısının çok az olduğu sonucuna varabiliriz. Buradan da bu ülkelerde okuma eğitimi noktasında farklılıklar olduğunu varsayabiliriz.

b) Okul Odaklı Değişkenler

2018 PISA Türkiye ve Çin (B-S-J-Z) örnekleminde okul odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 24'de yer

almaktadır. Şekil 26 incelendiğinde, '2018 Türkiye Fen_3' ile '2018 Çin Fen_3' arasındaki benzerlik oranı 0.25 ile diğer kıyaslamalara nispeten daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri Türkiye ve Çin ülkelerinin fen alanında orta seviyede benzerlik gösterdiğini ve 3. Önem grubunda nispeten daha çok ortak değişkenleri olduğunu ifade eder. En düşük Jaccard indeks değeri veren kıyaslama ise 0.13 ile '2018 Türkiye Matematik_2' ile '2018 Çin Matematik_2', '2018 Türkiye Matematik_3' ile '2018 Çin Matematik_3', '2018 Türkiye Okuma_2' ile '2018 Çin Okuma_2' ve '2018 Türkiye Okuma_3' ile '2018 Çin Okuma_3' alanları arasında olmuştur. Bu veri Türkiye ve Çin ülkelerinin 2. Ve 3. Önem grubunda Matematik ve Okuma alanlarında düşük oranda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Bunların dışında, diğer kıyaslamalarda Şekil 25'e göre oldukça benzer sonuçlar elde edilmiş ve kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.13-0.22 aralığında değer aldıkları için düşük-orta seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

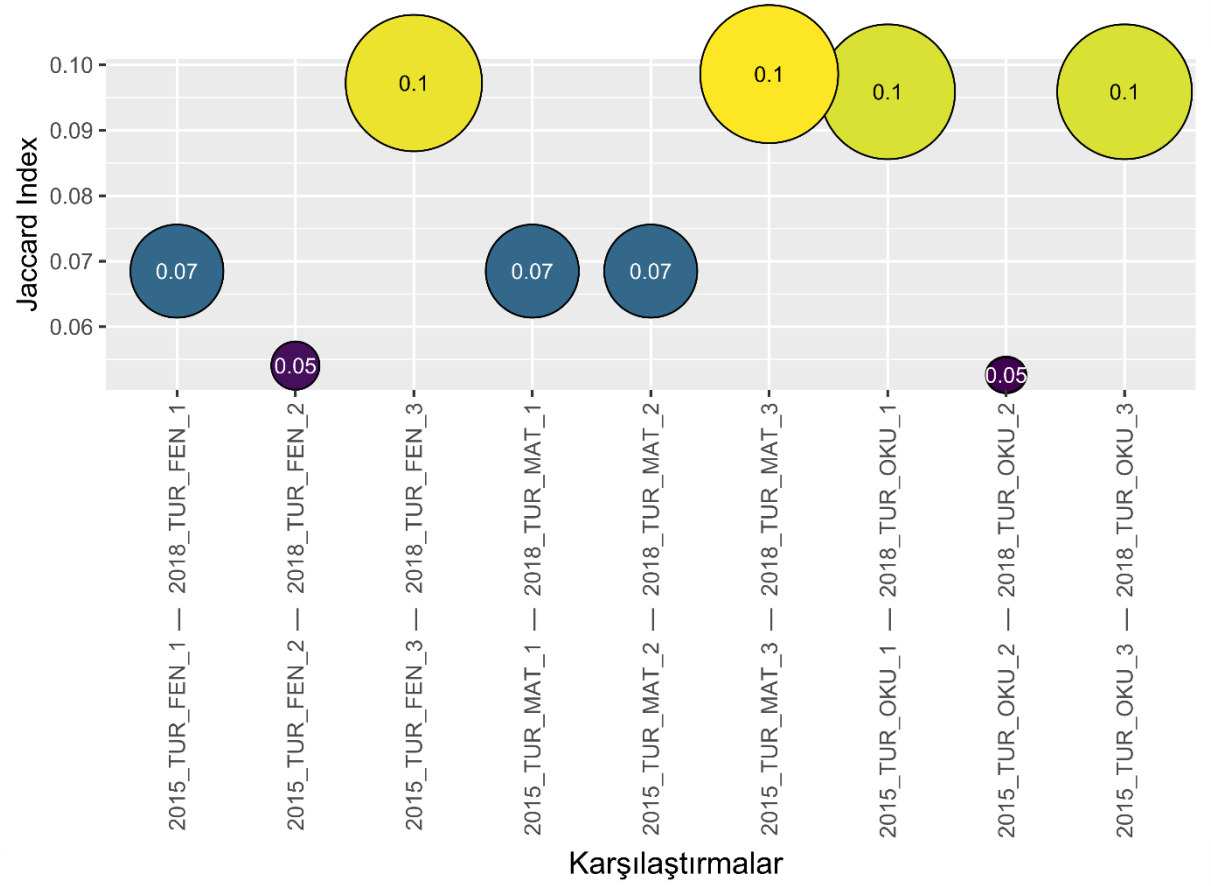


Şekil 26. 2018 Türkiye ve 2018 Çin ülkelerinin okul odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

4.3.3. Yıla göre benzerliklerin karşılaştırılması

Bu bölümde 2015 ve 2018 PISA Türkiye örneklemi üzerinden bulgular, alan ve önem grubu kıyaslamaları öğrenci ve okul odaklı olarak tek tek yapılacaktır.

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

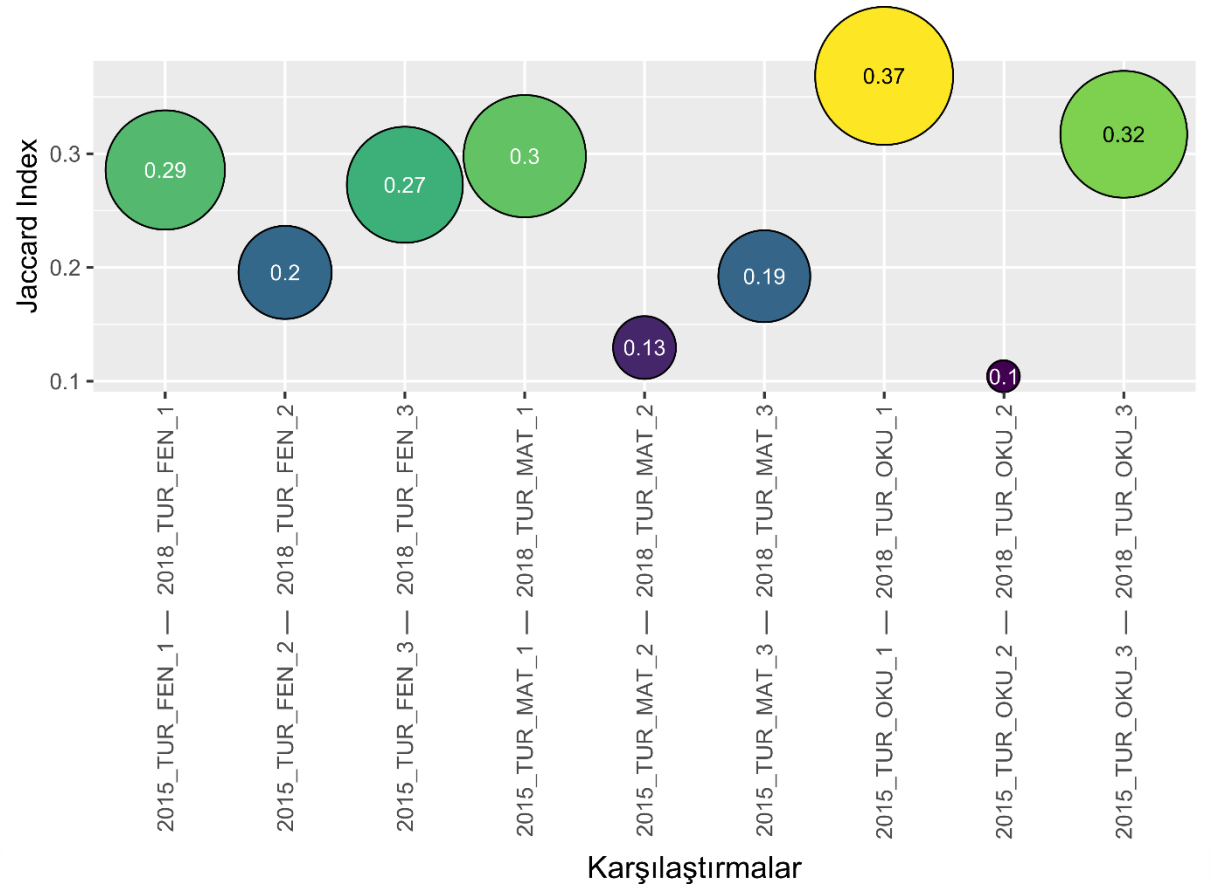


Şekil 27. 2015 Türkiye ile 2018 Türkiye örneklemi öğrenci odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

2015 ve 2018 PISA Türkiye örnekleminde öğrenci odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 27'de yer almaktadır. Grafikteki dairelerin büyüklüğü ve renkleri benzerliğin ölçümlerinin bir simgesidir. Daire büyük ve canlı renkli ise benzerlik fazladır, daire küçük ve soluk renkli ise benzerlik azdır. Şekil 27 incelendiğinde, '2015 Türkiye Fen_3' ile '2018 Türkiye Fen_3' arasında, '2015 Türkiye Matematik_3' ile '2018 Türkiye Matematik_3' arasında, '2015 Türkiye Okuma_1' ile '2018 Türkiye Okuma_1' arasında ve '2015 Türkiye Okuma_3' ile '2018 Türkiye Okuma_3' arasındaki benzerlik oranı 0.1 ile diğer kıyaslamalardan nispeten daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri 2015 ve 2018 PISA Türkiye uygulamalarının fen ve matematik alanında 3. Grup, okuma alanında 1 ve 3. Grup seviyesindeki

değişkenlerde orta seviyede benzerlik gösterdiğini ifade eder. Bu veri 2015 ve 2018 PISA Türkiye uygulamalarının diğer kıyaslamalara göre yüksek oranda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.05-0.07 aralığında değer aldıkları için düşük seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

b) Okul Odaklı Değişkenler



Şekil 28. 2015 Türkiye ile 2018 Türkiye örneklemi okul odaklı değişkenleri için fen, matematik ve okuma alanları önem grupları arasında Jaccard benzerlik indeksi.

2015 ve 2018 PISA Türkiye örnekleminde okul odaklı değişkenlerin önem grupları arasında ve farklı eğitim alanlarındaki Jaccard benzerlik indeksi Şekil 28'de yer almaktadır. Şekil 28 incelendiğinde, '2015 Türkiye Okuma_1' ile '2018 Türkiye Okuma_1' yılları okuma alanlarındaki Jaccard benzerlik oranı 0.37 ile diğer kıyaslamalardan nispeten daha yüksek benzerlik oranıyla dikkat çekmektedir. Bu veri 2015 ve 2018 PISA Türkiye uygulamalarının okuma alanında 1. Grup seviyesindeki değişkenlerde orta seviyede benzerlik gösterdiğini ifade eder. Bu veri 2015 ve 2018 PISA Türkiye uygulamalarının diğer kıyaslamalara göre yüksek oranda ortak değişlerinin olduğunu göstermektedir. Yine '2015 Türkiye Okuma_3' ile '2018 Türkiye Okuma_3' yıl ve 3. Grup okuma alanları arasındaki Jaccard benzerlik oranı 0.32 ile 1. Grup okuma alanına göre nispeten yüksek fakat orta derecede bir benzerlik

olduğunu göstermektedir. Ayrıca '2015 Türkiye Matematik_1' ile '2018 Türkiye Matematik_1' kıyaslamasında 0.30; '2015 Türkiye Fen_1' ile '2018 Türkiye Fen_1' kıyaslaması arasında 0.29 ve '2015 Türkiye Fen_3' ile '2018 Türkiye Fen_3' kıyaslamasında 0.27 Jaccard benzerlik oranının orta seviye nispeten yüksek çıkmış olması dikkat çekmektedir. Genel olarak Şekil 27'de görülen kıyaslamalardaki düşük benzerlik oranlarının Şekil 28'de düşük-orta seviyelere çıkmış olması gözden kaçırılmamalıdır. Yapılan diğer kıyaslamalar ise 0.1-0.20 aralığında değer aldıkları için düşük seviyede benzerlik gösterdikleri söylenebilir.

4.4. Başarı Puanlarının Geleceğe Yönelik Tahmini

Bu bölümde 2015 PISA verileri ile 2018 PISA başarı skorlarının tahmin çalışması yapılmıştır. 2015 PISA verileri ile önem seviyesi yüksek değişkenler kullanılmıştır. Tahmin çalışması en iyi performans gösteren XGBoost algoritmasıyla makine öğrenme modeli oluşturularak yapılmıştır. Çapraz doğrulama diyagramları ile kıyaslamalar gerçek ve tahmin skorları birlikte gösterilmiş ve RMSE, MAE ve Uyum korelasyon katsayısı değerlendirme metrikleri ile hata dağılımları verilmiştir. Histogram diyagramlarıyla da skor dağılımları gösterilmiştir. İki dağılımın kıyaslanması (Gerçek ve tahmin skorlarının histogramları) Kolmogorov-Simirnov testi ile benzerlik değerlendirilmiştir.

4.4.1. 2018 PISA Fen başarı skorlarının tahmini

a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye Fen alanındaki öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan XGBoost algoritmasıyla 2018 PISA Türkiye Fen başarı skorlarının tahmin çalışması yapılmıştır. 2015 PISA Türkiye Fen alanındaki öğrenci verileri ile önem seviyesi yüksek değişkenler kullanılmıştır. Şekil 29a'da öğrencilerin 2018 PISA Türkiye Fen başarı skorlarının çapraz doğrulama diyagramı verilmiştir. 2015 PISA veri setindeki bazı değişkenler 2018 PISA veri setinde bulunmadığından, bu uygulamalardaki ortak olan değişkenler kullanılmıştır. Ek Tablo 29'da bu değişkenler detaylandırılmıştır. Çapraz doğrulama diyagramında gösterilen renk geçişi, tahmin hatalarının dağılımını ifade etmektedir. XGBoost modeli ile yapılan 2018 PISA Fen alanı tahmin çalışmasının sonuçları Şekil 29b'de verilmiştir. Şekil 29b'de histogramlarla karşılaştırmalı olarak öğrencilerin gerçek ve tahminlenen başarı skorlarının istatistiksel özet bilgileriyle dağılımları verilmiştir. Bunun yanında iki dağılımın anlamlı düzeydeki benzerliği Kolmogorov-Smirnov benzerlik testi ile bakılmıştır.

Şekil 29'da sunulan bulgular genel olarak incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır:

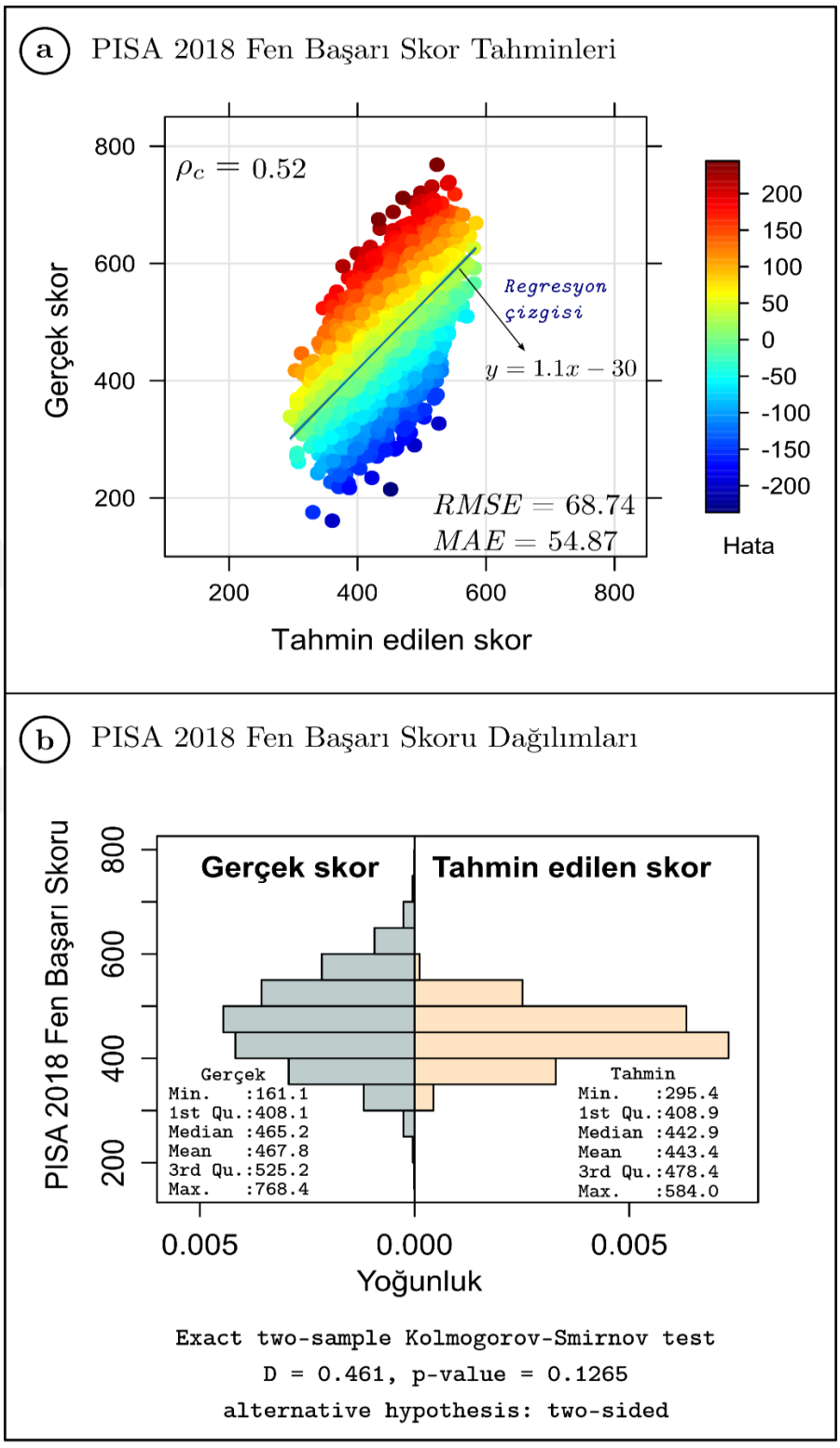
- Şekil 29a'da gerçek skorlar ile tahmin edilen skorlar arasındaki ilişkiyi görmek için Lin uyum korelasyon katsayısına bakılmıştır. ρ_c= 0.52 sonucu ile orta düzeyde bir ilişki olduğu ayrıca modelin tahminin beklenen yönde fakat aykırı değerler olduğu için bazı sapmaların yaşandığını ifade etmektedir. Fen skorlarının tahmin çalışmasında RMSE değeri 68.74 ve MAE değeri 54.87 olarak belirlenmiştir. RMSE ve MAE değerlerinin düşük çıkması, XGBoost modelinin önemli ölçüde doğru tahminler gerçekleştirdiğini ifade eder. Bu hata metriklerinin sonuçları, modelin genel performansının kabul edilebilir olduğunu gösterir.
- Şekil 29a'daki hata dağılımı açısından çapraz doğrulama diyagramı incelendiğinde, renk geçişine göre hata oranının -200 ile +200 arasında değer aldığı, düşük hataların (sarı, yeşil ve açık mavi tonlar) regresyon çizgisi etrafında toplandığı ve uç değerlerdeki aykırı verilerde hata oranın çoğalması fakat bu yüksek hata oranının yoğunluk derecesinin azlığı hataların normal bir dağılım gösterdiğini ortaya koyar. Hataların dağılımının normal olması modelin genelleme yeteneğinin ve tahmin performansının bir ifadesidir. Modelin tahminlerinde sistematik bir hatanın olmaması ve rastgele hataların varlığı hata dağılımının normal olduğunu ifade eder (Pernot ve diğerleri, 2020; Snell ve diğerleri, 2017). Bu sonuçlara bakıldığında, modelin genellikle ortalama öğrenci performansını doğru biçimde tahmin ettiğini ve ortalama değerlerin etrafında hata oranının az olduğunu ifade eder. Orta seviyedeki korelasyon katsayısı ve regresyon çizgisi, modelin genel doğruluk düzeyinin makul ölçüde olduğunu göstermektedir. Fakat uç değerlerde (hem yüksek hem de düşük skorlar) gözlemlenen hata oranındaki artış, modelin bu uç noktalardaki tahminlerde daha fazla sapma yaptığını ifade etmektedir. Bu durum, modelin aykırı ve aşırı değerleri tahmin etmede güçlük çektiğine işaret eder. Ayrıca modelin kimi öğrenci gruplarını doğru olarak yansıtamadığını hata dağılımındaki bu düzensizlik göstermektedir. Bunun sebebi ise 2015 PISA fen alanında 99 önemli değişken olmasına rağmen 2018 PISA fen alanında bazılarının olmaması ve öğrencilerin fen skorlarının tahmininde ortak olan 41 değişkenin kullanılmasıdır.
- Şekil 29b'de Fen başarı skorlarının gerçek ve tahminleri istatistiksel verilerle kıyaslandığında, tahmin edilen ortalama fen skorunun gerçek fen skoru ortalamasına epeyce yakın seviyede çıktığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra gerçek ve tahmin değerlerinin medyan ve birinci çeyrek seviyelerindeki ölçümlerin yakınlığı dikkat

çekmektedir. Fakat maksimum, minimum ve üçüncü çeyrek ölçümlerinde yakınlık tespit edilmemiştir. Ancak dağılımların genel olarak incelenmesi amacıyla Kolmogorov-Simirnov testi ile anlamlı benzerlik seviyeleri incelenmiş ve histogramların kıyaslanması yapılmıştır. Özellikle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımlarını kıyaslamak ve modelin genel tahmin becerisini doğru olarak değerlendirmek için histogram eğrilerinin dağılımlarını incelemek önemlidir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları $D = 0.461$, $p\text{-}value = 0.1265$ olarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum, modelin tahmin performansının sadece ortalama skorlarda değil ayrıca skorların dağılımında da iyi başarı gösterdiğini söyleyebiliriz.

- Tabi ki bu bulgular incelenirken bazı sınırlamaların olduğu unutulmamalıdır. 2018 PISA Türkiye Fen alanında öğrencilerin skorlarının tahmininde gerçek değere yakın sonuç bulunmasına rağmen bu iki skor arasındaki korelasyonun istenilen seviyede olmaması, modelin bütün öğrenci gruplarını aynı hassasiyetle tahmin edemediğini de gözler önüne sermektedir. Model, özellikle uç değerlerde (alt ve üst) ve genel eğilimden sapmış verilerde daha fazla hata yapmaktadır. Bu durumun başlıca sebeplerinden birinin, daha önce de bahsedildiği gibi 2015 PISA fen alanında 99 önemli değişken olmasına rağmen 2018 PISA Fen alanında bazılarının olmaması ve öğrencilerin Fen skorlarının tahmininde ortak olan 41 değişkenin kullanılmasıdır.
- 2015 PISA fen alanında 99 önemli değişken olmasına rağmen 2018 PISA Fen alanında bazılarının olmaması ve öğrencilerin Fen skorlarının tahmininde sadece ortak olan 41 değişkenin kullanılması modelin tahmin gücünü kısıtlamıştır. Bu durum eğitim programlarının ve politikalarının süreç içerisinde farklılaşmasının öğrenci başarı skorlarındaki etkisini fark etmede ciddi bir etkendir. Eğitim müfredatında ve sistemlerinde yapılan değişiklikler, bazı değişkenlerin etkisini arttırabilir veya azaltabilir. Bu sebeple bahsedilen değişikliklere göre modellerin güncellenmesi büyük önem taşır.

Nihayetinde, modelin metrik değerleri ve orta seviyedeki korelasyon katsayısı göz önüne alarak makul seviyede olduğu tespit edilmiştir. Fakat bazı sapmaların olması, eğitimde bireysel öğrenci başarı skorlarının tahmin edilmesinin zorlukları olduğunu göstermektedir. Bu durum, eğitim bilimlerinde daha gelişmiş ve uyum sağlayabilen modellerin oluşturulması gerekli olduğuna dikkat çekmektedir. Buna ek olarak, okul

yöneticileri ve eğitim politikacılarının veri analizine istinaden kararlar alırken modelin sınırlılıklarına dikkat etmeleri gerektiğini göstermektedir.



Şekil 29. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA öğrenci fen skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları.

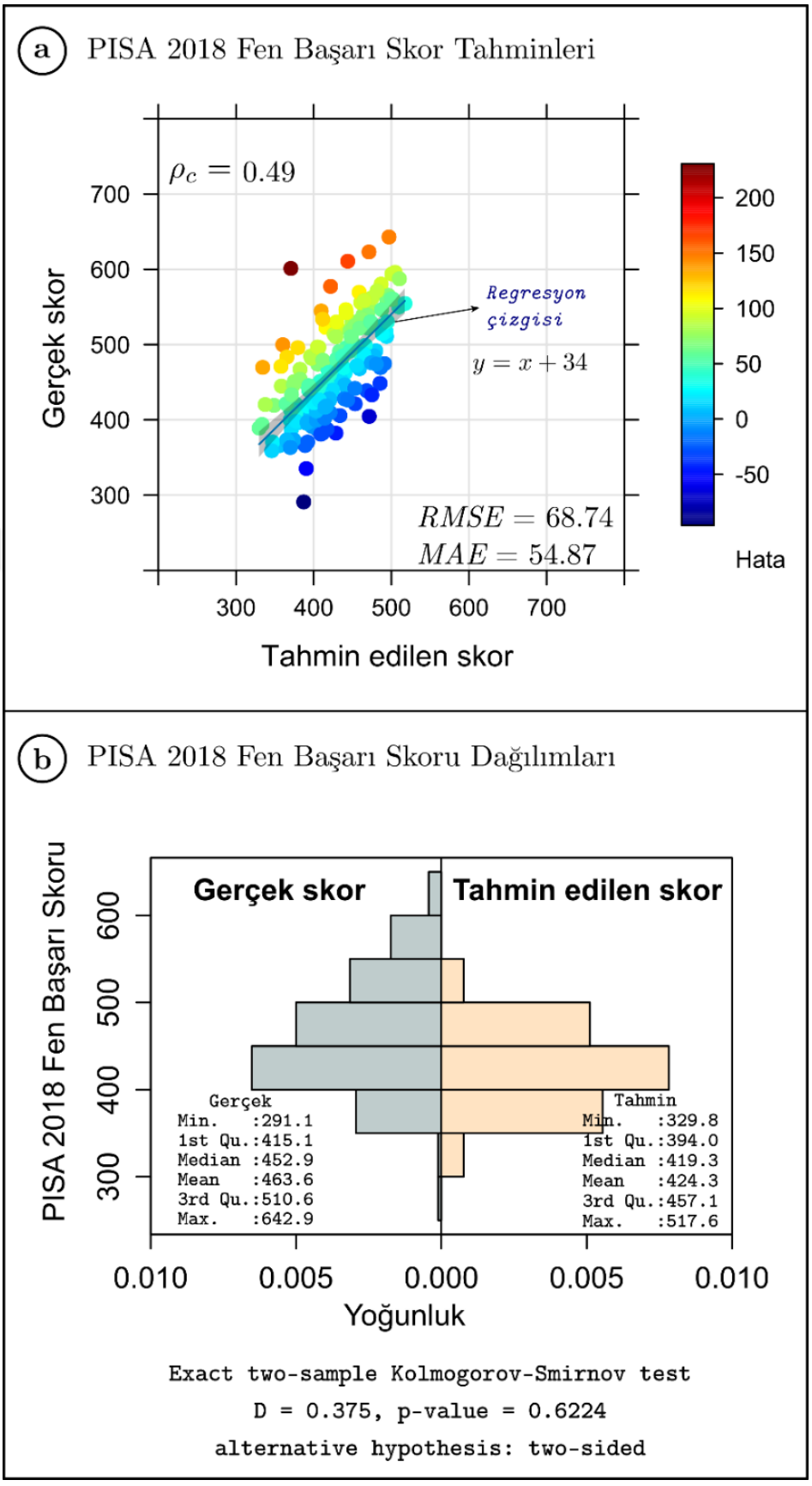
b) Okul Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye Fen alanındaki okul odaklı değişkenlerle oluşturulan XGBoost algoritmasıyla 2018 PISA Türkiye Fen okul ortalama başarı skorlarının tahmin çalışması yapılmıştır. 2015 PISA Türkiye Fen alanındaki okul ortalama verileri ile önem seviyesi yüksek değişkenler kullanılmıştır. Şekil 30a'da okul ortalamasının 2018 PISA Türkiye Fen başarı skorlarının çapraz doğrulama diyagramı verilmiştir. 2015 PISA veri setindeki bazı değişkenler 2018 PISA veri setinde bulunmadığından, bu uygulamalardaki ortak olan 77 değişken kullanılmıştır. Ek Tablo 29'da bu değişkenler detaylandırılmıştır. Çapraz doğrulama diyagramında gösterilen renk geçişi, tahmin hatalarının dağılımını ifade etmektedir. XGBoost modeli ile yapılan 2018 PISA Fen alanı tahmin çalışmasının sonuçları Şekil 30b'de verilmiştir. Şekil 30b'de histogramlarla karşılaştırmalı olarak okul ortalamalarının gerçek ve tahminlenen başarı skorlarının istatistiksel özet bilgileriyle dağılımları verilmiştir. Bunun yanında iki dağılımın anlamlı düzeydeki benzerliği Kolmogorov-Smirnov benzerlik testi ile bakılmıştır.

Bulgular:

- Şekil 30a'da gerçek skorlar ile tahmin edilen skorlar arasındaki ilişkiyi görmek için Lin uyum korelasyon katsayısına bakılmıştır. ρ_c= 0.49 sonucu ile orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. Fen skorlarının tahmin çalışmasında RMSE değeri 68.74 ve MAE değeri 54.87 olarak belirlenmiştir. Hata dağılımı açısından çapraz doğrulama diyagramı incelendiğinde, renk geçişine göre hata oranının -50 ile +200 arasında değer aldığı, düşük hataların (yeşil ve mavi tonlar) regresyon çizgisi etrafında toplandığı görülmüştür. Fakat aykırı değerlerden yüksek skorların tahmininde (özellikle pozitif yönde) hata oranı artmıştır. Ancak bu hata metriklerinin sonuçları, modelin genel performansının kabul edilebilir olduğunu gösterir.
- Şekil 30b: Gerçek skor ortalaması 463.6 iken tahmin edilen skor 424.3 ile daha düşük çıkmıştır. Aynı şekilde birinci kantil ve üçüncü kantil değerlerinde de farklılık tespit edilmiştir. Fakat verilerin genel dağılımı birbirine benzer anlamlı düzeylerdedir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları D = 0.375, *p-value* = 0.6224 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum hem skorların dağılımını hem de ortalama skorları modelin doğru olarak tahmin ettiğini ifade etmektedir.

2018 PISA Türkiye Fen alanında okul ortalama skorlarının tahmininde gerçek değere yakın sonuç bulunmasına rağmen bu iki skor arasındaki korelasyonun istenilen seviyede olmaması, modelin bütün okul gruplarını aynı hassasiyetle tahmin edemediğini de gözler önüne sermektedir. Bu durum, okulların bireysel olarak yaptığı tahminlerin, karmaşık olan gerçek dünya problemlerini öngörme konusunda birçok faktöre bağlı olmasından dolayı sınırlı kalabileceğini gösterir. Ek olarak, daha gerçekçi ve doğru sonuçlar sunduğunu, verilerin dağılımının tahmin edilmesi ve ortalama değişiminden anlayabiliriz. Bununla birlikte modelin metrik değerleri ve orta seviyedeki korelasyon katsayısı göz önüne alarak makul seviyede olduğu tespit edilmiştir. Fakat bazı sapmaların olması, okul ortalama performanslarının tahmin edilmesinin zorlukları olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, okul yöneticileri ve eğitim politikacılarının veri analizine istinaden kararlar alırken modelin sınırlılıklarına dikkat etmeleri gerektiğini göstermektedir.



Şekil 30. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA okulların fen skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları.

4.4.2. 2018 PISA Matematik başarı skorlarının tahmini

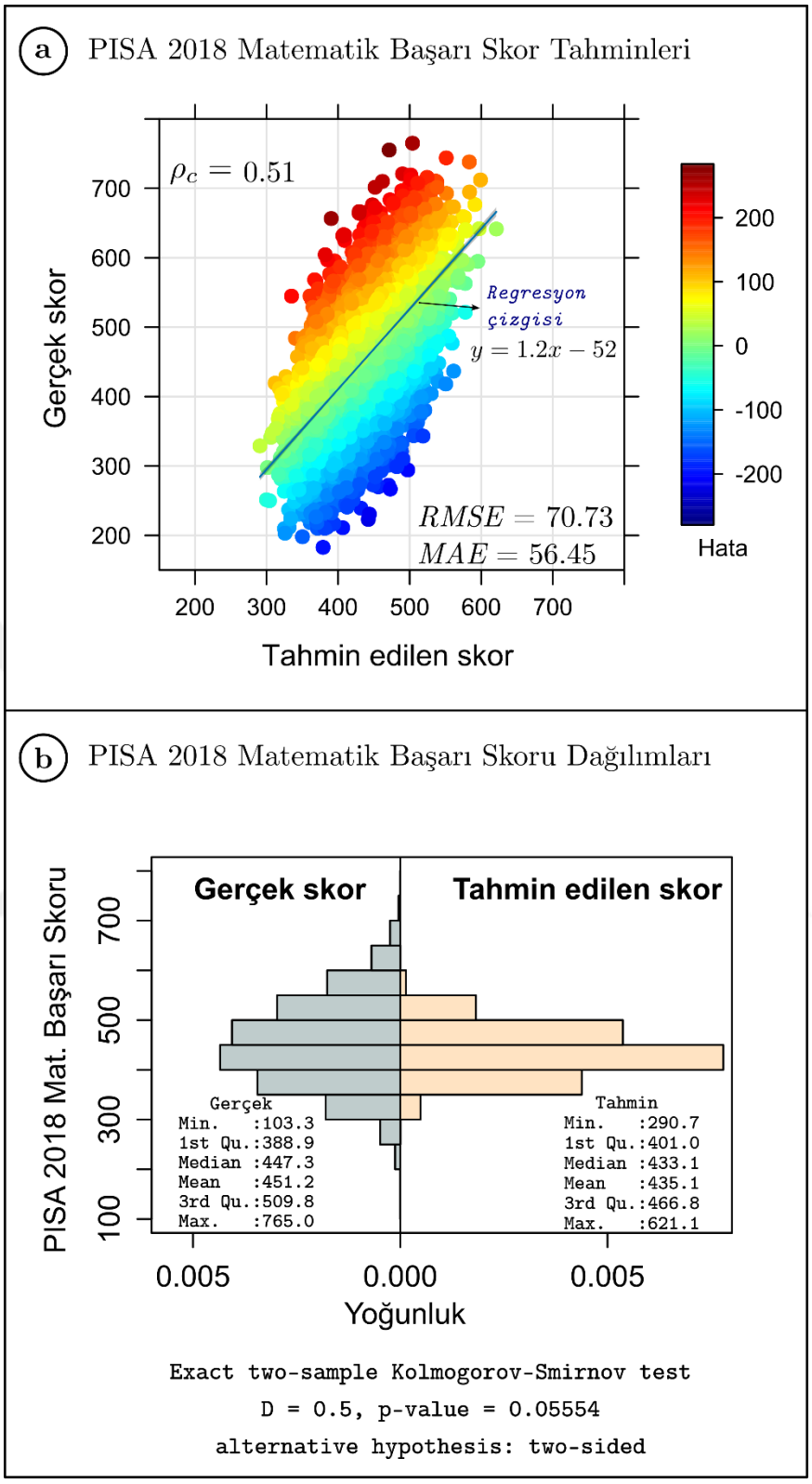
a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye Matematik alanındaki öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan XGBoost algoritmasıyla 2018 PISA Türkiye Matematik öğrenci başarı skorlarının tahmin çalışması yapılmıştır. Şekil 31a'da öğrenci 2018 PISA Türkiye Matematik başarı skorlarının çapraz doğrulama diyagramı verilmiştir. 2015 PISA veri setindeki bazı değişkenler 2018 PISA veri setinde bulunmadığından, bu uygulamalardaki ortak olan 41 değişken kullanılmıştır. Ek Tablo 29'da bu değişkenler detaylandırılmıştır. Çapraz doğrulama diyagramında gösterilen renk geçişi, tahmin hatalarının dağılımını ifade etmektedir. XGBoost modeli ile yapılan 2018 PISA Matematik alanı tahmin çalışmasının sonuçları Şekil 31b'de verilmiştir. Şekil 31b'de histogramlarla karşılaştırmalı olarak öğrencilerin gerçek ve tahminlenen başarı skorlarının istatistiksel özet bilgileriyle dağılımları verilmiştir. Bunun yanında iki dağılımın anlamlı düzeydeki benzerliği Kolmogorov-Smirnov benzerlik testi ile bakılmıştır.

Bulgular:

- Şekil 31a'da gerçek skorlar ile tahmin edilen skorlar arasındaki ilişkiyi görmek için Lin uyum korelasyon katsayısına bakılmıştır. ρ_c= 0.51 sonucu ile orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. Matematik skorlarının tahmin çalışmasında RMSE değeri 70.73 ve MAE değeri 56.45 olarak belirlenmiştir. Hata dağılımı açısından çapraz doğrulama diyagramı incelendiğinde, renk geçişine göre hata oranının -200 ile +200 arasında değer aldığı, düşük hataların (yeşil ve mavi tonlar) regresyon çizgisi etrafında toplandığı görülmüştür. Fakat bazı aykırı verilerde yüksek hata oranı vermiştir. Ancak bu hata metriklerinin sonuçları, modelin genel performansının kabul edilebilir olduğunu gösterir.
- Şekil 31b: Gerçek skor ortalaması 451.2 iken tahmin edilen skor 435.1 ile daha düşük çıkmıştır. Aynı şekilde birinci kantil ve üçüncü kantil değerlerinde de farklılık tespit edilmiştir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları D = 0.5, *p-value* = 0.5554 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum hem skorların dağılımını hem de ortalama skorları modelin doğru olarak tahmin ettiğini ifade etmektedir.

Nihayetinde, modelin metrik değerleri ve orta seviyedeki korelasyon katsayısı göz önüne alarak makul seviyede olduğu tespit edilmiştir. Fakat bazı sapmaların olması, eğitimde bireysel öğrenci başarı skorlarının tahmin edilmesinin zorlukları olduğunu göstermektedir. Bu durum, eğitim bilimlerinde daha gelişmiş ve uyum sağlayabilen modellerin oluşturulması gerekli olduğuna dikkat çekmektedir. Buna ek olarak, okul yöneticileri ve eğitim politikacılarının veri analizine istinaden kararlar alırken modelin sınırlılıklarına dikkat etmeleri gerektiğini göstermektedir.



Şekil 31. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA öğrenci matematik skorlarının çapraz doğrulama diyagramı**. (b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları.

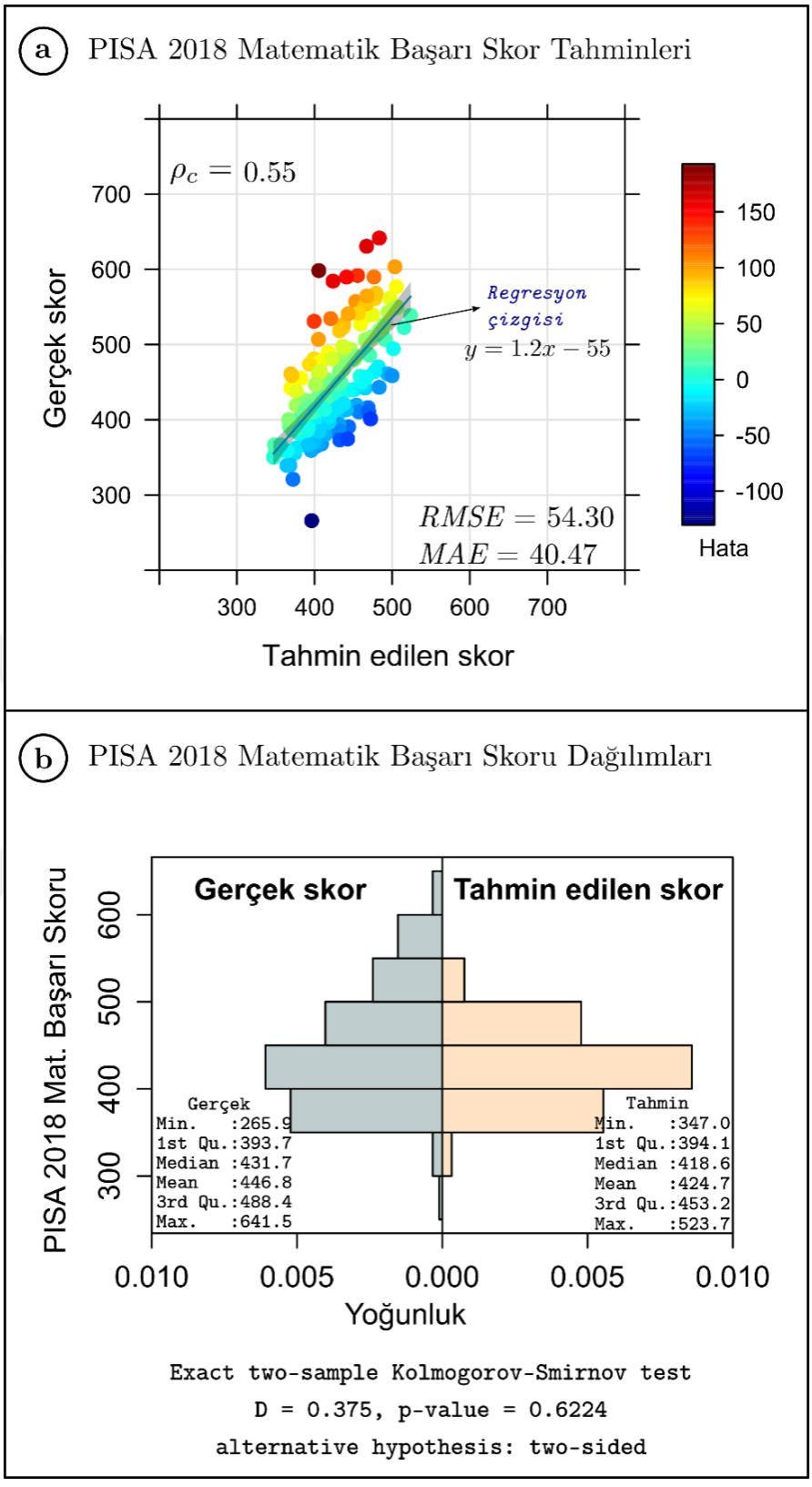
b) Okul Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye Matematik alanındaki okul odaklı değişkenlerle oluşturulan XGBoost algoritmasıyla 2018 PISA Türkiye Matematik okul ortalama başarı skorlarının tahmin çalışması yapılmıştır. Şekil 32a'da okul ortalamasının 2018 PISA Türkiye Matematik başarı skorlarının çapraz doğrulama diyagramı verilmiştir. 2015 PISA veri setindeki bazı değişkenler 2018 PISA veri setinde bulunmadığından, bu uygulamalardaki ortak olan 77 değişken kullanılmıştır. Ek Tablo 29'da bu değişkenler detaylandırılmıştır. Çapraz doğrulama diyagramında gösterilen renk geçişi, tahmin hatalarının dağılımını ifade etmektedir. XGBoost modeli ile yapılan 2018 PISA Matematik alanı tahmin çalışmasının sonuçları Şekil 32b'de verilmiştir. Şekil 32b'de histogramlarla karşılaştırmalı olarak okul ortalamalarının gerçek ve tahminlenen başarı skorlarının istatistiksel özet bilgileriyle dağılımları verilmiştir. Bunun yanında iki dağılımın anlamlı düzeydeki benzerliği Kolmogorov-Smirnov benzerlik testi ile bakılmıştır.

Bulgular:

- Şekil 32a'da gerçek skorlar ile tahmin edilen skorlar arasındaki ilişkiyi görmek için Lin uyum korelasyon katsayısına bakılmıştır. ρ_c= 0.55 sonucu ile orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. Matematik skorlarının tahmin çalışmasında RMSE değeri 54.30 ve MAE değeri 40.47 olarak belirlenmiştir. Hata dağılımı açısından çapraz doğrulama diyagramı incelendiğinde, renk geçişine göre hata oranının -100 ile +150 arasında değer aldığı, düşük hataların (yeşil ve mavi tonlar) regresyon çizgisi etrafında toplandığı görülmüştür. Fakat aykırı değerlerden yüksek skorların tahmininde (özellikle pozitif yönde) hata oranı artmıştır. Bu durum, bazı hataların ve sapmaların normal dağılımdan farklılaşmasına sebep olmuştur. Ancak bu hata metriklerinin sonuçları, modelin genel performansının kabul edilebilir olduğunu gösterir.
- Şekil 32b: Gerçek skor ortalaması 446.8 iken tahmin edilen skor 424.7 ile daha düşük çıkmıştır. Aynı şekilde maksimum ve minimum değerlerinde de farklılık tespit edilmiştir. Fakat verilerin genel dağılımı birbirine benzer anlamlı düzeylerdedir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları D = 0.375, *p-value* = 0.6224 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum hem skorların dağılımını hem de ortalama skorları modelin doğru olarak tahmin ettiğini ifade etmektedir.

2018 PISA Türkiye Matematik alanında okul ortalama skorlarının tahmininde gerçek değere yakın sonuç bulunmasına rağmen bu iki skor arasındaki korelasyonun istenilen seviyede olmaması, modelin bütün okul gruplarını aynı hassasiyetle tahmin edemediğini de gözler önüne sermektedir. Bu durum, okulların bireysel olarak yaptığı tahminlerin, karmaşık olan gerçek dünya problemlerini öngörme konusunda birçok faktöre bağlı olmasından dolayı sınırlı kalabileceğini gösterir. Ek olarak, daha gerçekçi ve doğru sonuçlar sunduğunu, verilerin dağılımının tahmin edilmesi ve ortalama değişiminden anlayabiliriz. Fakat bazı sapmaların olması, okul ortalama performanslarının tahmin edilmesinin zorlukları olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, okul yöneticileri ve eğitim politikacılarının veri analizine istinaden kararlar alırken modelin sınırlılıklarına dikkat etmeleri gerektiğini göstermektedir.



Şekil 32. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA okul matematik skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları.

4.4.3. 2018 PISA Okuma Becerisi Skorlarının Tahmini

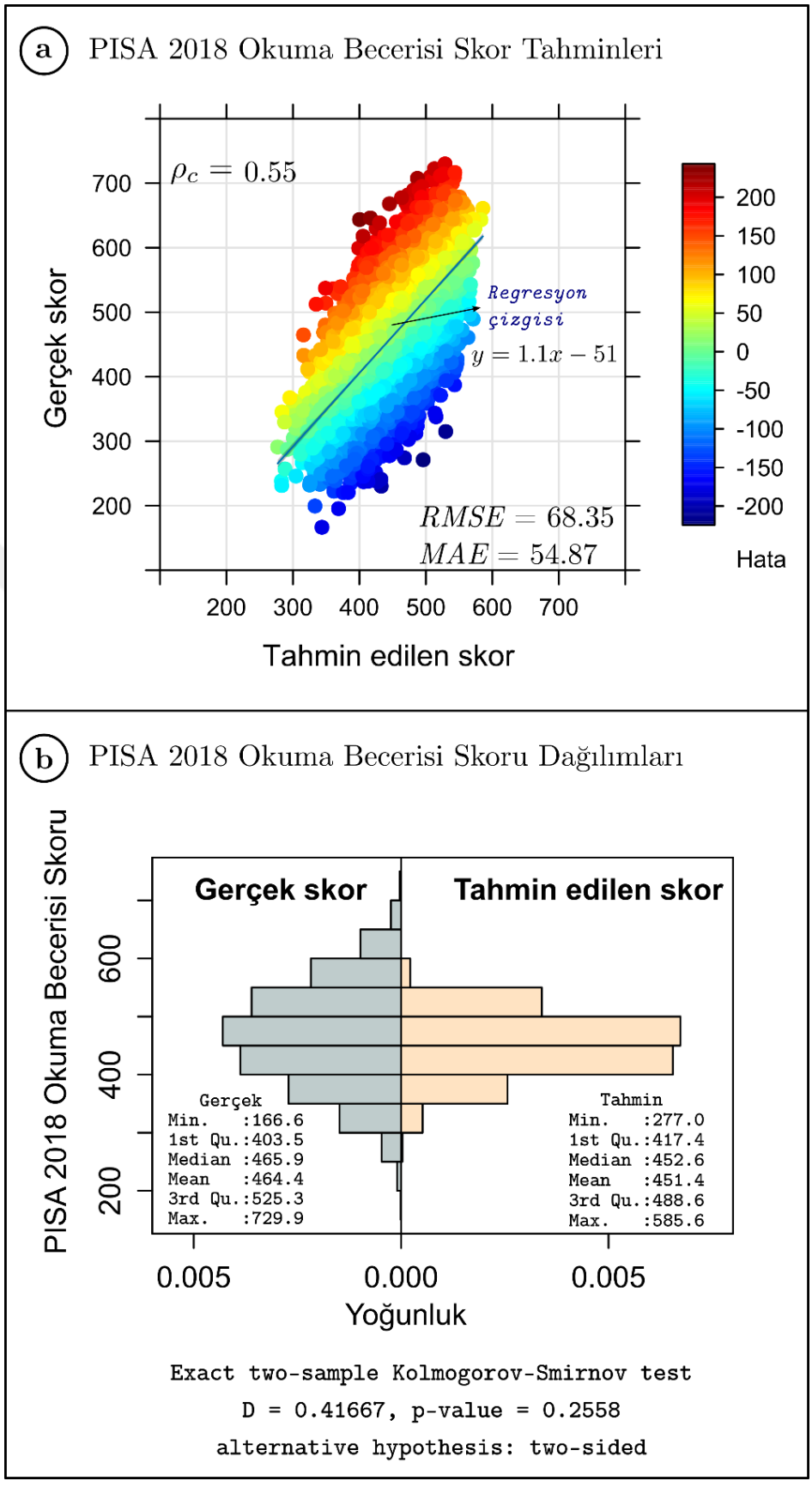
a) Öğrenci Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye Okuma alanındaki öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan XGBoost algoritmasıyla 2018 PISA Türkiye Okuma öğrenci başarı skorlarının tahmin çalışması yapılmıştır. Şekil 33a'da öğrenci 2018 PISA Türkiye Okuma başarı skorlarının çapraz doğrulama diyagramı verilmiştir. 2015 PISA veri setindeki bazı değişkenler 2018 PISA veri setinde bulunmadığından, bu uygulamalardaki ortak olan 41 değişken kullanılmıştır. Ek Tablo 29'da bu değişkenler detaylandırılmıştır. Çapraz doğrulama diyagramında gösterilen renk geçişi, tahmin hatalarının dağılımını ifade etmektedir. XGBoost modeli ile yapılan 2018 PISA Okuma alanı tahmin çalışmasının sonuçları Şekil 33b'de verilmiştir. Şekil 33b'de histogramlarla karşılaştırmalı olarak öğrencilerin gerçek ve tahminlenen başarı skorlarının istatistiksel özet bilgileriyle dağılımları verilmiştir. Bunun yanında iki dağılımın anlamlı düzeydeki benzerliği Kolmogorov-Smirnov benzerlik testi ile bakılmıştır.

Bulgular:

- Şekil 33a'da gerçek skorlar ile tahmin edilen skorlar arasındaki ilişkiyi görmek için Lin uyum korelasyon katsayısına bakılmıştır. ρ_c= 0.55 sonucu ile orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. Okuma skorlarının tahmin çalışmasında RMSE değeri 68.35 ve MAE değeri 54.87 olarak belirlenmiştir. Hata dağılımı açısından çapraz doğrulama diyagramı incelendiğinde, renk geçişine göre hata oranının -200 ile +200 arasında değer aldığı, düşük hataların (yeşil ve mavi tonlar) regresyon çizgisi etrafında toplandığı görülmüştür. Fakat bazı aykırı verilerde yüksek hata oranı vermiştir. Ancak bu hata metriklerinin sonuçları, modelin genel performansının kabul edilebilir olduğunu gösterir.
- Şekil 33b: Gerçek skor ortalaması 464.4 iken tahmin edilen skor 451.4 ile daha düşük çıkmıştır. Aynı şekilde maksimum ve minimum değerlerinde de farklılık tespit edilmiştir. Fakat verilerin genel dağılımı birbirine benzer anlamlı düzeylerdedir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları D = 0.41667, *p-value* = 0.2558 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum hem skorların dağılımını hem de ortalama skorları modelin doğru olarak tahmin ettiğini ifade etmektedir.

Nihayetinde, modelin metrik değerleri ve orta seviyedeki korelasyon katsayısı göz önüne alarak makul seviyede olduğu tespit edilmiştir. Fakat bazı sapmaların olması, eğitimde bireysel öğrenci başarı skorlarının tahmin edilmesinin zorlukları olduğunu göstermektedir. Bu durum, eğitim bilimlerinde daha gelişmiş ve uyum sağlayabilen modellerin oluşturulması gerekli olduğuna dikkat çekmektedir. Buna ek olarak, okul yöneticileri ve eğitim politikacılarının veri analizine istinaden kararlar alırken modelin sınırlılıklarına dikkat etmeleri gerektiğini göstermektedir.



Şekil 33. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA öğrenci okuma becerisi skorlarının çapraz doğrulama diyagramı. **(b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları.

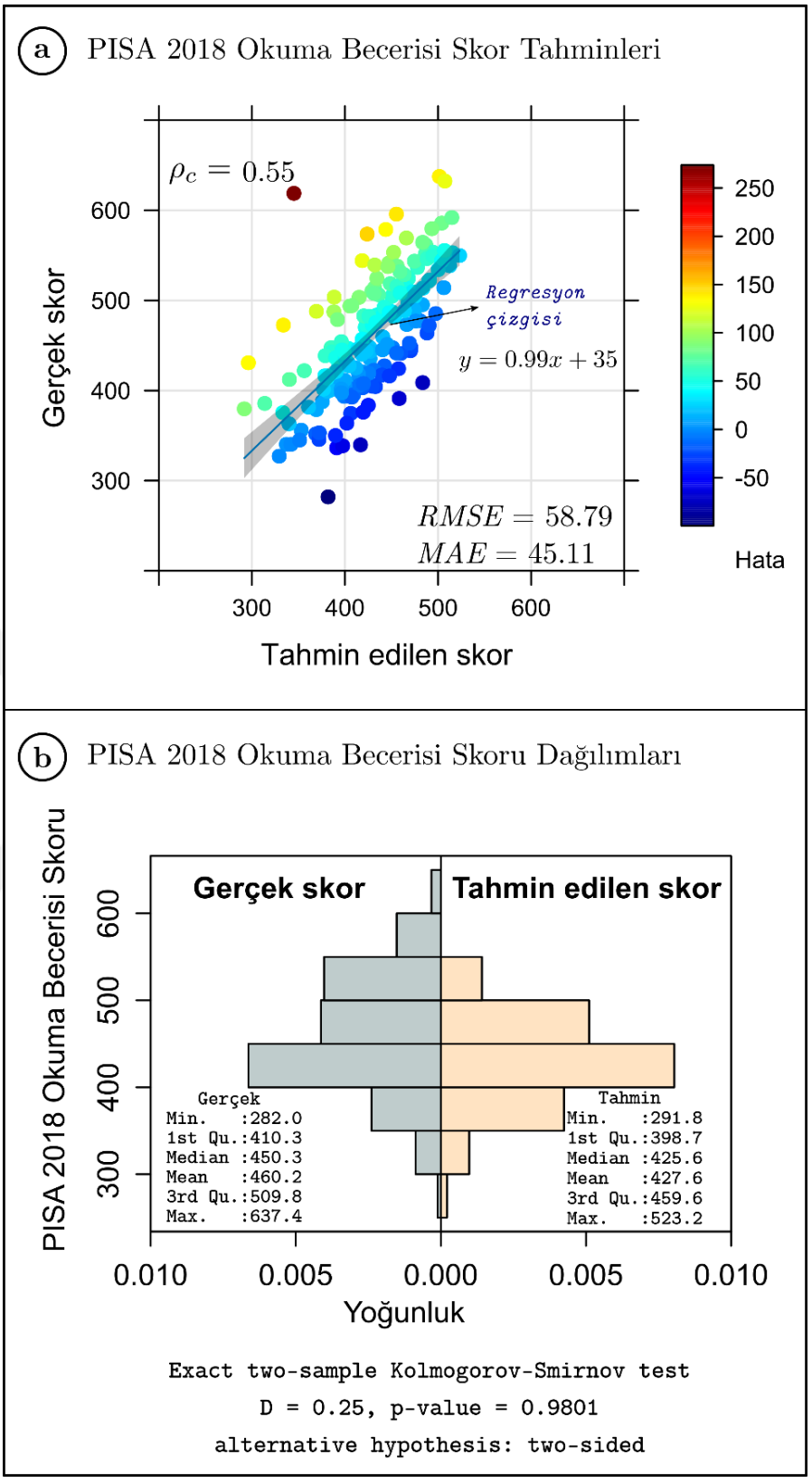
b) Okul Odaklı Değişkenler

2015 PISA Türkiye Okuma alanındaki okul odaklı değişkenlerle oluşturulan XGBoost algoritmasıyla 2018 PISA Türkiye Okuma okul ortalama başarı skorlarının tahmin çalışması yapılmıştır. Şekil 34a'da okul ortalamasının 2018 PISA Türkiye Okuma başarı skorlarının çapraz doğrulama diyagramı verilmiştir. 2015 PISA veri setindeki bazı değişkenler 2018 PISA veri setinde bulunmadığından, bu uygulamalardaki ortak olan 77 değişken kullanılmıştır. Ek Tablo 29'da bu değişkenler detaylandırılmıştır. Çapraz doğrulama diyagramında gösterilen renk geçişi, tahmin hatalarının dağılımını ifade etmektedir. XGBoost modeli ile yapılan 2018 PISA Okuma alanı tahmin çalışmasının sonuçları Şekil 34b'de verilmiştir. Şekil 34b'de histogramlarla karşılaştırmalı olarak okul ortalamalarının gerçek ve tahminlenen başarı skorlarının istatistiksel özet bilgileriyle dağılımları verilmiştir. Bunun yanında iki dağılımın anlamlı düzeydeki benzerliği Kolmogorov-Smirnov benzerlik testi ile bakılmıştır.

Bulgular:

- Şekil 34a'da gerçek skorlar ile tahmin edilen skorlar arasındaki ilişkiyi görmek için Lin uyum korelasyon katsayısına bakılmıştır. ρ_c= 0.55 sonucu ile orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. Okuma skorlarının tahmin çalışmasında RMSE değeri 58.79 ve MAE değeri 45.11 olarak belirlenmiştir. Hata dağılımı açısından çapraz doğrulama diyagramı incelendiğinde, renk geçişine göre hata oranının -50 ile +250 arasında değer aldığı, düşük hataların (yeşil ve mavi tonlar) regresyon çizgisi etrafında toplandığı görülmüştür. Fakat birkaç aykırı değerde yüksek skorların tahmininde (özellikle pozitif yönde) hata oranı artmıştır. Bu durum, bazı hataların ve sapmaların normal dağılımdan farklılaşmasına sebep olmuştur. Ancak bu hata metriklerinin sonuçları, modelin genel performansının kabul edilebilir olduğunu gösterir.
- Şekil 34b: Gerçek skor ortalaması 460.2 iken tahmin edilen skor 427.6 ile daha düşük çıkmıştır. Aynı şekilde üçüncü kantil ve maksimum değerlerinde de farklılık tespit edilmiştir. Fakat verilerin genel dağılımı birbirine benzer anlamlı düzeylerdedir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları $D = 0.25$, $p\text{-}value = 0.9801$ bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum hem skorların dağılımını hem de ortalama skorları modelin doğru olarak tahmin ettiğini ifade etmektedir.

2018 PISA Türkiye Okuma alanında okul ortalama skorlarının tahmininde gerçek değere yakın sonuç bulunmasına rağmen bu iki skor arasındaki korelasyonun istenilen seviyede olmaması, modelin bütün okul gruplarını aynı hassasiyetle tahmin edemediğini de gözler önüne sermektedir. Bu durum, okulların bireysel olarak yaptığı tahminlerin, karmaşık olan gerçek dünya problemlerini öngörme konusunda birçok faktöre bağlı olmasından dolayı sınırlı kalabileceğini gösterir. Ek olarak, daha gerçekçi ve doğru sonuçlar sunduğunu, verilerin dağılımının tahmin edilmesi ve ortalama değişiminden anlayabiliriz. Bununla birlikte modelin metrik değerleri ve orta seviyedeki korelasyon katsayısı göz önüne alarak makul seviyede olduğu tespit edilmiştir. Fakat bazı sapmaların olması, okul ortalama performanslarının tahmin edilmesinin zorlukları olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, okul yöneticileri ve eğitim politikacılarının veri analizine istinaden kararlar alırken modelin sınırlılıklarına dikkat etmeleri gerektiğini göstermektedir.



Şekil 34. **(a)** XGBoost ile tahmin edilen ve gerçek 2018 PISA okul okuma becerisi skorlarının çapraz doğrulama diyagramı**. (b)** Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları ile birlikte gerçek ve tahmin edilen skorların histogram dağılımları.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇLAR TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, Türkiye'nin 2015 ve 2018 PISA verileri kullanılarak, öğrencilerin fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerilerini etkileyen kişisel, ailevi ve okul temelli etkenler belirlenmiş ve bu etkenlerin akademik başarı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada uygulanan XGBoost, Rastgele Orman, Destek Vektör Regresyonu ve Bayesyen Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları algoritmalarının performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, özel ve genel başlıklar altında aşağıda özetlenmiştir:

5.1. Özel Sonuçlar

5.1.1. 2015 PISA Türkiye Sonuçları

- **Fen Okuryazarlığı:**

2015 PISA uygulamasında Türkiye'nin Fen Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 51.50, 0.56 ve 41.19 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 49.67, 0.57 ve 39.46 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.72 olarak belirlenmiştir. Bu bölümde ortaya çıkan sonuçlar, öğrenci odaklı değişkenlerle yapılan $RMSE$=63.13, R^2=0.295 değeri olan başka bir araştırmanın bulguları ile Açışlı-Çelik ve Yeşilkanat (2023) tarafından kıyaslandığında, Türkiye örneklemindeki Fen okuryazarlığı başarısında dikkate değer bir iyileşme sağladığını ortaya koymaktadır. Model ve tahmin **performansı,** RMSE değerine düşüklüğüne göre hemen hemen %24, modelin açıklama kabiliyeti bakımından ise %93 oranında geliştirilmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ISCEDD (ebeveyn eğitim seviyesi), ST092Q01TA (öğrencilerin atmosferdeki sera gazının farkındalığı), ST013Q01TA (evdeki kitap sayısı), ST092Q02TA (öğrencilerin GDO farkındalığı) ve BSMJ (öğrencilerin beklenen mesleki durumu) olarak bulunmuştur. Toplamda 99 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE,

R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 38.73, 0.54 ve 30.51 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 43.14, 0.44 ve 32.81 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.61 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC004Q05NA (okuldaki akıllı tahta sayısı), PROSTAT (tüm öğretmenler arasındaki fen bilimleri öğretmenlerinin oranını), SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), SC048Q02NA (özel gereksinimleri olan öğrenciler) ve SC017Q01NA (öğretmen eksikliği) olarak bulunmuştur. Toplamda 97 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Matematik Okuryazarlığı:**

2015 PISA uygulamasında Türkiye'nin Matematik Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 54.66, 0.55 ve 43.63 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 54.82, 0.53 ve 43.87 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.70 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST004D01T (cinsiyet), ISCEDD (ebeveyn eğitim seviyesi), ST098Q02TA (fen eğitiminde deneysel ve analitik faaliyetlerin sıklığı), SMINS (öğrencilerin fen bilimleri derslerine ne kadar zaman ayırdıkları) ve BSMJ (öğrencilerin beklenen mesleki durumu) olarak bulunmuştur. Toplamda 103 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model SVR modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 47.19, 0.42 ve 35.80 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 44.21, 0.31 ve 33.71 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.45 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: PROSTAT (tüm öğretmenler arasındaki fen bilimleri öğretmenlerinin oranını), SC035Q02TA (Ebeveynleri çocuğun gelişimi hakkında bilgilendirmek), SC064Q03TA (öğrencilerin velilerinin son akademik yılda okul ile ilgili aktivitelere katılım oranını), STRATIO (öğrenci-öğretmen oranı) ve SC048Q03NA

(sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler) olarak bulunmuştur. Toplamda 109 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Okuma Becerileri:**

2015 PISA uygulamasında Türkiye'nin Okuma Becerileri başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 52.55, 0.57 ve 42.01 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 51.27, 0.59 ve 40.78 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.74 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ISCEDO (Okul eğitim eğilimi), ISCEDD (ebeveyn eğitim seviyesi), ST013Q01TA (evdeki kitap sayısı), ICTRES (BIT kaynakları) ve ENVOPT (öğrencilerin çevresel iyimserlik düzeyi) olarak bulunmuştur. Toplamda 96 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verilerinde XGBoost, test verilerinde ise RF modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 45.46, 0.53 ve 35.38 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 48.03, 0.44 ve 37.94 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.54 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC004Q05NA (okuldaki akıllı tahta sayısı), SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), PROSTAT (tüm öğretmenler arasındaki fen bilimleri öğretmenlerinin oranını), SC037Q02TA (Öğretmenin mesleki gelişimi) ve W_SCHGRNRABWT (Tepkisizlik sınıfı ayarlanmış okul taban ağırlığı) olarak bulunmuştur. Toplamda 92 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

5.1.2. 2015 PISA Singapur sonuçları

- **Fen Okuryazarlığı:**

2015 PISA uygulamasında Singapur'un Fen Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı

değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 59.63, 0.68 ve 47.39 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 59.98, 0.67 ve 47.85 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.79 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST092Q01TA (öğrencilerin atmosferdeki sera gazının farkındalığı), SMINS (öğrencilerin fen bilimleri derslerine ne kadar zaman ayırdıkları), LMINS (öğrencilerin dil becerilerini geliştirmek için harcadıkları zaman), ST059Q03TA (öğrencilere göre fen bilimleri dersleri haftada kaç ders saati olmalı görüşü) ve ST064Q01NA (fen bilimleri derslerini seçme özgürlüğü) olarak bulunmuştur. Toplamda 91 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde SVR, test verisinde ise RF modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 37.75, 0.68 ve 30.23 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 32.50, 0.66 ve 24.65 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.76 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), TOTST (okuldaki toplam fen bilgisi öğretmeni sayısı), SC018Q06NA01 (Yüksek Lisans derecesi yeterliliğine sahip öğretmenler), SC012Q06TA (okula kayıtta ikamet edilen bölge) ve SC004Q06NA (okuldaki toplam veri projektörü sayısı) olarak bulunmuştur. Toplamda 78 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Matematik Okuryazarlığı:**

2015 PISA uygulamasında Singapur'un Matematik Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 61.08, 0.60 ve 48.31 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 61.35, 0.59 ve 48.57 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.73 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SMINS (öğrencilerin fen bilimleri

derslerine ne kadar zaman ayırdıkları), ST092Q01TA (öğrencilerin atmosferdeki sera gazının farkındalığı), LMINS (öğrencilerin dil becerilerini geliştirmek için harcadıkları zaman), ST059Q03TA (öğrencilere göre fen bilimleri dersleri haftada kaç ders saati olmalı görüşü) ve LANGN (öğrencilerin evde hangi dili konuştukları) olarak bulunmuştur. Toplamda 90 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde SVR, test verisinde ise XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 37.16, 0.63 ve 29.25 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 29.84, 0.68 ve 23.69 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.82 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), TOTAT (Okuldaki toplam öğretmen sayısı), TOTST (okuldaki toplam fen bilgisi öğretmeni sayısı), SC012Q06TA (okula kayıtta ikamet edilen bölge) ve SCHSIZE (okulun toplam öğrenci sayısı) olarak bulunmuştur. Toplamda 79 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Okuma Becerileri:**

2015 PISA uygulamasında Singapur'un Okuma Becerileri başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde XGBoost, test verisinde ise SVR modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 61.19, 0.63 ve 48.82 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 60.96, 0.63 ve 48.42 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.77 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SMINS (öğrencilerin fen bilimleri derslerine ne kadar zaman ayırdıkları), LMINS (öğrencilerin dil becerilerini geliştirmek için harcadıkları zaman), ST092Q01TA (öğrencilerin atmosferdeki sera gazının farkındalığı), ST131Q06NA (Bulgularınızdan emin olmak için deneyleri birden fazla kez denemek) ve ST064Q01NA (fen bilimleri derslerini seçme özgürlüğü) olarak bulunmuştur. Toplamda 99 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde SVR, test verisinde ise RF modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan

nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 35,47, 0.69 ve 27.82 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 32.33, 0.70 ve 26.31 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.77 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), SC012Q06TA (okula kayıtta ikamet edilen bölge), TOTST (okuldaki toplam fen bilgisi öğretmeni sayısı), SC002Q02TA (okula kayıtlı kız öğrenci sayısı), SC004Q01TA (öğrenci/bilgisayar oranı) olarak bulunmuştur. Toplamda 78 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

5.1.3. 2018 PISA Türkiye Sonuçları

- **Fen Okuryazarlığı:**

2018 PISA uygulamasında Türkiye'nin Fen Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model SVR modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 52.62, 0.61 ve 41.77 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 51.71, 0.59 ve 41.08 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.75 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST059Q03TA (öğrencilere göre fen bilimleri dersleri haftada kaç ders saati olmalı görüşü), ST023Q02TA (öğrencilerin babalarıyla genellikle hangi dili konuştukları), METASPAM (öğrencinin bir kaynağın ne kadar güvenilir olduğunu belirleme yetenekleri), ISCEDD (ebeveyn eğitim seviyesi) ve ICTCLASS (öğrencilerin ders sırasında konuya bağlı olarak bilgi ve iletişim teknolojilerini (ICT) kullanma düzeyleri) olarak bulunmuştur. Toplamda 136 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 40.81, 0.60 ve 31.51 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 46.40, 0.52 ve 34.80 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.68 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley

değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: W_FSTUWT_SCH_SUM (her bir öğrenci için hesaplanan ağırlık değeri), W_SCHGRNRABWT (Tepkisizlik sınıfı ayarlanmış okul taban ağırlığı), SC001Q01TA (okulun bulunduğu çevrenin sosyoekonomik ve demografik özellikleri), STUBEHA (öğrencilerin öğrenmesini engelleyen davranışları) ve SC048Q02NA (özel gereksinimleri olan öğrenciler) olarak bulunmuştur. Toplamda 68 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Matematik Okuryazarlığı:**

2018 PISA uygulamasında Türkiye'nin Matematik Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model SVR modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 57.27, 0.58 ve 45.24 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 54.36, 0.60 ve 43.46 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.74 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST059Q03TA (öğrencilere göre fen bilimleri dersleri haftada kaç ders saati olmalı görüşü), ST023Q01TA (öğrencilerin anneleriyle genellikle hangi dili konuştukları), ST023Q02TA (öğrencilerin babalarıyla genellikle hangi dili konuştukları), ST013Q01TA (evdeki kitap sayısı) ve ST004D01T (cinsiyet) olarak bulunmuştur. Toplamda 131 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde SVR, test verisinde ise XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 46.24, 0.58 ve 36.63 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 52.67, 0.45 ve 38.71 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.64 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SENWT (Senato Ağırlığı (ülke başına toplam 5000)), SC164Q01HA (son tam akademik yıl içinde belirli bir sınıftaki öğrencilerin ne kadarının okulu bir sertifika almadan terk ettiği), STUBEHA (öğrencilerin öğrenmesini engelleyen davranışları), SC002Q01TA (1 Şubat 2018 tarihte okuldaki toplam erkek öğrenci sayısı) ve SC001Q01TA (okulun bulunduğu çevrenin sosyoekonomik ve demografik özellikleri) olarak bulunmuştur. Toplamda 75 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Okuma Becerileri:**

2018 PISA uygulamasında Türkiye'nin Okuma Becerileri başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde XGBoost, test verisinde ise SVR modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 53.49, 0.63 ve 42.84 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 51.14, 0.64 ve 40.71 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.79 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST013Q01TA (evdeki kitap sayısı), ST023Q02TA (öğrencilerin babalarıyla genellikle hangi dili konuştukları), BOOKID (öğrenciye verilen test veya anket formunun kimliği), USESCH (öğrencilerin genel olarak okullarında bilgi ve iletişim teknolojilerini ne sıklıkta kullandıkları) ve METASPAM (öğrencinin bir kaynağın ne kadar güvenilir olduğunu belirleme yetenekleri) olarak bulunmuştur. Toplamda 144 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde XGBoost, test verisinde ise SVR modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 42.17, 0.62 ve 34.61 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 50.02, 0.55 ve 38.98 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.71 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC164Q01HA (son tam akademik yıl içinde belirli bir sınıftaki öğrencilerin ne kadarının okulu bir sertifika almadan terk ettiği), SC061Q02TA (öğrencilerin dersleri aksatmalarının öğrenme süreçlerini ne ölçüde engellediği), SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), SC012Q06TA (okula kayıtta ikamet edilen bölge) ve SENWT (Senato Ağırlığı (ülke başına toplam 5000)) olarak bulunmuştur. Toplamda 67 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

5.1.4. 2018 PISA Çin Sonuçları

- **Fen Okuryazarlığı:**

2018 PISA uygulamasında Çin'in Fen Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model

SVR modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 54.20, 0.61 ve 43.21 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 52.38, 0.62 ve 41.68 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.76 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST225Q06HA (öğrencilerin gelecekte tamamlamayı bekledikleri eğitim düzeyi), ST004D01T (cinsiyet), ISCEDD (ebeveyn eğitim seviyesi), ISCEDL (öğrencilerin eğitim düzeyleri) ve ST166Q03HA (öğrencilerin dijital okuryazarlık ve dijital becerileri) olarak bulunmuştur. Toplamda 97 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 40.53, 0.56 ve 31.81 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 38.22, 0.59 ve 30.99 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.76 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC018Q06NA01 (Yüksek Lisans derecesi yeterliliğine sahip öğretmenler), SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), SC018Q01TA02 (yarı zamanlı öğretmen olması), SC018Q05NA02 (öğrencilere ISCED Level 5A Bachelor derecesi eğitim seviyesine sahip yarı zamanlı öğretmenlerin sayısı) ve SC004Q01TA (öğrenci/bilgisayar oranı) olarak bulunmuştur. Toplamda 70 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Matematik Okuryazarlığı:**

2018 PISA uygulamasında Çin'in Matematik Okuryazarlığı başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 54.47, 0.56 ve 43.24 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 52.96, 0.58 ve 42.00 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.74 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST225Q06HA (öğrencilerin gelecekte tamamlamayı bekledikleri eğitim düzeyi), ST004D01T (cinsiyet), ISCEDD (ebeveyn eğitim

seviyesi), ST059Q03TA (öğrencilere göre fen bilimleri dersleri haftada kaç ders saati olmalı görüşü) ve ST013Q01TA (Evdeki kitap sayısı) olarak bulunmuştur. Toplamda 99 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model eğitim verisinde XGBoost, test verisinde ise RF modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 39.06, 0.55 ve 30.97 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 38.13, 0.67 ve 31.26 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.67 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC018Q06NA01 (Yüksek Lisans derecesi yeterliliğine sahip öğretmenler), SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), SC004Q01TA (öğrenci/bilgisayar oranı), SC018Q07NA01 (yüksek lisans/doktora eğitim seviyesine sahip tam zamanlı öğretmenlerin sayısı) ve SC001Q01TA (okulun bulunduğu çevrenin sosyoekonomik ve demografik özellikleri) olarak bulunmuştur. Toplamda 67 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

- **Okuma Becerileri:**

2018 PISA uygulamasında Çin'in Okuma Becerileri başarısı değerlendirildiğinde, **öğrenci odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 58.47, 0.58 ve 46.61 olarak bulunmuştur. Öğrenci odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 58.02, 0.57 ve 46.15 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.73 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip öğrenci odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: ST225Q06HA (öğrencilerin gelecekte tamamlamayı bekledikleri eğitim düzeyi), METASPAM (öğrencinin bir kaynağın ne kadar güvenilir olduğunu belirleme yetenekleri), JOYREAD (öğrencinin okumaktan keyif alması), METASUM (öğrencinin özetleyebilme becerisi) ve ST059Q03TA (öğrencilere göre fen bilimleri dersleri haftada kaç ders saati olmalı görüşü) olarak bulunmuştur. Toplamda 63 öğrenci odaklı önemli değişken bulunmuştur. **Okul odaklı değişkenlerle** oluşturulan nihai modelde en iyi performansı gösteren model XGBoost modelinin olduğu belirlenmiştir. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin eğitim verisinde RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 41.28, 0.59 ve 32.73 olarak bulunmuştur. Okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modelin test

verisinde ise RMSE, R^2 ve MAE değerleri sırasıyla 40.96, 0.59 ve 31.94 olarak hesaplanmış ve modelin Lin uyum korelasyon katsayısı (ρc) 0.75 olarak belirlenmiştir. En yüksek önem parametresine sahip okul odaklı değişkenler Shapley değerlerine göre belirlenmiş ve ilk beş değişken: SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler), SC018Q06NA01 (Yüksek Lisans derecesi yeterliliğine sahip öğretmenler), SC018Q07NA01 (yüksek lisans/doktora eğitim seviyesine sahip tam zamanlı öğretmenlerin sayısı), SC018Q01TA02 (yarı zamanlı öğretmen olması) ve SC018Q05NA02 (öğrencilere ISCED Level 5A Lisans derecesi eğitim seviyesine sahip yarı zamanlı öğretmenlerin sayısı) olarak bulunmuştur. Toplamda 69 okul odaklı önemli değişken bulunmuştur.

5.1.5. Önem Parametresi Yüksek Değişkenlerin Karşılaştırılması

- **2015 PISA Türkiye Sonuçları: Fen, Matematik ve Okuma Alanları Önem Grupları Arasında Jaccard Benzerlik İndeksi**

2015 PISA Türkiye örnekleminde, Jaccard indeksi ile **öğrenci odaklı değişkenlerin** fen, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.51 olarak bulunan '2015 Türkiye Fen_1' ile '2015 Türkiye Okuma_1' arasında olduğu görülmektedir. 1. Önem grubunda fen ve okuma alanlarının büyük ölçüde ortak değişkene sahip olduğunu gösterir. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik 0.18 ile '2015 Türkiye Matematik_2' ile '2015 Türkiye Okuma_2' arasında olduğu görülmektedir. Bu durum, matematik ve okuma alanlarının 2. önem grubunda çok az ortak değişkeni olduğunu belirtir. Diğer kıyaslamalar, orta-düşük düzeyde 0.22 ile 0.34 değerleri arasında değişen benzerlik sergilemiştir. 2015 PISA Türkiye örnekleminde, Jaccard indeksi ile **okul odaklı değişkenlerin** fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.51 olarak bulunan '2015 Türkiye Fen_1' ve '2015 Türkiye Okuma_1' arasında olduğu görülmektedir. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik 0.19 ile '2015 Türkiye Matematik_2' ile '2015 Türkiye Okuma_2' arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, orta-düşük düzeyde 0.22 ile 0.34 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir.

- **2015 PISA Singapur Sonuçları: Fen, Matematik ve Okuma Alanları Önem Grupları Arasında Jaccard Benzerlik İndeksi**

2015 PISA Singapur örnekleminde, Jaccard indeksi ile **öğrenci odaklı değişkenlerin** fen, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar

hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.54 olarak bulunan '2015 Singapur Fen_1' ile '2015 Singapur Matematik_1' arasında olduğu görülmektedir. 1. Önem grubunda fen ve okuma alanlarının büyük ölçüde ortak değişkene sahip olduğunu gösterir. Aynı şekilde 1. Önem grubunda 0.47'lik Jaccard indeksiyle fen ve okuma ile matematik ve okuma alanları arasında da yüksek seviyede benzerlik çıkmıştır. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik ise 2. Önem grubunda 0.17 ile Matematik ve Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, orta-düşük düzeyde 0.17 ile 0.25 değerleri arasında değişen benzerlik sergilemiştir. 2015 PISA Singapur örnekleminde, Jaccard indeksi ile **okul odaklı değişkenlerin** fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.68 olarak bulunan Fen ve Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Yine yakın değerle Jaccard indeksi 0.54 olarak hesaplanan 1. Önem grubunda Fen ve Matematik alanlarında da yüksek benzerlik çıkmıştır. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik 0.17 ile '2015 Singapur Matematik_2' ile '2015 Singapur Okuma_2' arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, orta-düşük düzeyde 0.24 ile 0.30 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir.

- **2018 PISA Türkiye Sonuçları: Fen, Matematik ve Okuma Alanları Önem Grupları Arasında Jaccard Benzerlik İndeksi**

2018 PISA Türkiye örnekleminde, Jaccard indeksi ile **öğrenci odaklı değişkenlerin** fen, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.56 olarak bulunan 1. Ve 3. Önem grubunda Fen ile Matematik alanları arasında olduğu görülmektedir. Aynı şekilde 1. Önem grubunda 0.46 ve 0.45'lik Jaccard indeksiyle fen ve okuma ile matematik ve okuma alanları arasında da yüksek seviyede benzerlik çıkmıştır. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik ise 2. Önem grubunda 0.21 ile Fen ve Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, orta-düşük düzeyde 0.21 ile 0.32 değerleri arasında değişen benzerlik sergilemiştir. 2018 PISA Türkiye örnekleminde, Jaccard indeksi ile **okul odaklı değişkenlerin** fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.69 olarak bulunan 1. Önem grubunda Fen ve Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Yine yakın değerle Jaccard indeksi 0.57 olarak hesaplanan 1. Önem grubunda Fen ve Matematik alanlarında da yüksek benzerlik çıkmıştır. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik 0.21 ile '2018 Türkiye Fen_2' ile '2018 Türkiye Okuma_2' arasında olduğu görülmektedir. Diğer

kıyaslamalar, orta-düşük düzeyde 0.25 ile 0.41 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir.

- **2018 PISA Çin Sonuçları: Fen, Matematik ve Okuma Alanları Önem Grupları Arasında Jaccard Benzerlik İndeksi**

2018 PISA Çin örnekleminde, Jaccard indeksi ile **öğrenci odaklı değişkenlerin** fen, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.36 olarak bulunan 1. Önem grubunda Fen ile Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Aynı şekilde 1. Önem grubunda 0.33'lük Jaccard indeksiyle fen ve matematik alanları arasında da orta seviyede benzerlik çıkmıştır. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik ise 2. Önem grubunda 0.14 ile Fen ve Matematik alanları arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, düşük düzeyde 0.14 ile 0.29 değerleri arasında değişen benzerlik sergilemiştir. 2018 PISA Çin örnekleminde, Jaccard indeksi ile **okul odaklı değişkenlerin** fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanları arasındaki ortak noktalar hesaplanmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.75 olarak bulunan1. Önem grubunda Matematik ve Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Yine yakın değerle Jaccard indeksi 0.64 olarak hesaplanan 1. Önem grubunda Fen ve Okuma alanlarında da yüksek benzerlik çıkmıştır. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik 0.14 ile '2018 Çin Fen_2' ile '2018 Çin Matematik_2' arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, orta-düşük düzeyde 0.26 ile 0.36 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir.

- **2015 PISA Türkiye ve Singapur ülkelerinin karşılaştırma Sonuçları: Fen, Matematik ve Okuma Alanları Önem Grupları Arasında Jaccard Benzerlik İndeksi**

2015 PISA uygulaması Türkiye ve Singapur örneklemleri **öğrenci odaklı değişkenler bakımından** alanlar bazında karşılaştırılmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.21 olarak bulunan 1. Önem grubunda Matematik alanları arasında olduğu görülmektedir. Bu sonuç ülkelerin öğrenci odaklı değişkenler bakımından matematik alanında orta-düşük seviyede benzerlik gösterdiğini ifade etmektedir. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik ise 3. Önem grubunda 0.07 ile Matematik alanları arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, düşük düzeyde 0.07 ile 0.17 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir. 2015 PISA uygulaması Türkiye ve Singapur örneklemleri **okul odaklı değişkenler bakımından** alan bazında karşılaştırılmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.33 olarak bulunan 3. Önem grubunda Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Yine yakın

değerle Jaccard indeksi 0.31 olarak hesaplanan 3. Önem grubunda Matematik alanlarında da orta seviyede benzerlik çıkmıştır. Diğer kıyaslamalar, düşük düzeyde 0.15 ile 0.26 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir.

- **2018 PISA Türkiye ve Çin ülkelerinin karşılaştırma Sonuçları: Fen, Matematik ve Okuma Alanları Önem Grupları Arasında Jaccard Benzerlik İndeksi**

2018 PISA uygulaması Türkiye ve Çin örneklemleri **öğrenci odaklı değişkenler bakımından** alanlar bazında karşılaştırılmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.36 olarak bulunan 1. Önem grubunda Fen alanları arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca 1. Önem grubunda matematik alanında 0.34, Okuma alanında 0.32 Jaccard benzerlik indeksi hesaplanmıştır. Bu sonuç ülkelerin öğrenci odaklı değişkenler bakımından Matematik, Fen ve Okuma alanında orta-düşük seviyede benzerlik gösterdiğini ifade etmektedir. Jaccard indeksine göre en düşük benzerlik ise 2. Önem grubunda 0.12 ile Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, düşük düzeyde 0.12 ile 0.25 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir. 2018 PISA uygulaması Türkiye ve Çin örneklemleri **okul odaklı değişkenler bakımından** alan bazında karşılaştırılmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.25 olarak bulunan 3. Önem grubunda Fen alanları arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, düşük düzeyde 0.13 ile 0.22 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir.

- **2015 ve 2018 PISA yılları Türkiye karşılaştırma Sonuçları: Fen, Matematik ve Okuma Alanları Önem Grupları Arasında Jaccard Benzerlik İndeksi**

2015 ve 2018 PISA uygulaması Türkiye örneklemleri **öğrenci odaklı değişkenler bakımından** alanlar bazında karşılaştırılmıştır. Jaccard indeksi 0.10 etrafında bulunan 1. Önem grubunda Fen, Matematik ve Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Diğer kıyaslamalar, oldukça düşük düzeyde 0.05 ile 0.07 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir. 2015 ve 2018 PISA uygulaması Türkiye örneklemleri **okul odaklı değişkenler bakımından** alan bazında karşılaştırılmıştır. En fazla benzerlik Jaccard indeksi 0.37 olarak bulunan 1. Önem grubunda Okuma alanları arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca 3. Önem grubunda okuma alanları arasında da kısmen yüksek bir değerde (0.32) benzerlik bulunmuştur. Diğer kıyaslamalar, düşük düzeyde 0.10 ile 0.19 değerleri arasında değişen benzerlik göstermiştir.

5.1.6. Başarı Puanlarının Geleceğe Yönelik Tahminleri

- **2018 PISA Türkiye Fen Başarı Skorlarının Tahmini**

2018 PISA PISA Türkiye Fen öğrenci başarı skor tahmini **öğrenci odaklı değişkenlerle** geliştirilen XGBoost modeliyle yapılmıştır. Öğrencilerin Fen performanslarının gerçek ve tahmini skorları karşılaştırılmıştır. Gerçek skor ile tahmini skor arasında orta seviyede bir ilişki olduğu Lin uyum korelasyon katsayısının ρc= 0.52 olarak bulunmasıyla görülmüştür. Hata metrikleri ise RMSE değeri 68.74, MAE değeri 54.87 olarak hesaplanmış ve modelin yüksek oranda doğru tahmin yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları D = 0.461, *p-value* = 0.1265 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle uç değerlerde bazı sapmalar olsa da tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum, modelin tahmin performansının sadece ortalama skorlarda değil ayrıca skorların dağılımında da iyi başarı gösterdiğini söyleyebiliriz. Bu sonuçlar Açışlı Çelik ve Yeşilkanat (2023) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile kıyaslandığında, yaklaşık olarak RMSE değerinde %11.78 ve MAE değerinin %12.30 oranında azaldığı görülmüştür.

2018 PISA Türkiye Fen okul ortalama başarı skor tahmini **okul odaklı değişkenlerle** geliştirilen XGBoost modeliyle yapılmıştır. Okul ortalamaları Fen performanslarının gerçek ve tahmini skorları karşılaştırılmıştır. Gerçek skor ile tahmini skor arasında orta seviyede bir ilişki olduğu Lin uyum korelasyon katsayısının ρc= 0.49 olarak bulunmasıyla görülmüştür. Hata metrikleri ise RMSE değeri 68.74, MAE değeri 54.87 olarak hesaplanmış ve modelin yüksek oranda doğru tahmin yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Hata dağılımı açısından çapraz doğrulama diyagramı incelendiğinde, hata oranının -50 ile +200 arasında değer aldığı ve düşük hataların regresyon çizgisi etrafında toplandığı görülmüştür. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları D = 0.375, *p-value* = 0.6224 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum, modelin tahmin performansının sadece ortalama skorlarda değil ayrıca skorların dağılımında da iyi başarı gösterdiğini söyleyebiliriz.

- **2018 PISA Türkiye Matematik Başarı Skorlarının Tahmini**

2018 PISA Türkiye Matematik öğrenci başarı skor tahmini **öğrenci odaklı değişkenlerle** geliştirilen XGBoost modeliyle yapılmıştır. Öğrencilerin Matematik performanslarının gerçek ve tahmini skorları karşılaştırılmıştır. Gerçek skor ile tahmini skor arasında orta seviyede bir ilişki olduğu Lin uyum korelasyon katsayısının ρc= 0.51 olarak

bulunmasıyla görülmüştür. Hata metrikleri ise RMSE değeri 70.73, MAE değeri 56.45 olarak hesaplanmış ve modelin yüksek oranda doğru tahmin yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları $D = 0.5$, *p-value* = 0.5554 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle uç değerlerde bazı sapmalar olsa da tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum, modelin tahmin performansının sadece ortalama skorlarda değil ayrıca skorların dağılımında da iyi başarı gösterdiğini söyleyebiliriz.

2018 PISA Türkiye Matematik okul ortalama başarı skor tahmini **okul odaklı değişkenlerle** geliştirilen XGBoost modeliyle yapılmıştır. Okul ortalamaları Matematik performanslarının gerçek ve tahmini skorları karşılaştırılmıştır. Gerçek skor ile tahmini skor arasında orta seviyede bir ilişki olduğu Lin uyum korelasyon katsayısının ρc= 0.55 olarak bulunmasıyla görülmüştür. Hata metrikleri ise RMSE değeri 54.30, MAE değeri 40.47 olarak hesaplanmış ve modelin yüksek oranda doğru tahmin yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları $D = 0.375$, *p-value* = 0.6224 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum, modelin tahmin performansının sadece ortalama skorlarda değil ayrıca skorların dağılımında da iyi başarı gösterdiğini söyleyebiliriz.

- **2018 PISA Türkiye Okuma Becerisi Başarı Skorlarının Tahmini**

2018 PISA Türkiye Okuma öğrenci başarı skor tahmini **öğrenci odaklı değişkenlerle** geliştirilen XGBoost modeliyle yapılmıştır. Öğrencilerin Okuma performanslarının gerçek ve tahmini skorları karşılaştırılmıştır. Gerçek skor ile tahmini skor arasında orta seviyede bir ilişki olduğu Lin uyum korelasyon katsayısının ρc= 0.55 olarak bulunmasıyla görülmüştür. Hata metrikleri ise RMSE değeri 68.35, MAE değeri 54.87 olarak hesaplanmış ve modelin yüksek oranda doğru tahmin yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları $D = 0.41667$, *p-value* = 0.2558 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle uç değerlerde bazı sapmalar olsa da tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum, modelin tahmin performansının sadece ortalama skorlarda değil ayrıca skorların dağılımında da iyi başarı gösterdiğini söyleyebiliriz.

2018 PISA Türkiye Okuma okul ortalama başarı skor tahmini **okul odaklı değişkenlerle** geliştirilen XGBoost modeliyle yapılmıştır. Okul ortalamaları Okuma performanslarının gerçek ve tahmini skorları karşılaştırılmıştır. Gerçek skor ile tahmini skor

arasında orta seviyede bir ilişki olduğu Lin uyum korelasyon katsayısının ρc= 0.55 olarak bulunmasıyla görülmüştür. Hata metrikleri ise RMSE değeri 58.79, MAE değeri 45.11 olarak hesaplanmış ve modelin yüksek oranda doğru tahmin yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları D = 0.25, *p-value* = 0.9801 bu şekilde çıkmıştır. Buradan hareketle tahmin skorlarıyla gerçek skorların dağılımının birbirine oldukça benzediğini görmekteyiz. Bu durum, modelin tahmin performansının sadece ortalama skorlarda değil ayrıca skorların dağılımında da iyi başarı gösterdiğini söyleyebiliriz.

5.2. Genel Sonuçlar

1. Çalışmada dört algoritmanın (Random Forest, XGBoost, SVR ve BRNN) performansları kıyaslanmıştır. Çoğunlukla XGBoost algoritması daha iyi performans göstermiştir. Bunun yanında Random Forest algoritması da başarılı tahminler yapabilmiştir. Diğer algoritmalar ise (BRNN ve SVR) çoğunlukla diğerlerine göre daha düşük performans göstermiştir. Sonuç olarak, modelin en iyi duruma getirilmesine ve eğitim verilerinin yapısı doğrultusunda algoritma seçiminde dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.
2. Öğrenci ve okul odaklı değişkenlerle oluşturulan nihai modellerde XGBoost algoritması daha iyi performans göstererek özellikle fen ve matematik okuryazarlık skorlarında daha iyi tahminler yapmıştır. Ayrıca bu alanlarda hata oranı diğer algoritmalara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
3. Shapley değerlerine göre yüksek önem derecesine sahip değişkenler belirlenmiş ve model tahmin başarısına katkısı değerlendirilmiştir. Bu yöntemin kullanılmasıyla, öğrenci ve okul odaklı değişkenlerde gereksiz değişkenlerin çıkarılması, modelin tahmin başarısını olumsuz etkilemesinin önüne geçilmiş ve modelin yorum yapma becerisini artırmıştır.
4. Öğrenci ve okul odaklı değişkenlerin model tahmin başarısı üzerindeki etkileri detaylı olarak ayrı ayrı analiz edilmiştir. Öğrencilerin fen, matematik ve okuma başarıları üzerinde okul kaynakları, sosyoekonomik durum ve öğrenci motivasyonu gibi değişkenlerin etkili olduğu bulunmuştur. Bu değişkenler üzerinde iyileştirmeler yapılırsa öğrencilerin eğim başarısının artabileceği düşünülmektedir.
5. 2015 ve 2018 PISA Türkiye uygulamasının sınav sonuçları, 2015'de Singapur ile, 2018'de Çin (B-S-J-Z) ile kıyaslanmıştır. Sonucunda Türkiye'nin, özellikle Matematik ve Fen okuryazarlığında, Singapur ve Çin'den daha düşük bir sonuç elde ettiği belirlenmiştir. Türkiye'nin kıyaslanan diğer ülkelerden geri kalmasının sebebinin ise

öğretim yöntemleri, eğitim politikaları ve öğrenci destek mekanizmalarının farklı olmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir.

6. 2015 ve 2018 PISA Türkiye uygulamasının sonuçlarında Okuma Becerileri alanında ufak bir iyileşme tespit edilmesine karşın, Fen ve Matematik okuryazarlığı alanlarında anlamlı bir iyileşme görülmemiştir. Bu durumun sebebi ise eğitimde yapılan yeniliklerin etkisinin sınırlı kaldığını ve daha detaylı güncelleştirmelerin gerekli olduğunu göstermektedir.

5.3. Tartışma

Yapılan çalışmada 2015 PISA Türkiye verilerinde öğrenci başarısını etkileyen değişkenlerden ISCEDD (ebeveyn eğitim seviyesi) öğrenci odaklı değişkeninin Fen ve Matematik okuryazarlığı ve Okuma becerileri alanlarında ilk beşte yer aldığı görülmektedir. 2018 PISA Türkiye verilerinde ise Fen alanında, Çin verilerinde ise Matematik alanında ilk beşte yer aldığı tespit edilmiştir. Benzer olarak Anıl (2010), Çeçen (2014) ve Orhan (2020) ayrı ayrı yaptıkları çalışmalarda ISCEDD değişkeninin Fen okuryazarlığı performansını önemli ölçüde etkilediğini bulmuşlardır. Urfalı Dadandı vd. (2018) yaptıkları çalışmada ISCEDD değişkeninin Okuma becerisini önemli ortak bir öngörücü olarak bulmuşlardır. Tezci (2022), Kasap (2022) ayrı ayrı yapılan bu çalışmalarda ISCEDD değişkeninin öğrenci başarısını önemli ölçüde etkilediğini bulmuşlardır. Kahraman ve Çelik (2017) yaptıkları çalışmada ISCEDD değişkeninin öğrenci performansını önemli ölçüde etkilediğini bulmuşlarıdır. Pehlivan (2021) tarafından yapılan analizlerde ise öğrencinin ailesinin eğitim düzeyi ve evde sağlanan imkanların öğrenci başarısı üzerinde belirleyici olduğu bulunmuştur.

2015 PISA Türkiye verilerinde öğrenci başarısını etkileyen değişkenlerden STRATIO (öğrenci-öğretmen oranı) öğrenci odaklı değişkeninin Matematik okuryazarlığı alanlarında ilk beşte yer aldığı görülmektedir. Dinçer ve Uysal Kolaşin (2009), Acar ve Öğretmen (2012), Özberk ve diğerleri (2017) ve Ötken (2019) yaptıkları çalışmada STRATIO değişkeninin öğrenci performansını önemli ölçüde etkilediğini bulmuştur.

Yapılan çalışmada 2015 PISA Türkiye ve Singapur verilerinde okul ortalama başarı skorunu etkileyen değişkenlerden SC048Q03NA (sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler) okul odaklı değişkeninin Fen ve Matematik okuryazarlığı ve Okuma becerileri alanlarında ilk beşte yer aldığı görülmektedir. 2018 PISA Türkiye verilerinde ise Okuma becerileri alanında, Çin verilerinde ise yine tüm alanlarda ilk beşte yer aldığı tespit edilmiştir.

Arıcı ve Altıntaş (2014) araştırmasında, SC048Q03NA değişkeninin öğrencilerin PISA 2009 okuduğunu anlama başarısının anlamlı bir öngörücüsü olduğu bulmuştur.

Yapılan çalışmada 2015 PISA Türkiye verilerinde öğrenci başarısını etkileyen değişkenlerden SMINS (öğrencilerin fen bilimleri derslerine ne kadar zaman ayırdıkları) öğrenci odaklı değişkeninin Matematik okuryazarlığı alanında, Singapur sonuçlarında ise tüm alanlarda ilk beşte yer aldığı görülmektedir. Orhan (2020) çalışmasında, 2015 PISA uygulamasının sonuçlarından yararlanarak okul ve öğrenci alanlarındaki değişkenlerin öğrencilerin fen okuryazarlığı performansına etkisini araştırmıştır. Çalışmasında öğrencilerin fen öğrenme zamanı (SMINS) fen okuryazarlığı başarısını olumlu yönde etkilemekte olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Yapılan çalışmada 2015 PISA Singapur verilerinde okul ortalama başarı skorunu etkileyen değişkenlerden SC004Q01TA (öğrenci/bilgisayar oranı) okul odaklı değişkeninin Okuma becerileri alanında ilk beşte yer aldığı görülmektedir. 2018 PISA Çin verilerinde ise Fen ve Matematik okuryazarlığı alanlarında ilk beşte yer aldığı tespit edilmiştir. Kahraman ve Çelik (2017) ve Y. Kumlu (2018) yaptığı çalışmada SC004Q01TA değişkeninin öğrenci başarısını olumlu ölçüde yordadığını bulmuştur. Urfalı Dadandı vd. (2018) yaptıkları çalışmada yine SC004Q01TA değişkenin öğrencinin okuma becerisi performansını önemli ölçüde etkilediğini bulmuştur.

Yapılan çalışmada 2015 PISA Türkiye verilerinde öğrenci başarısını etkileyen değişkenlerden ST013Q01TA (Evdeki kitap sayısı) öğrenci odaklı değişkeninin Fen okuryazarlığı ve Okuma becerileri alanlarında ilk beşte yer aldığı görülmektedir. 2018 PISA Türkiye verilerinde ise Matematik okuryazarlığı ve Okuma becerileri alanında, Çin verilerinde ise Matematik okuryazarlığı alanında ilk beşte yer aldığı tespit edilmiştir. Kahraman ve Çelik (2017) yaptıkları çalışmada ST013Q01TA değişkeninin öğrenci başarısını önemli ölçüde etkilediğini bulmuşlardır.

Sonuçları destekleyecek farklı çalışmalar yukarıda verilmiştir. Bunlar haricinde önem derecesi yüksek ilk beş değişken dışındaki değişkenler ve değişkenlerle ilgili yapılan çalışmalar buradan sonra değerlendirilmiştir.

Evde bulunan klasik edebiyat eserleri (ST011Q07TA) PISA-2015 Türkiye örneklemi alt alanları için oluşturulan nihai modellerde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerde Matematik Okuryazarlığı ve Okuma becerileri alt alanlarında önem seviyesi

yüksek değişken olarak bulunmuştur. 2015 PISA Singapur örnekleminde de Fen Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. PISA-2018 Türkiye örneklemi alt alanları için oluşturulan nihai modellerde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerde Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örnekleminde ise bu değişken tüm alt alanlarda öğrenci başarısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Anıl (2010), Özer (2009) ve Kaya ve Doğan (2017) yaptıkları çalışmada evde bulunan klasik edebiyat eserlerinin (ST011Q07TA) fen başarısını artırdığı tespit edilmiştir.

Evde bulunan şiir kitapları (ST011Q08TA) PISA-2015 Singapur örnekleminde de Fen Okuryazarlığı alt alanında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. PISA-2018 Türkiye örneklemi Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. Karabay (2012), evdeki olanakların fen başarısı üzerinde pozitif yönde etkili olduğunu, evde dünya klasikleri, şiir kitapları ve sanat eserleri bulundurmanın 2003 ve 2006 PISA uygulamalarında fen başarısı üzerinde olumlu etkileri olduğunu ancak 2009 uygulamasında anlamlı katkısı olmadığını bulmuştur. Kaya (2017), 2015 PISA sonuçlarına göre, evde sözlük, dünya klasikleri ve şiir kitapları bulunmasının fen başarısını olumlu yönde etkilediğini bulmuştur. Anıl (2010), PISA 2006 sonuçlarını inceleyerek, bilgisayar ve internet imkanına sahip olmanın ve evde edebiyat eserleri, şiir kitapları ve sanat eserleri bulundurma gibi ailenin kültürel zenginliğinin fen başarısı üzerinde pozitif etkisi olduğunu bulmuştur.

Urfalı Dadandı ve diğerleri (2018) 2015 PISA verileriyle yapılan bir çalışmada evdeki kültürel kaynakların ve bilgi iletişim teknolojisinin okuma becerisi için önemli öngörücüler olduğu, ancak evdeki eğitimsel kaynakların bu konuda önemli olmadığı sonucuna varılmıştır. Özdemir ve Gelbal (2014), 2009 PISA sonuçlarına göre evde mevcut olanakların okuma becerisi üzerinde etkili olduğunu bulmuştur. Türkan ve diğerleri (2015), PISA 2012 verilerini analiz ederek, öğrencilerin evde bilgisayara ve kendilerine ait bir odaya sahip olmalarının matematik başarısını artırdığını bulmuşlardır. Polonya'nın 2013 PISA sonuçlarının incelendiği çalışmada, ev eşyalarının ve evdeki eğitimsel kaynakların okuma becerilerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir (Zasacka & Bulkowski, 2017). Filiz (2019) ve Zeybekoğlu (2019) çalışmalarında, öğrencilerin başarısını etkileyen faktörler arasında evde bulunan kitap sayısı, bilgisayar ve internet erişimi gibi çevresel faktörlerin önemli olduğu belirtilmiştir. Erdoğan ve Güvendir (2019) çalışmalarında 2015 PISA

verilerine dayanan bir başka araştırmada, öğrencilerin evde kendilerine ait bir çalışma masası, odası, sessiz bir çalışma yeri, bilgisayar, eğitim yazılımı, internet bağlantısı, edebiyat ve şiir kitapları, yardımcı ders kitapları, tablet, telefon ve e-kitap okuyucusu bulundurduklarında okuma becerilerinin daha başarılı olduğu bulunmuştur.

Evde bulunan bilgisayar sayısı (ST012Q06TA) değişkeni 2018 PISA uygulamasına katılan Türkiye örnekleminde tüm alt alanlarda Çin (B-S-J-Z) örnekleminde de Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. Aksu ve diğerleri (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, bilgisayara sahip olmanın matematik başarısını artırdığı sonucuna varılmıştır. Özer (2009), bilgisayar ve internete sahip olmanın matematik ve fen başarısını artırdığı bulunmuştur. Acar Güvendir (2017), PISA 2012 verilerini inceleyerek, öğrencilerin evde çalışma masasının olması, bilgisayarının olması, çalışma kitaplarının olması ve DVD oynatıcısının olmasının matematik başarısını artırdığını, ancak kendilerine ait odalarının ve evde internet bağlantısının matematik okuryazarlığı ile anlamlı bir ilişkisinin olmadığını tespit etmiştir. Shala ve Grajcevci (2018) çalışmalarında Kosova'nın 2015 PISA verilerine göre, öğrencilerin kendilerine ait odaları, evde internet bağlantısı ve bilgisayarları olduğunda okuma, matematik ve fen alanlarındaki başarılarını etkilediği bulunmuştur. Boztunç (2010), bilgisayar ve donanıma sahip olmanın matematik ve fen başarısını olumlu yönde etkilediğini, ancak bilgisayar kullanma sıklığının ise negatif etkilediğini bulmuştur.

Eğitim yazılımı (ST011Q05TA) değişkeni PISA-2015 Türkiye örneklemi alt alanları için oluşturulan nihai modellerde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerde Matematik Okuryazarlığı ve Okuma becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak bulunmuştur. 2015 PISA Singapur örnekleminde de Fen Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. PISA-2018 Türkiye örneklemi alt alanları için oluşturulan nihai modellerde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerde Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örnekleminde ise bu değişken tüm alt alanlarda öğrenci başarısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Erbaş (2005), internet ve bilgisayar kullanma sıklığının fen başarısını pozitif yönde, bilgisayar yazılımı kullanma ve ileri düzey bilgisayar yeterliğinin ise negatif yönde etkilediğini bulmuştur.

Yapılan çalışmada ekonomik, sosyal ve kültürel statü endeksinin (ESCS) PISA-2015 Türkiye ve Singapur örneklemleri ve 2018 PISA Türkiye ve Çin (B-S-J-Z) örneklemlerinde alt alanlar için oluşturulan nihai modellerde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerde Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak bulunmuştur. Bu sonuç diğer çalışmalarla (Ehmke & Siegle, 2005; Arıcı & Altıntaş, 2014; Gür Tekin, 2021; Kasap ve diğerleri, 2021) paralellik göstermektedir.

Okul çalışmanıza yardımcı olacak kitaplar (ST011Q10TA) değişkeni PISA-2018 Türkiye örneklemi alt alanları için oluşturulan nihai modellerde kullanılan önem seviyesi yüksek, öğrenci odaklı değişkenlerde Okuma Becerileri alt alanında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örnekleminde ise bu değişken Fen Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerileri alt alanlarında önem seviyesi yüksek değişken olarak tespit edilmiştir. Usta (2014), Finlandiya ve Türkiye'nin 2003 ve 2012 PISA sonuçlarını inceleyerek, evdeki eğitimsel kaynakların matematik başarısını artırdığını bulmuştur. Long ve Pang (2016), Çin'de yapılan bir çalışmada, evdeki eğitimsel kaynakların ebeveynlerin başarı beklentilerini artırdığını ve bu beklentinin matematik başarısı üzerinde etkili olduğunu bulmuşlardır.

Bu değişkenler haricinde öğrencilerin başarı performansını etkilediği belirlenen diğer değişkenlerle ilgili çalışmalar da aşağıda verilmiştir.

İnel Ekici ve diğerleri (2014) tarafından yapılan çalışmada, fen okuryazarlığı performansı yüksek öğrencilerin fen bilimlerini öğrenmeye yönelik motivasyon seviyelerinin anlamlı derecede yüksek olduğu belirtilmiştir.

Ötken (2019), PISA 2009 ve PISA 2012 uygulamalarında okullar arasındaki farklılıkların fen okuryazarlığı performans farklılıklarının oluşmasında önemli ölçüde etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Karakoç Alatlı (2020) tarafından Türkiye ve Singapur örneklem verileri üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, öğrencilerin fen okuryazarlığı performansını etkileyen faktörler incelenmiştir. Bulgular, öğrenci düzeyinde fene yönelik ilgi, araştırma temelli fen öğretimi ve öğrenimi uygulamaları, fen derslerinde öğretmen desteği gibi değişkenlerin fen okuryazarlığını anlamlı bir şekilde yordadığını göstermektedir. Ancak, Türkiye ve Singapur örneklemleri arasında belirgin farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin, Türkiye için

"fenden zevk alma" ve Singapur için "fen derslerindeki disiplin iklimi" değişkenleri fen okuryazarlığı performansını etkileyen önemli faktörler olarak belirlenmiştir.

5.4. Öneriler

Bu çalışmada, PISA uygulamasına katılan Türkiye'nin tüm alanlarda performansını analiz ederek, öğrencilerin performansını etkileyen değişkenleri belirlemede ve başarı tahmini yapmada önemli bir gelişme sağlanmıştır. Elde edilen bulgular, mevcut eğitim politikalarının yeniden değerlendirilmesi ve daha iyi hale getirilmesine ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Özellikle fen okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerileri alanlarında tespit edilen değişkenlerin, öğrencilerin performanslarındaki etkileri, eğitim stratejilerinin düzenlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu noktada eğitim sisteminin daha verimli hale getirilmesi için öğrenci ve okul odaklı değişkenlerin belirlenmiş olması önemli ipuçları vermektedir.

Çalışmada makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanılmış, özellikle XGBoost ve Random Forest algoritmaları yüksek doğrulukta tahminler yaptığı tespit edilmiş ve bu algoritmaların veri analizindeki önemi gösterilmiştir. Bu algoritmaların, eğitim verilerinin analizinde yaygın şekilde uygulanması, daha güvenilir ve doğru sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. Bunun yanında, Shapley değerleriyle değişkenlerin önem seviyelerinin tespit edilmesi, modelin yorum yapma kabiliyetini artırmış ve etkisiz veya çok düşük etkide olan değişkenlerin çıkartılmasının model performansını pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu çalışmanın bulgularını genişleterek yapılacak araştırmalar, daha derinlemesine ve kapsamlı analizler yapılabilir ve uluslararası standartlarda eğitim sistemimizin güncelleştirilmesine katkıda bulunabilir. Özellikle, zaman içindeki trendlerin ve değişimler daha net anlaşılmasını sağlayabilir. Eğitim araştırmalarında yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemlerinin daha çok uygulanması, öğrenci performanslarını etkileyen değişkenlerin Daha kapsamlı bir inceleme yapılmasına olanak tanıyacaktır.

Eğitim politikalarının, veriye dayalı karar alma süreçleri aracılıyla devamlı olarak iyileştirilmesi ve güncellenmesi gerekmektedir. Modern öğretim yöntemlerinin uygulanması, öğretmenlerin mesleki gelişimlerine dair çalışmaların çoğaltılması, eğitim kalitesini arttıracak önemli aşamalardan biridir. Bunun yanında, özellikle düşük sosyoekonomik düzeye sahip bölgelerde teknolojik altyapının ve eğitim materyallerinin geliştirilmesi ayrıca okul kaynaklarının iyileştirilmesi öğrenci performansını yükseltecektir. Öğrenci motivasyonunu yükseltmek için çalışmaların yapılması, rehberlik ve danışmanlık

hizmetlerinin yaygınlaştırılması, öğrencilerin kişisel ve akademik gelişimlerine fazlaca katkı sağlayacaktır. Genel çerçevede gerekli iyileştirmelerin yapılabilmesi ve Türk eğitim sisteminin eksik kaldığı kısımların belirlenmesi için başarılı ülkelerle yapılacak karşılaştırmalı çalışmalar önemlidir.

Bu çalışma, Türkiye'nin, PISA gibi sınavlarda daha üst sıralara çıkabilmesi ve uluslararası eğitim seviyesini arttırmak için önemli bir gösterge olabilir. Elde edilecek sonuçlar, eğitim politikalarının oluşturulması ve uygulanması açısından karar vericilere değerli bir yönlendirme sağlayabilir. Eğitimdeki mevcut problemlerinin çözülmesine ve gelecekte daha etkili stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlayacak bu tavsiyeler, diğer araştırmacılara kılavuzluk edebilecek önemli unsurları da içermektedir.

KAYNAKLAR

Acar Güvendir, M. (2017). Determination of the Relationship between the Students' "Mathematical Literacy" and "Home and School Educational Resources" in Program for International Student Assessment - (PISA 2012). *Mersin University Journal of the Faculty of Education / Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 13*(1), s. 94. https://doi.org/10.17860/mersinefd.305762

Acar, T., & Ögretmen, T. (2012). Analysis of 2006 PISA Science Performance Via Multilevel. *Eğitim ve Bilim, 37*(163), s. 178-189.

Açışlı Çelik, S., & Yeşilkanat, C. M. (2023, 08 03). Predicting science achievement scores with machine learning algorithms: a case study of OECD PISA 2015–2018 data. *Neural Computing and Applications, 35*, s. 21201-21228. https://doi.org/10.1007/s00521-023-08901-6

Agarwal, S., Pandey, G. N., & D., T. M. (2012, 04). Data mining in education: data classification and decision tree approach. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, 2*(2), s. 140. https://ijeeee.org/Papers/097-Z00080E10038.pdf adresinden alındı

Akkoyun, S. (2020, 01 01). Estimation of Fusion Reaction Cross-Sections by Artificial Neural Networks. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 462*, s. 51-54. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2019.11.014

Aksu, G., & Doğan, N. (2018, 12 01). Veri Madenciliğinde Kullanılan Öğrenme Yöntemlerinin Farklı Koşullar Altında Karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi, 51*(3), s. 71-100. https://doi.org/10.30964/auebfd.464262

Aksu, G., Güzeller, C. O., & Eser, M. T. (2017). Analysis of Maths Literacy Performances of Students with Hierarchical Linear Modeling (HLM): The Case of PISA 2012 Turkey. *Eğitim ve Bilim-Education and Science, 42*(191), s. 247-266. https://doi.org/10.15390/eb.2017.6956

Al-Bayatı, R. S. (2024). *Detection and measurement of multilevel COVID-19 infection using gamma correction and features extracted by CNN enhanced with xgboost from CT scan images.* Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi.

Alexandropoulos, S.-A. N., Kotsiantis, S. B., & Vrahatis, M. N. (2019). Data preprocessing in predictive data mining. *The Knowledge Engineering Review, 34*(e1). https://doi.org/10.1017/S026988891800036X

Alpaydın, E. (2014). *Introduction to machine learning.* The MIT Press.

Anagün, Ş. S. (2011). PISA 2006 Sonuçlarına Göre Öğretme-Öğrenme Süreci Değişkenlerinin Öğrencilerin Fen Okuryazarlıklarına Etkisi. *EĞİTİM VE BİLİM, 36*(162). https://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/503 adresinden alındı

Anıl, D. (2010). Uluslararası Öğrenci Başarılarını Değerlendirme Programı (PISA)'nda Türkiye'deki Öğrencilerin Fen Bilimleri Başarılarını Etkileyen Faktörler. *Eğitim ve Bilim, 34*(152). file:///C:/Users/WINDOWS10/Downloads/594-3967-1-PB%20(1).pdf adresinden alındı

Appelhans, T., Mwangomo, E., Hardy, D. R., Hemp, A., & Nauss, T. (2015). Evaluating machine learning approaches for the interpolation of monthly air temperature at Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Spatial Statistics, 14*, s. 91-113. https://doi.org/10.1016/j.spasta.2015.05.008

Arıcı, Ö., & Altıntaş, Ö. (2014). An investigation of the PISA 2009 reading literacy in terms of socio-economical backgrounds and receiving pre-school education "Turkey Example". *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences, 47*(1), s. 423-448. https://doi.org/10.1501/Egifak_0000001333

Barun, M. N. (2022). *2018 PISA verilerine göre öğrenci başarısını belirleyen faktörler ve analizi.* Gazi Üniversitesi.

Bayram, T., Akkoyun, S., & Kara, S. O. (2014). A study on ground-state energies of nuclei by using neural networks. *Annals of Nuclear Energy, 63*, s. 172-175. https://doi.org/10.1016/j.anucene.2013.07.039

Berland, M., Baker, R. S., & Blikstein, P. (2014, 05 03). Educational data mining and learning analytics: Applications to constructionist research. *Technology, Knowledge and Learning, 19*, s. 205-220. https://doi.org/10.1007/s10758-014-9223-7

Bezek Güre, Ö., Şevgin, H., & Kayri, M. (2023, 03 31). Reviewing the Factors Affecting PISA Reading Skills by Using Random Forest and MARS Methods. *International Journal of Contemporary Educational Research, 10*(1), s. 181-196. https://doi.org/10.33200/ijcer.1192590

Biau, G., & Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *Test, 25*, s. 197-227. https://doi.org/10.1007/s11749-016-0481-7

Bilal, M., Ali, G., Iqbal, M. W., Anwar, M., Malik, M. S., & Abdul, K. R. (2022, 08 16). Auto-prep: efficient and automated data preprocessing pipeline. *IEEE Access, 10*, s. 107764-107784. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3198662

Boztunç, N. (2010). *Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA)'na katılan Türk öğrencilerin 2003 ve 2006 yıllarındaki matematik ve fen bilimleri başarılarının incelenmesi.* Hacettepe Üniversitesi.

Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine Learning, 24*, s. 123-140.

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning, 45*(1), s. 5-32.

Briscoe, E., & Feldman, J. (2011, 01). Conceptual complexity and the bias/variance tradeoff. *Cognition*, s. 2-16. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.10.004

Burden, F. R., & Winkler, D. A. (1999). Robust QSAR models using Bayesian regularized neural networks. *Journal of medicinal chemistry, 42*(16), s. 3183-3187.

Cabello-Solorzano, K., Araujo, I. O., Pena, M., Correia, L., & Tallón-Ballesteros, A. J. (2023, 08 31). The Impact of Data Normalization on the Accuracy of Machine Learning Algorithms: A Comparative Analysis. *International Conference on Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications*, s. 344-353. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42536-3_33

Carslaw, D. C., & Ropkins, K. (2012). openair — An R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*, s. 27-28, 52-61. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.008

Cekic, E., Pinar, E., Pinar, M., & Dagcinar, A. (2024). Deep Learning-Assisted Segmentation and Classification of Brain Tumor Types on Magnetic Resonance and Surgical Microscope Images. *World Neurosurgery, 182*, s. e196-e204. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.11.073

Chen, T., & Guestrin, C. (2016, 08). Xgboost: A scalable tree boosting system. *KDD '16: Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, (s. 785-794).

Chithra, Y., Kiran, P., & Manoj, P. B. (2022). The Novel Method for Data Preprocessing CLI. *Advances in Intelligent Systems and Technologies The*, s. 117-120.

Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning, 20*, s. 273-297.

Costa, L. d. (2021). Further generalizations of the Jaccard index. arXiv preprint arXiv:2110.09619.

Craft, R. C., & Leake, C. (2002). The Pareto principle in organizational decision making. *Management Decision, 40*(8), s. 729-733.

CRAN-Package XGBoost. (2021). https://cran.r-project.org/web/packages/xgboost/index.html adresinden alındı

Çalışkan Tezci, D. (2022). *PISA'da farklı değişkenlerin fen okuryazarlığına etkisi: Bir meta analiz çalışması.* Akdeniz Üniversitesi.

Çeçen, Y. (2014). *Sosyokültürel ve sosyoekonomik değişkenlerin PISA fen okuryazarlığını yordama gücünün yıllara göre incelenmesi.* İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul Aydın Üniversitesi.

Çelen, F. K., Çelik, A., & Seferoğlu, S. S. (2001). Türk Eğitim Sistemi ve PISA Sonuçları. *2(4)*, s. 1-9. Akademik Bilişim.

Dai, F., Zhou, Q., Lv, Z., Wang, X., & Liu, G. (2014). Spatial prediction of soil organic matter content integrating artificial neural network and ordinary kriging in Tibetan Plateau. *Ecological indicators, 45*, s. 184-194. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.003

Dinçer, M. A., & Uysal Kolaşin, G. (2009). *Türkiye'de Öğrenci Başarısında Eşitsizliğin Belirleyicileri.* Sabancı Üniversitesi Eğitim Reformu Girişimi.

Dong, X.-X., An, R., Lu, J.-X., & Geng, L.-S. (2022). Novel Bayesian neural network based approach for nuclear charge radii. *Physical Review C, 105*(1), s. 014308.

Drucker, H., Burges, C. J., Kaufman, L., Smola, A., & Vapnik, V. (1997). Support vector regression machines. *Advances in Neural Information Processing Systems, 1*, s. 155-161.

Dunford, R., Su, Q., & Tamang, E. (2014). The pareto principle. *The Plymouth Student Scientist, 7*(2), s. 140-148.

Ehmke, T., & Siegle, T. (2005). Isei, Isced, Homepos, Escs. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 4*(8), s. 521-539. https://doi.org/10.1007/s11618-005-0157-7

Engin, U. (2023). *XGBoost ile finansal sıkıntının tahminlenmesi: BİST uygulaması.* Yıldız Teknik Üniversitesi.

Erbaş, K. C. (2005). *Factors affecting scientific literacy of students in Turkey in programme for international student assessment (PISA).* Middle East Technical University/ Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Erdoğan, E., & Acar Güvendir, M. (2019, 04 05). Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programında Öğrencilerin Sosyoekonomik Özellikleri ile Okuma Becerileri Arasındaki İlişki. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, s. 493-523. https://doi.org/10.17494/ogusbd.548530

Erdoğan, S., & Taştan, H. (2024, 06 28). Makine Öğrenmesi Yoluyla Öğrenci Başarısının Tahmini: PISA'nın Türk Alt Kümesinden Elde Edilen Kanıtlar. *YILDIZ SOCIAL SCIENCE REVIEW*, s. 7-27. https://doi.org/10.51803/yssr.1461030 adresinden alındı

Farnaaz, N., & Jabbar, M. A. (2016). Random Forest Modeling for Network Intrusion Detection System. *Procedia Computer Science, 89*, s. 2013-217. https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.06.047

Field, A., Miles, J., & Field, Z. (2012). *Discovering Statistics Using R.*

Filiz, E. (2019). *Makine öğrenmesi yöntemleri ve eğitim verisi üzerine bir uygulama: uluslararası matematik ve fen eğilimleri araştırması 2015 Türkiye örneği.* Yıldız Teknik Üniversitesi.

Fletcher, S., & İslam, M. Z. (2018). Comparing sets of patterns with the Jaccard index. *Australasian Journal of Information Systems, 22*. https://doi.org/10.3127/ajis.v22i0.1538

Fryer, D., Strümke, I., & Nguyen, H. (2020, 11 3). Shapley value confidence intervals for attributing variance explained. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, s. 1-17. https://doi.org/10.3389/fams.2020.587199

Gamazo, A., & Martínez-Abad, F. (2020, 11 27). An Exploration of Factors Linked to Academic Performance in PISA 2018 Through Data Mining Techniques. *Frontiers in Psychology, 11*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.575167

Ghosh, K., & Das, P. K. (2024). Central bank digital currencies–a bibliometric analysis on research themes in pursuit of research trends. *International Journal of Law and Management*.

Görgülü, V. (2021). *RASTGELE ORMANLAR YÖNTEMİ İLE ÖZELLİK SEÇİMİ KULLANILARAK VAN İLİNDE YAŞAYANLARIN TRAFİKTE ALGI VE TUTUMLARININ BELİRLENMESİ.* Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Greenwell, B. (2024). fastshap: Fast Approximate Shapley Values. https://cran.r-project.org/web/packages/fastshap/index.html adresinden alındı

Guyon, I., & Elisseeff, A. (2003, 3). An introduction to variable and feature selection. *Journal of Machine Learning Research*, s. 1157-1182. https://www.jmlr.org/papers/volume3/guyon03a/guyon03a.pdf?trk=public_post_comment-text adresinden alındı

Gür Tekin, E. (2021). *Türkiye'deki öğrencilerin PISA 2015 ve PISA 2018 okuma becerilerinin bazı değişkenler açısından incelenmesi: İkincil veri analiz çalışması.* Akdeniz Üniversitesi.

Hastie, T., Friedman, J., & Tibshirani, R. (2009). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction* (Cilt 2). New York: springe.

Hengl, T., Nussbaum, M., Wright, M. N., Heuvelink, G. B., & Graler, B. (2018, 08 29). Random forest as a generic framework for predictive modeling of spatial and spatio-temporal variables. *PeerJ, 6*, s. e5518.

Ho, T. K. (1998). The random subspace method for constructing decision forests. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20*(8), s. 832-844. https://doi.org/10.1109/34.709601

Hu, L., & Wang, K. (2023). *Computing SHAP Efficiently Using Model Structure Information.* ArXiv, abs/2309.02417.: https://arxiv.org/abs/2309.02417 adresinden alındı

Hu, L., Wang, C., Ye, Z., & Wang, S. (2021, 08 20). Estimating gaseous pollutants from bus emissions: A hybrid model based on GRU and XGBoost. *Science of The Total Environment, 783*, s. 146870. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146870

Immekus, J. C., Jeong, T.-s., & Yoo, J. E. (2022, 12 27). Machine learning procedures for predictor variable selection for schoolwork-related anxiety: evidence from PISA 2015 mathematics, reading, and science assessments. *Large-scale Assessments in Education, 10*(1), s. 30. https://doi.org/10.1186/s40536-022-00150-8

İnel Ekici, D., KAYA, K., & Olcay, M. (2014, 04). Ortaokul Öğrencilerinin Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyonlarının Farklı Değişkenlere Göre İncelenmesi: Uşak İli Örneği. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 10*(1), s. 13-26. https://www.researchgate.net/profile/Didem-Inel-Ekici/publication/283503980_Investigating_of_Motivation_about_Science_Learning_of_Middle_School_Students_to_Different_Variables_The_Case_of_Usak_Province/links/563b9f0408ae45b5d286947d/Investigating-of-Motiv adresinden alındı

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015, 07 15). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science, 349*(6245), s. 255-260. https://doi.org/10.1126/science.aaa8415

Kahraman, Ü., & Çelik, K. (2017, 12 29). PISA 2012 sonuçlarının bazıdeğişkenler açısından incelenmesi. *Journal of Human Sciences, 14*(4), s. 4797-4808. https://doi.org/10.14687/jhs.v14i4.5136

Karabay, E. (2012). *Sosyo-kültürel değişkenlerin PISA fen okuryazarlığını yordama gücünün yıllara göre incelenmesi.* Ankara Üniversitesi.

Karakoç Alatlı, B. (2020, 04 04). Investigation of Factors Associated with Science Literacy Performance of Students by Hierarchical Linear Modeling: PISA 2015 Comparison of Turkey and Singapore. *Education and Science, 45*(202), s. 17-49.

Karasu, U. (2019). *Fen okuryazarlığını etkileyen bazı sosyal değişkenlerin PİSA verilerine göre incelenmesi.* Ankara Üniversitesi.

Karatzoglou, A., Smola, A., Hornik, K., & Zeileis, A. (2004). kernlab-an S4 package for kernel methods in R. *Journal of statistical software, 11*(9), s. 1-20. https://doi.org/10.18637/jss.v011.i09

Kasap, Y. (2022). *Veri madenciliği yöntemleri ile ülkelerin PISA başarı düzeylerini etkileyen değişkenlerin incelenmesi.* Hacettepe Üniversitesi.

Kasap, Y., Doğan, N., & Koçak, C. (2021). PISA 2018'de Okuduğunu Anlama Başarısını Yordayan Değişkenlerin Veri Madenciliği İle Belirlenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19*(4), s. 241-258. https://doi.org/10.18026/cbayarsos.959609

Kasap, Y., Doğan, N., & Koçak, C. (2023, 08 22). Investigation of Variables Affecting PISA Reading Comprehension Achievement Levels of Countries with Different Levels of Achievement with CRT and RF Methods. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20*(2), s. 459-483. https://doi.org/10.33711/yyuefd.1221541

Kaya, V. H. (2017, 07 01). Okuma Becerilerinin Fen Bilimleri Okuryazarlığına Etkisi. *Milli Eğitim Dergisi, 46*(215), s. 193-207. https://dergipark.org.tr/en/pub/milliegitim/issue/36134/405905 adresinden alındı

Kaya, V. H., & Doğan, A. (2017, 03 30). PISA 2012'ye Göre Türkiye'de Fen Bilgisi Okuryazarlığını Etkileyen Türk Öğrenci Özelliklerinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması. *İşletme ve Yönetim Araştırma Dergisi, 4*(1), s. 34-51. https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2017.369

Kesercioğlu, T., Balım, A., Ceylan, A., & Moralı, S. (2001). *İlköğretim okulları 7. sınıflarda uygulanmakta olan fen dersi konularının öğretiminde görülen okullar arası farklılıklar.* IV. Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi.

Koçak, G. (2022). *Türkiye, Singapur, Kanada ve Estonya'daı PISA 2018 başarılarını etkileyen değişkenlerin karşılaştırılması.* Hacettepe Üniversitesi.

Kuhn, M., Wing, J., Weston, S., Williams, A., Keefer, C., Engelhardt, A., . . . Hunt, T. (2020). caret: Classification and Regression Training. version 6.0-86. R Packag.

Lezhnina, O., & Kismihok, G. (2022). Combining statistical and machine learning methods to explore German students' attitudes towards ICT in PISA. *International Journal of Research & Method in Education, 45*(2), s. 180-199. https://doi.org/doi.org/10.1080/1743727X.2021.1963226

Li, R., Cui, L., Fu, H., Meng, Y., Li, J., & Guo, J. (2020, 05 15). Estimating high-resolution PM1 concentration from Himawari-8 combining extreme gradient boosting-geographically

and temporally weighted regression (XGBoost-GTWR). *Atmospheric Environment, 229*, s. 117434. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117434

Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Classification and regression by randomForest. *R news, 2/3*, s. 18-22.

Lin, L. I.-K. (1989, 03 01). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics, 45*(1), s. 255-268. https://doi.org/10.2307/2532051

Long, H., & Pang, W. (2016, 10 03). Family socioeconomic status, parental expectations, and adolescents' academic achievements: a case of China. *Educational Research and Evaluation, 22*(5-6), s. 283-304. https://doi.org/10.1080/13803611.2016.1237369

Ma, J., Ding, Y., Cheng, J. C., Tan, Y., Gan, V. J., & Zhang, J. (2019). Analyzing the Leading Causes of Traffic Fatalities Using XGBoost and Grid-Based Analysis: A City Management Perspective. *IEEE Access, 7*, s. 148059-148072.

Ma, M., Zhao, Ç., He, B., Li, Q., Dong, H., Wang, S., & Wang, Z. (2021, 07). XGBoost-based method for flash flood risk assessment. *Journal of Hydrology, 598*, s. 126382. https://doi.org/10.1016/j.jhidrol.2021.126382

Madatov, H., & Sattarova, S. (2024). Using the Jaccard similarity method for recommendation system of books. *Society and Innovation, 5*(1), s. 59-69. https://doi.org/10.47689/2181-1415-vol5-iss1-pp59-69

Maître, M., Gravier, E., Simcic-Mori, A., Géniès, C., Mias, C., Alvarez-Georges, S., . . . Duplan, H. (2024). Characterization of the forehead skin microbiome in the early phase of acne. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 38*, s. 3-11. https://doi.org/10.1111/jdv.20203

Masci, C., Johnes, G., & Agasisti, T. (2018, 09 16). Student and school performance across countries: A machine learning approach. *European Journal of Operational Research, 269*(3), s. 1072-1085. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.031

Mehta, P., Bukov, M., Wang, C.-H., Day, A. G., Richardson, C., Fisher, C. K., & Schwab, D. J. (2019, 05 30). A high-bias, low-variance introduction to machine learning for physicists. *Physics reports, 810*, s. 1-124. https://doi.org/10.1016/j.physrep.2019.03.001

Michalski, R. S., & Kodratoff, Y. (1990). RESEARCH IN MACHINE LEARNING: Recent Progress, Classification of Methods, and Future Directions. *Machine Learning*, s. 3-30. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780080510552500043 adresinden alındı

Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning.* McGraw-Hill Education.

Munoz, J. M., Akkoyun, S., Reyes, Z. P., & Pachon, L. A. (2023). Predicting B-decay energy with machine learning. *Physical Review, 107*(3), s. 034808.

Nguyen, H., Bui, X.-N., Bui, H.-B., & Mai, N.-L. (2020). A comparative study of artificial neural networks in predicting blast-induced air-blast overpressure at Deo Nai open-pit coal mine, Vietnam. *Neural Computing and Applications, 32*(8), s. 3939-3955.

Nielsen, D. (2016). *Tree boosting with xgboost-why does xgboost win" every" machine learning competition?* NTNU.

Nirei, M., & Aoki, S. (2016, 04). Pareto distribution of income in neoclassical growth models. *Review of Economic Dynamics*, s. 25-42. https://doi.org/10.1016

OECD. (2016). *Excellence and equity in education.* PISA 2015 results (Volume I). OECD.

Okatan, Ö. (2017). *Uluslararası Öğrenci Başarılarını Değerlendirme Programı'na (PISA) göre öğrencilerin matematik başarıları ile ilişkili değişkenlerin incelenmesi.* Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.

Orhan, B. (2020). *Öğrenci ve okul özellikleri, öğretme ve öğrenme süreci ile ilgili değişkenler ve bilişsel olmayan öğrenme çıktılarının PISA 2015 – Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı fen okuryazarlığı üzerindeki etkilerinin incelenmesi.* Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Osman, A. İ., Ahmed, A. N., Chow, M. F., Huang, Y. F., & El-Şafii, A. (2021, 06). Extreme gradient boosting (Xgboost) model to predict the groundwater levels in Selangor Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal, 12*(2), s. 1545-1556. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.11.011

Ötken, Ş. (2019). *PISA uygulamalarında okuma-matematik-fen okuryazarlığı puanlarındaki değişimin çok değişkenli-çok düzeyli model ile incelenmesi.* Hacettepe Üniversitesi.

Özberk, E. H., Atalay Kabasakal, K., & Boztunç Öztürk, N. (2017). Investigating the Factors Affecting Turkish Students' PISA 2012 Mathematics Achievement Using Hierarchical Linear Modeling. *HACETTEPE UNIVERSITESI EGITIM FAKULTESI DERGISI-HACETTEPE UNIVERSITY JOURNAL OF EDUCATION, 32*(3), s. 544-559. https://doi.org/10.16986/huje.2017026950

Özdemir, B., & Gelbal, S. (2014, 10 11). PISA 2009 Sonuçlarına Göre Öğrenci Başarısını Etkileyen Faktörlerin Kanonik Ortak Etki Analizi ile İncelenmesi. *Eğitim ve Bilim, 39*(175), s. 41-57. https://doi.org/10.15390/EB.2014.3025

Özer, Y. (2009). *Uluslararası öğrenci değerlendirme programı (PISA) verilerine göre Türk öğrencilerin matematik ve fen bilimleri başarıları ile ilişkili faktörler.* Hacettepe Üniversitesi.

Pan, Z., & Cutumisu, M. (2023, Aralık 21). Using machine learning to predict UK and Japanese secondary students' life satisfaction in PISA 2018. *British Journal of Education Psychology*, s. 474-498. https://doi.org/10.1111/bjep.12657

Panov, P., & Džeroski, S. (2007, 09). Combining bagging and random subspaces to create better ensembles. *International Symposium on Intelligent Data Analysis* (s. 118-129). Berlin: Berlin Heidelberg.

Pareto, V. (1896). *Cours d'conomie Politique Profess a l'Universit de Lausanne, Vol. I, 1896; Vol. II, 1897.* https://doi.org/10.1177/000271629700900314

Parlak, M. S. (2021). *Öğretmenlerin E-Öğrenme Hazırbulunuşluk Düzeylerini Etkileyen Faktörlerin Rastgele Orman Algoritması Yöntemi İle İncelenmesi.* Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Pehlivan, O. C. (2021). *2018 PISA sınavı Türkiye örnekleminin akademik başarısını etkileyen sosyokültürel ve sosyoekonomik faktörlerin incelenmesi.* Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi.

Pernot, P., Huang, B., & Savin, A. (2020). Impact of non-normal error distributions on the benchmarking and ranking of quantum machine learning models. *Machine Learning: Science and Technology, 1*(3). https://doi.org/10.1088/2632-2153/aba184

(2010). *PISA 2009 ulusal on raporu.* MEB.

Prasad, A. M., Iverson, L. R., & Liaw, A. (2006). Newer Classification and Regression Tree Techniques: Bagging and Random Forests for Ecological Prediction. *Ecosystems, 9*(2), s. 181-199. https://doi.org/10.1007/s10021-005-0054-1

Qiu, Y., Zhou, J., Khandelwal, M., Yang, H., Yang, P., & Li, Ç. (2021, 04 22). Performance evaluation of hybrid WOA-XGBoost, GWO-XGBoost and BO-XGBoost models to predict blast-induced ground vibration. *Engineering with Computers, 38*, pp. 4145-4162.

Rebai, S., Yahia, F. B., & Essid, H. (2020, 06). A graphically based machine learning approach to predict secondary schools performance in Tunisia. *Socio-Economic Planning Sciences, 70*, s. 100724. https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.06.009

Resino, D. A., Constante-Amores, A., Castro, M., & Navarro, E. (2024). School effectiveness and high reading achievement of Spanish students in PISA 2018: a machine learning approach. *Educación XX1, 27*(2), s. 223-251. https://doi.org/10.5944/educxxi.38634

Rezende, J. M., Rodrigues, I. M., Resendo, L. C., & Komati, K. S. (2024). Combining natural language processing techniques and algorithms LSA, word2vec and WMD for technological

forecasting and similarity analysis in patent documents. *echnology Analysis & Strategic Management, 36*(8), s. 1695-1716. https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2110054

Rodriguez, P. P., & Gianola, D. (2023, 10 11). brnn: Bayesian Regularization for Feed Forward Neural Networks. https://cran.r-project.org/web/packages/brnn/index.html adresinden alındı

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning internal representations by error propagation. D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, & R. J. Williams içinde, *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition.* Biometrika. https://doi.org/10.7551/mitpress/4943.003.0128

Saarela, M., Yener, B., Zaki, M. J., & Kärkkäinen, T. (2016). Predicting Math Performance from Raw Large-Scale Educational Assessments Data : A Machine Learning Approach. *MLDEAS workshop papers of the 33rd International Conference on Machine Learning (ICML 2016 Workshop). 48(1)*, s. 1-8. JMLR Workshop and Conference Proceedings. https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/52562 adresinden alındı

San Martin Soares, P. (2024, 06 19). Combining Statistical and Machine Learning Methods to Identify Predictors of Brazilian Students' Proficiency in PISA 2018. *Journal of Psychoeducational Assessment*. https://doi.org/10.1177/07342829241262861

Schweidtmann, A. M., Clayton, A. D., Holmes, N., Bradford, E., Bourne, R. A., & Lapkin, A. A. (2018, 07 04). Machine learning meets continuous flow chemistry: Automated. *Kimya Mühendisliği Dergisi*, s. 277-282. https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.07.031

Sezgin, G. (2017). *Factors affecting mathematics literacy of students based on PISA 2012: A cross-cultural examination.* İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi.

Shala, A., & Grajcevci, A. (2018). Kosovo's low performance in PISA 2015: An explanation from a socioeconomic perspective. *Educational Process: International Journal, 7*(1), s. 48.

Snell, K. I., Ensor, J., Debray, T. P., Ayları, K. G., & Riley, R. D. (2017, 05). Meta-analysis of prediction model performance across multiple studies: Which scale helps ensure between-study normality for the C-statistic and calibration measures? *Statistical methods in medical research, 27*(11), s. 3505-3522. https://doi.org/10.1177/0962280217705678

Štrumbelj, E., & Kononenko, I. (2014). Explaining prediction models and individual predictions with feature contributions. *Knowledge and information systems, 41*, s. 647-665.

Şahin, S. (2021). *Makine öğrenmesi yöntemleri ile ortaokul öğrenci başarılarının tespiti ve bir uygulama.* İstanbul Üniversitesi.

Tao Shi, S. H. (2012). Unsupervised Learning With Random Forest Predictors. *Journal of Computational and Graphical Statistics, 15*(1), s. 118-138. https://doi.org/10.1198/106186006X94072

Team, R. C. (2020). *RA language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical.* Computing.

Thien, L. M. (2016, 04 25). Malaysian Students' Performance in Mathematics Literacy in PISA from Gender and Socioeconomic Status Perspectives. *Asia-Pacific Education Research, 25*, s. 657-666. https://doi.org/10.1007/s40299-016-0295-0

Topçu, S. (2023). *Koroner Arter Hastalığında Klinik Sonlanımların Öngörülmesinde Lojistik Regresyon Analizi, Cart Ve Rasgele Orman Algoritmalarının Karşılaştırılması.* Ankara Üniversitesi.

Toprak, E. (2017). *Yapay sinir ağı, karar ağaçları ve ayırma analizi yöntemleri ile PISA 2012 matematik başarılarının sınıflandırılma performanslarının karşılaştırılması.* Hacettepe Üniversitesi.

Türkan, A., Üner, S., & Alcı, B. (2015). 2012 PISA Matematik Testi Puanlarının Bazı Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Ege Eğitim Dergisi, 16*(2), s. 358-372.

Ulukan, G. (2019). *PISA 2015 verileri ve ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile öğrencilerin fen okuryazarlığının incelenmesi.* Aksaray Üniversitesi.

Urfalı Dadandı, P., Dadandı, İ., & Koca, F. (2018, 06 15). PISA 2015 Türkiye Sonuçlarına Göre Sosyoekonomik Faktörler İle Okuma Becerileri Arasındaki İlişkiler. *Uluslararası Türkçe Edebiyat Kültür Eğitim (TEKE) Dergisi, 7*(2), s. 1239-1252. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/503706 adresinden alındı

Usta, H. G. (2014). *PISA 2003 ve PISA 2012 matematik okuryazarlığı üzerine uluslararası bir karşılaştırma: Türkiye ve Finlandiya.* Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Ünsal, S. (2018, 08 15). Türkiye'de Öğretmenlik Mesleğinin Durumuna İlişkin Bir Pareto Analizi. *Sakarya University Journal of Education*, s. 111-130. https://doi.org/10.19126

Van Buuren, S., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). mice: Multivariate imputation by chained equations in R. *Journal of statistical software, 45*, s. 1-67.

Van Den Broeck, A., Likov, A., Schleich, M., & Suciu, V. (2022). On the tractability of SHAP explanations. *Journal of Artificial Intelligence Research, 74*, pp. 851-886. https://doi.org/10.1613/jair.1.13283

Verma, V., & Aggarwal, R. K. (2020). A comparative analysis of similarity measures akin to the Jaccard index in collaborative recommendations: empirical and theoretical perspective. *Social Network Analysis and Mining, 10*(1), s. 43.

Wang, J., He, L., Lu, X., Zhou, L., Tang, H., Yan, Y., & Ma, W. (2022). A full-coverage estimation of PM2.5 concentrations using a hybrid XGBoost-WD model and WRF-simulated meteorological fields in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration, China. *Environmental Research, 203*, s. 111799. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111799

Weerts, H. J., Ipenburg, W. V., & Pechenizkiy, M. (2019). *A human-grounded evaluation of shap for alert processing.* arXiv preprint arXiv:1907.03324: https://arxiv.org/abs/1907.03324 adresinden alındı

Wickham, H. (2016). *Data Analysis.* Springer International Publishing.

Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). dplyr: A Grammar of Data Manipulation.

Wu, C., & Chau, K. (2008, 08 30). River stage prediction based on a distributed support vector regression. *Journal of Hydrology, 358*(1-2), s. 96-111. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.05.028

Wu, J., Liu, H., Wei, G., Song, T., Zhang, C., & Zhou, H. (2019, 06 27). Flash Flood Forecasting Using Support Vector Regression Model in a Small Mountainous Catchment. *Hydrology, 11*(7), s. 1327. https://doi.org/10.3390/w11071327

Yeni, A. (2024). *Bir otomotiv firmasında bireysel performans puanlarının yapay sinir ağı yaklaşımı ve XGBoost yöntemi ile tahminlenmesi.* Çukurova Üniversitesi.

Yeşilkanat, C. M., Kobya, Y., Taşkın, H., & Çevik, U. (2017). Spatial interpolation and radiological mapping of ambient gamma dose rate by using artificial neural networks and fuzzy logic methods. *Journal of Environmental Radioactivity*, s. 175–176, 78–93.

Yu, P.-S., Chen, S.-T., & Chang, B.-F. (2006, 09 15). Support vector regression for real-time flood stage forecasting. *Journal of hydrology, 328*(3-4), s. 704-716. https://doi.org/10.1016/j.jhidrol.2006.01.021

Yurttaş Kumlu, G. D. (2018). *Türkiye'de PISA uygulamasına katılan öğrencilerin bilgi ve iletişim teknolojilerine erişimlerinin PISA sonuçlarını yordama düzeyleri.* Hacettepe Üniversitesi.

Yüksel, M. (2019). *PISA 2015 Türkiye ve Finlandiya verilerine göre okul özellikleri ile öğrencilerin okuma becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi.* Trakya Üniversitesi.

Zasacka, Z., & Bulkowski, K. (2017). Ortaokul öğrencilerinin okuma katılımı ve okul başarısı. *EDUKACJA*, s. 78-99. https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=535175 adresinden alındı

Zeybekoğlu, Ş. (2019). *PİSA 2015 Türkiye örneklemi fen okuryazarlığını açıklayan değişkenlerin CHAİD analizi ile incelenmesi.* Akdeniz Üniversitesi.

Zorbozan, O., Zorbozan, N., & Turgay, N. (2019, 07 01). Üçüncü Basamak Sağlık Merkezinin Parazitoloji Laboratuvarında Analiz Öncesi Sürecin. *Mikrobiyoloji bulteni*, s. 319-329. https://doi.org/10.5578/mb.68362

EKLER

Ek Tablo 1. 2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
1	ISCEDD	K1_A1	66	ST034Q02TA	K8_A1
2	ISCEDO	K1_A1	67	ST038Q06NA	K8_A1
3	REPEAT	K1_A1	68	ST038Q03NA	K8_A1
4	ST126Q01TA	K1_A1	69	ST038Q07NA	K8_A1
5	ST125Q01NA	K1_A1	70	ST038Q05NA	K8_A1
6	ST004D01T	K1_A1	71	ST100Q01TA	K8_A2
7	DURECEC	K1_A1	72	ST100Q03TA	K8_A2
8	ST127Q03TA	K1_A1	73	ST104Q03NA	K8_A2
9	ISCEDL	K1_A1	74	TEACHSUP	K8_A2
10	ST127Q01TA	K1_A1	75	PERFEED	K8_A2
11	ST127Q02TA	K1_A1	76	ST104Q02NA	K8_A2
12	LANGN	K1_A2	77	ST100Q02TA	K8_A2
13	ST022Q01TA	K1_A2	78	ST104Q04NA	K8_A2
14	ST019BQ01T	K1_A2	79	ST100Q04TA	K8_A2
15	ST019AQ01T	K1_A2	80	ST097Q03TA	K8_A3
16	ST019CQ01T	K1_A2	81	ST097Q04TA	K8_A3
17	IMMIG	K1_A2	82	DISCLISCI	K8_A3
18	ESCS	K1_A3	83	ST062Q03TA	K8_A3
19	ST007Q01TA	K1_A3	84	ST097Q01TA	K8_A3
20	HISCED	K1_A3	85	ST062Q02TA	K8_A3
21	MISCED	K1_A3	86	ST062Q01TA	K8_A3
22	ST005Q01TA	K1_A3	87	ST097Q05TA	K8_A3
23	FISCED	K1_A3	88	ST097Q02TA	K8_A3
24	PARED	K1_A3	89	ST123Q02NA	K10_A2
25	ST008Q03TA	K1_A3	90	EMOSUPS	K10_A2
26	ST008Q02TA	K1_A3	91	ST123Q04NA	K10_A2
27	ST008Q01TA	K1_A3	92	ST123Q03NA	K10_A2
28	ST006Q01TA	K1_A3	93	ST001D01T	KSIZ_DEG_RAW.1
29	ST006Q02TA	K1_A3	94	ST121Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1
30	ST013Q01TA	K1_A4	95	ST121Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1
31	ST012Q07NA	K1_A4	96	ST082Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1
32	ST011Q07TA	K1_A4	97	ST082Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1
33	ST011Q05TA	K1_A4	98	ST003D02T	KSIZ_DEG_RAW.1
34	ESCS2	K1_A4	99	ST123Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
35	ICTRES	K1_A4	100	ST006Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
36	ST012Q05NA	K1_A4	101	ST082Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
37	ST011Q10TA	K1_A4	102	ST021Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
38	WEALTH	K1_A4	103	ST059Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.2
39	CULTPOSS	K1_A4	104	ST060Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2
40	ST012Q08NA	K1_A4	105	ST032Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2
41	ST011Q16NA	K1_A4	106	ST071Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.2
42	HEDRES	K1_A4	107	ST082Q12NA	KSIZ_DEG_RAW.2
43	ST011Q08TA	K1_A4	108	ST071Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.2
44	HOMEPOS	K1_A4	109	ST071Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.2
45	ST012Q02TA	K1_A4	110	ST059Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.2
46	ST011Q12TA	K1_A4	111	ST071Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.2
47	ST011Q04TA	K1_A4	112	ST082Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.2
48	ST012Q01TA	K1_A4	113	ST063Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2
49	ST012Q09NA	K1_A4	114	ST039Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.2
50	ST012Q03TA	K1_A4	115	ST061Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2
51	ST012Q06NA	K1_A4	116	ST082Q13NA	KSIZ_DEG_RAW.2
52	ST011Q01TA	K1_A4	117	ST031Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2
53	ST011Q02TA	K1_A4	118	ST082Q14NA	KSIZ_DEG_RAW.2
54	ST011Q03TA	K1_A4	119	ST071Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2
55	ST011Q06TA	K1_A4	120	ST082Q09NA	KSIZ_DEG_RAW.2
56	ST011Q11TA	K1_A4	121	ST039Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2
57	ST011Q09TA	K1_A4	122	ST032Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.2
58	BELONG	K8_A1	123	ST039Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.2
59	ST034Q01TA	K8_A1	124	ST039Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.2
60	ST034Q06TA	K8_A1	125	ST059Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.2
61	ST034Q05TA	K8_A1	126	ST039Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.2
62	ST034Q04TA	K8_A1	127	ST039Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.2
63	ST038Q04NA	K8_A1	128	ST098Q07TA	KSIZ_DEG_RAW.3
64	ST038Q08NA	K8_A1	129	ST098Q10NA	KSIZ_DEG_RAW.3
65	ST034Q03TA	K8_A1	130	ST063Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.3

Ek Tablo-1. 2015 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler (Devamı)

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
131	ST063Q02NB	KSIZ_DEG_RAW.3	198	ST094Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.5
132	ST103Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.3	199	ST113Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.5
133	ST098Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.3	200	ST113Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.5
134	ST098Q06TA	KSIZ_DEG_RAW.3	201	ST129Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.5
135	ST064Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.3	202	ST113Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.5
136	ST098Q09TA	KSIZ_DEG_RAW.3	203	ST076Q10NA	KSIZ_DEG_RAW.6
137	ST064Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.3	204	ST076Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.6
138	ST098Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.3	205	ST146Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.6
139	ST064Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.3	206	ST146Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.6
140	ST063Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.3	207	ST078Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.6
141	ST063Q03NB	KSIZ_DEG_RAW.3	208	ST146Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.6
142	ST098Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.3	209	ST078Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.6
143	ST098Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.3	210	ST146Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.6
144	ST063Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.3	211	ST076Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.6
145	ST063Q01NB	KSIZ_DEG_RAW.3	212	ST146Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.6
146	ST098Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.3	213	ST146Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.6
147	ST063Q05NB	KSIZ_DEG_RAW.3	214	ST146Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.6
148	ST063Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.3	215	ST076Q09NA	KSIZ_DEG_RAW.6
149	ST100Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.3	216	ST078Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.6
150	ST063Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.3	217	ST076Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.6
151	ST063Q06NB	KSIZ_DEG_RAW.3	218	ST146Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.6
152	ST063Q04NB	KSIZ_DEG_RAW.3	219	ST076Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.6
153	ST092Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.4	220	ST076Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.6
154	ST092Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.4	221	ST146Q09NA	KSIZ_DEG_RAW.6
155	ST093Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.4	222	ST078Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.6
156	ST094Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.4	223	ST076Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.6
157	ST093Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.4	224	ST078Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.6
158	ST103Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.4	225	ST078Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.6
159	ST093Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.4	226	ST078Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.6
160	ST104Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.4	227	ST076Q11NA	KSIZ_DEG_RAW.6
161	ST093Q06TA	KSIZ_DEG_RAW.4	228	ST076Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.6
162	ST092Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.4	229	ST076Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.6
163	ST107Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.4	230	ST078Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.6
164	ST092Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.4	231	SMINS	KSIZ_DEG_DER
165	ST094Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.4	232	ENVOPT	KSIZ_DEG_DER
166	ST094Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.4	233	BSMJ	KSIZ_DEG_DER
167	ST103Q11NA	KSIZ_DEG_RAW.4	234	GRADE	KSIZ_DEG_DER
168	ST093Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.4	235	BFMJ2	KSIZ_DEG_DER
169	ST092Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.4	236	IBTEACH	KSIZ_DEG_DER
170	ST107Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.4	237	ENVAWARE	KSIZ_DEG_DER
171	ST092Q09NA	KSIZ_DEG_RAW.4	238	TMINS	KSIZ_DEG_DER
172	ST104Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.4	239	EPIST	KSIZ_DEG_DER
173	ST103Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.4	240	ANXTEST	KSIZ_DEG_DER
174	ST107Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.4	241	SCIEEFF	KSIZ_DEG_DER
175	ST092Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.4	242	BMMJ1	KSIZ_DEG_DER
176	ST093Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.4	243	COOPERATE	KSIZ_DEG_DER
177	ST093Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.4	244	LMINS	KSIZ_DEG_DER
178	ST095Q13NA	KSIZ_DEG_RAW.5	245	SCIEACT	KSIZ_DEG_DER
179	ST095Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.5	246	OUTHOURS	KSIZ_DEG_DER
180	ST131Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.5	247	JOYSCIE	KSIZ_DEG_DER
181	ST129Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.5	248	MOTIVAT	KSIZ_DEG_DER
182	ST129Q08TA	KSIZ_DEG_RAW.5	249	INSTSCIE	KSIZ_DEG_DER
183	ST131Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.5	250	AGE	KSIZ_DEG_DER
184	ST095Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.5	251	unfairteacher	KSIZ_DEG_DER
185	ST129Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.5	252	CPSVALUE	KSIZ_DEG_DER
186	ST131Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.5	253	TDTEACH	KSIZ_DEG_DER
187	ST095Q15NA	KSIZ_DEG_RAW.5	254	INTBRSCI	KSIZ_DEG_DER
188	ST131Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.5	255	ADINST	KSIZ_DEG_DER
189	ST129Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.5	256	MMINS	KSIZ_DEG_DER
190	ST094Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.5			
191	ST095Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.5			
192	ST113Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.5			
193	ST131Q11NA	KSIZ_DEG_RAW.5			
194	ST129Q07TA	KSIZ_DEG_RAW.5			
195	ST131Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.5			
196	ST129Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.5			
197	ST129Q06TA	KSIZ_DEG_RAW.5			

Ek Tablo-2. 2015 PISA verileri için modellerde kullanılan okul odaklı değişkenler

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
1	SC042Q01TA	K5_A0	68	LEADPD	KSIZ_DEG_DER
2	CLSIZE	K5_A0	69	PROATCE	KSIZ_DEG_DER
3	SC003Q01TA	K5_A0	70	LEADCOM	KSIZ_DEG_DER
4	SC001Q01TA	K5_A0	71	LEAD	KSIZ_DEG_DER
5	SC042Q02TA	K5_A0	72	TEACHPART	KSIZ_DEG_DER
6	SCHSIZE	K5_A0	73	RESPRES	KSIZ_DEG_DER
7	SCHLTYPE	K5_A0	74	PROAT5AB	KSIZ_DEG_DER
8	SC013Q01TA	K5_A0	75	LEADTCH	KSIZ_DEG_DER
9	SC017Q01NA	K6_A1	76	PROSTMAS	KSIZ_DEG_DER
10	STAFFSHORT	K6_A1	77	RESPCUR	KSIZ_DEG_DER
11	SC017Q04NA	K6_A1	78	LEADINST	KSIZ_DEG_DER
12	EDUSHORT	K6_A1	79	PROSTCE	KSIZ_DEG_DER
13	SC017Q03NA	K6_A1	80	SC004Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC017Q06NA	K6_A1	81	SC048Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1
15	SC017Q02NA	K6_A1	82	SC064Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1
16	SC052Q01NA	K6_A1	83	SC059Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC017Q05NA	K6_A1	84	SC019Q03NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
18	SC017Q07NA	K6_A1	85	SC019Q01NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC017Q08NA	K6_A1	86	SC064Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC052Q02NA	K6_A1	87	SC064Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC061Q05TA	K8_A45	88	W_SCHGRNRABWT	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC061Q04TA	K8_A45	89	SC025Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
23	STUBEHA	K8_A45	90	SENWT	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC061Q06TA	K8_A45	91	SC048Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC061Q01TA	K8_A45	92	SC002Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SC036Q01TA	K8_A45	93	SC004Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC061Q08TA	K8_A45	94	SC048Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1
28	TEACHBEHA	K8_A45	95	SC018Q06NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC061Q07TA	K8_A45	96	SC019Q02NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SC061Q03TA	K8_A45	97	SC025Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC061Q10TA	K8_A45	98	SC018Q05NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC036Q03NA	K8_A45	99	SC018Q01TA01	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC061Q02TA	K8_A45	100	SC004Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC061Q09TA	K8_A45	101	SC064Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC036Q02TA	K8_A45	102	SC059Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SC012Q01TA	K10_A3K11K12	103	SC002Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC012Q06TA	K10_A3K11K12	104	SC059Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1
38	SC053Q01TA	K10_A3K11K12	105	SC018Q07NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
39	CREACTIV	K10_A3K11K12	106	SC027Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC037Q04TA	K10_A3K11K12	107	SC009Q13TA	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC037Q05NA	K10_A3K11K12	108	SC053Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC053Q03TA	K10_A3K11K12	109	SC004Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC037Q02TA	K10_A3K11K12	110	SC004Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC037Q09TA	K10_A3K11K12	111	SC059Q08NA	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC012Q04TA	K10_A3K11K12	112	SC027Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC012Q03TA	K10_A3K11K12	113	SC035Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC037Q01TA	K10_A3K11K12	114	SC010Q05TE	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC037Q10NA	K10_A3K11K12	115	SC034Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC012Q07TA	K10_A3K11K12	116	SC014Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC012Q02TA	K10_A3K11K12	117	SC035Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC037Q08TA	K10_A3K11K12	118	SC004Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC053Q04TA	K10_A3K11K12	119	SC004Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC053Q09TA	K10_A3K11K12	120	SC040Q11NA	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC037Q06NA	K10_A3K11K12	121	SC016Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC037Q03TA	K10_A3K11K12	122	SC009Q09TA	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC053Q02TA	K10_A3K11K12	123	SC009Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC037Q07TA	K10_A3K11K12	124	SC009Q11TA	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC012Q05TA	K10_A3K11K12	125	SC053Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC053Q10TA	K10_A3K11K12	126	SC040Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1
60	PROSTAT	KSIZ_DEG_DER	127	SC035Q04TB	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SCIERES	KSIZ_DEG_DER	128	SC035Q06TA	KSIZ_DEG_RAW.1
62	PROAT5AM	KSIZ_DEG_DER	129	SC009Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
63	STRATIO	KSIZ_DEG_DER	130	SC016Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
64	TOTST	KSIZ_DEG_DER	131	SC053Q07TA	KSIZ_DEG_RAW.1
65	PROAT6	KSIZ_DEG_DER	132	SC016Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
66	TOTAT	KSIZ_DEG_DER	133	SC034Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
67	SCHAUT	KSIZ_DEG_DER	134	SC040Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo-2. 2015 PISA verileri için modellerde kullanılan okul odaklı değişkenler (Devamı)

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
135	SC010Q09TE	KSIZ_DEG_RAW.1	201	SC035Q02TB	KSIZ_DEG_RAW.1
136	SC063Q09NA	KSIZ_DEG_RAW.1	202	SC010Q10TB	KSIZ_DEG_RAW.1
137	SC063Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC035Q07TB	KSIZ_DEG_RAW.1
138	SC034Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC010Q07TE	KSIZ_DEG_RAW.1
139	SC009Q07TA	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC010Q08TC	KSIZ_DEG_RAW.1
140	SC040Q15NA	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC035Q08TB	KSIZ_DEG_RAW.1
141	SC016Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1	207	SC010Q06TB	KSIZ_DEG_RAW.1
142	SC040Q17NA	KSIZ_DEG_RAW.1	208	SC010Q07TA	KSIZ_DEG_RAW.1
143	SC009Q06TA	KSIZ_DEG_RAW.1	209	SC010Q02TD	KSIZ_DEG_RAW.1
144	SC010Q12TE	KSIZ_DEG_RAW.1	210	SC010Q08TE	KSIZ_DEG_RAW.1
145	SC059Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1	211	SC040Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.1
146	SC010Q07TC	KSIZ_DEG_RAW.1	212	SC019Q01NA02	KSIZ_DEG_RAW.1
147	SC010Q09TA	KSIZ_DEG_RAW.1	213	SC010Q06TA	KSIZ_DEG_RAW.1
148	SC018Q02TA01	KSIZ_DEG_RAW.1	214	SC010Q02TE	KSIZ_DEG_RAW.1
149	SC009Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.1	215	SC010Q12TB	KSIZ_DEG_RAW.1
150	SC035Q08TA	KSIZ_DEG_RAW.1	216	SC010Q09TD	KSIZ_DEG_RAW.1
151	SC059Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.1	217	SC010Q08TB	KSIZ_DEG_RAW.1
152	SC010Q10TC	KSIZ_DEG_RAW.1	218	SC027Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
153	SC009Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1	219	SC035Q09NA	KSIZ_DEG_RAW.1
154	SC035Q10TA	KSIZ_DEG_RAW.1	220	SC010Q10TA	KSIZ_DEG_RAW.1
155	SC040Q12NA	KSIZ_DEG_RAW.1	221	SC019Q03NA02	KSIZ_DEG_RAW.1
156	SC040Q16NA	KSIZ_DEG_RAW.1	222	SC010Q01TC	KSIZ_DEG_RAW.1
157	SC035Q11NB	KSIZ_DEG_RAW.1	223	SC010Q04TE	KSIZ_DEG_RAW.1
158	SC035Q11NA	KSIZ_DEG_RAW.1	224	SC010Q12TA	KSIZ_DEG_RAW.1
159	SC010Q03TC	KSIZ_DEG_RAW.1	225	SC010Q01TE	KSIZ_DEG_RAW.1
160	SC010Q10TE	KSIZ_DEG_RAW.1	226	SC010Q11TB	KSIZ_DEG_RAW.1
161	SC035Q07TA	KSIZ_DEG_RAW.1	227	SC010Q04TC	KSIZ_DEG_RAW.1
162	SC009Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1	228	SC010Q11TE	KSIZ_DEG_RAW.1
163	SC063Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
164	SC018Q01TA02	KSIZ_DEG_RAW.1			
165	SC010Q05TC	KSIZ_DEG_RAW.1			
166	SC035Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
167	SC010Q09TC	KSIZ_DEG_RAW.1			
168	SC009Q12TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
169	SC009Q08TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
170	SC018Q05NA02	KSIZ_DEG_RAW.1			
171	SC059Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
172	SC032Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
173	SC041Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
174	SC034Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
175	SC035Q06TB	KSIZ_DEG_RAW.1			
176	SC009Q10TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
177	SC035Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
178	SC041Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
179	SC063Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
180	SC032Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
181	SC035Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
182	SC032Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
183	SC035Q09NB	KSIZ_DEG_RAW.1			
184	SC041Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
185	SC035Q10TB	KSIZ_DEG_RAW.1			
186	SC059Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
187	SC035Q03TB	KSIZ_DEG_RAW.1			
188	SC027Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
189	SC010Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
190	SC053Q08TA	KSIZ_DEG_RAW.1			
191	SC035Q05TB	KSIZ_DEG_RAW.1			
192	SC035Q01NB	KSIZ_DEG_RAW.1			
193	SC010Q06TC	KSIZ_DEG_RAW.1			
194	SC010Q06TE	KSIZ_DEG_RAW.1			
195	SC010Q01TD	KSIZ_DEG_RAW.1			
196	SC010Q05TD	KSIZ_DEG_RAW.1			
197	SC010Q12TC	KSIZ_DEG_RAW.1			
198	SC041Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
199	SC041Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1			
200	SC010Q03TE	KSIZ_DEG_RAW.1			

Ek Tablo-3. 2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
1	ISCEDD	K1_A1	68	ST034Q04TA	K8_A1
2	ST126Q01TA	K1_A1	69	ST038Q03NA	K8_A1
3	ISCEDO	K1_A1	70	PERFEED	K8_A2
4	DURECEC	K1_A1	71	ST104Q02NA	K8_A2
5	REPEAT	K1_A1	72	ST100Q01TA	K8_A2
6	ST127Q03TA	K1_A1	73	ST104Q03NA	K8_A2
7	ST125Q01NA	K1_A1	74	ST100Q04TA	K8_A2
8	ST127Q01TA	K1_A1	75	TEACHSUP	K8_A2
9	ST004D01T	K1_A1	76	ST100Q03TA	K8_A2
10	ST127Q02TA	K1_A1	77	ST100Q02TA	K8_A2
11	ISCEDL	K1_A1	78	ST104Q04NA	K8_A2
12	LANGN	K1_A2	79	ST097Q03TA	K8_A3
13	ST022Q01TA	K1_A2	80	ST062Q03TA	K8_A3
14	ST019BQ01T	K1_A2	81	ST097Q01TA	K8_A3
15	ST019CQ01T	K1_A2	82	ST097Q05TA	K8_A3
16	ST019AQ01T	K1_A2	83	ST062Q01TA	K8_A3
17	IMMIG	K1_A2	84	ST062Q02TA	K8_A3
18	ESCS	K1_A3	85	ST097Q02TA	K8_A3
19	MISCED	K1_A3	86	ST097Q04TA	K8_A3
20	ST005Q01TA	K1_A3	87	ST123Q02NA	K10_A2
21	ST008Q03TA	K1_A3	88	EMOSUPS	K10_A2
22	ST007Q01TA	K1_A3	89	ST123Q04NA	K10_A2
23	ST008Q02TA	K1_A3	90	ST123Q03NA	K10_A2
24	FISCED	K1_A3	91	ST023Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
25	HISCED	K1_A3	92	ST154Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1
26	ST006Q01TA	K1_A3	93	ST152Q05IA	KSIZ_DEG_RAW.1
27	PARED	K1_A3	94	ST102Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
28	ST008Q01TA	K1_A3	95	ST212Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1
29	ST006Q02TA	K1_A3	96	ST153Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.1
30	ST013Q01TA	K1_A4	97	ST023Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
31	ST011Q07TA	K1_A4	98	ST153Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1
32	ST011Q05TA	K1_A4	99	ST001D01T	KSIZ_DEG_RAW.1
33	ST012Q05NA	K1_A4	100	ST158Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.1
34	ST011Q08TA	K1_A4	101	ST158Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1
35	ST012Q06NA	K1_A4	102	ST023Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
36	ST011Q16NA	K1_A4	103	ST213Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
37	WEALTH	K1_A4	104	ST158Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1
38	ST011Q04TA	K1_A4	105	ST158Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.1
39	ICTRES	K1_A4	106	ST153Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.1
40	ST012Q07NA	K1_A4	107	BOOKID	KSIZ_DEG_RAW.1
41	ST012Q01TA	K1_A4	108	ST023Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.1
42	ST011Q11TA	K1_A4	109	ST102Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
43	ST012Q09NA	K1_A4	110	ST211Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1
44	ST011Q10TA	K1_A4	111	ST150Q02IA	KSIZ_DEG_RAW.1
45	HOMEPOS	K1_A4	112	ST158Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
46	HEDRES	K1_A4	113	ST153Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1
47	ST012Q03TA	K1_A4	114	ST158Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.1
48	ST011Q12TA	K1_A4	115	ST153Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.1
49	ST011Q01TA	K1_A4	116	ST153Q10HA	KSIZ_DEG_RAW.1
50	ST011Q06TA	K1_A4	117	ST153Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
51	ST012Q02TA	K1_A4	118	ST213Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
52	ST012Q08NA	K1_A4	119	ST158Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
53	CULTPOSS	K1_A4	120	ST102Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
54	ST011Q09TA	K1_A4	121	ST212Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
55	ST011Q03TA	K1_A4	122	ST213Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1
56	ST011Q02TA	K1_A4	123	ST003D02T	KSIZ_DEG_RAW.1
57	BELONG	K8_A1	124	ST150Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.1
58	ST038Q06NA	K8_A1	125	ST150Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1
59	ST038Q07NA	K8_A1	126	ST102Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1
60	ST038Q04NA	K8_A1	127	ST153Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.1
61	ST034Q01TA	K8_A1	128	ST211Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
62	ST038Q05NA	K8_A1	129	ST153Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
63	ST034Q05TA	K8_A1	130	ST211Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
64	ST034Q03TA	K8_A1	131	ST023Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1
65	ST038Q08NA	K8_A1	132	ST152Q06IA	KSIZ_DEG_RAW.1
66	ST034Q06TA	K8_A1	133	ST152Q08IA	KSIZ_DEG_RAW.1
67	ST034Q02TA	K8_A1	134	ST150Q03IA	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo-3. 2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler (Devamı)

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
135	ST152Q07IA	KSIZ_DEG_RAW.1	202	ST188Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3
136	ST212Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1	203	ST197Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.3
137	ST213Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1	204	ST197Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3
138	ST166Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.2	205	ST184Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3
139	ST165Q04IA	KSIZ_DEG_RAW.2	206	ST186Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.3
140	ST166Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.2	207	ST208Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3
141	ST163Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.2	208	ST185Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3
142	ST225Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.2	209	ST186Q10HA	KSIZ_DEG_RAW.3
143	ST166Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.2	210	ST215Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3
144	ST225Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.2	211	ST186Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3
145	ST165Q02IA	KSIZ_DEG_RAW.2	212	ST185Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3
146	ST164Q05IA	KSIZ_DEG_RAW.2	213	ST188Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3
147	ST176Q02IA	KSIZ_DEG_RAW.2	214	ST197Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.3
148	ST160Q02IA	KSIZ_DEG_RAW.2	215	ST182Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.3
149	ST160Q04IA	KSIZ_DEG_RAW.2	216	ST186Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.3
150	ST016Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.2	217	ST215Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3
151	ST164Q04IA	KSIZ_DEG_RAW.2	218	ST196Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.3
152	ST161Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.2	219	ST181Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3
153	ST167Q03IA	KSIZ_DEG_RAW.2	220	ST215Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3
154	ST036Q08TA	KSIZ_DEG_RAW.2	221	ST197Q12HA	KSIZ_DEG_RAW.3
155	ST225Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.2	222	ST215Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.3
156	ST161Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.2	223	ST188Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3
157	ST163Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.2	224	ST183Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3
158	ST164Q06IA	KSIZ_DEG_RAW.2	225	ST185Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3
159	ST163Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.2	226	ST186Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.3
160	ST166Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.2	227	ST183Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3
161	ST168Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.2	228	ST197Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.3
162	ST160Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.2	229	ST186Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3
163	ST164Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.2	230	ST183Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3
164	ST036Q05TA	KSIZ_DEG_RAW.2	231	ST225Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.3
165	ST176Q06IA	KSIZ_DEG_RAW.2	232	ST188Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.3
166	ST167Q02IA	KSIZ_DEG_RAW.2	233	ST197Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.3
167	ST165Q05IA	KSIZ_DEG_RAW.2	234	ST186Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3
168	ST166Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.2	235	ST188Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.3
169	ST176Q07IA	KSIZ_DEG_RAW.2	236	ST181Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3
170	ST176Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.2	237	ST181Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.3
171	ST165Q03IA	KSIZ_DEG_RAW.2	238	ST189Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4
172	ST165Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.2	239	ST204Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
173	ST160Q05IA	KSIZ_DEG_RAW.2	240	ST177Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4
174	ST164Q03IA	KSIZ_DEG_RAW.2	241	ST219Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.4
175	ST167Q04IA	KSIZ_DEG_RAW.2	242	ST220Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
176	ST175Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.2	243	ST218Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.4
177	ST036Q06TA	KSIZ_DEG_RAW.2	244	ST177Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4
178	ST161Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.2	245	ST215Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.4
179	ST164Q02IA	KSIZ_DEG_RAW.2	246	ST217Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
180	ST167Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.2	247	ST204Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4
181	ST160Q03IA	KSIZ_DEG_RAW.2	248	ST222Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.4
182	ST176Q05IA	KSIZ_DEG_RAW.2	249	ST222Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.4
183	ST161Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.2	250	ST221Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4
184	ST176Q03IA	KSIZ_DEG_RAW.2	251	ST218Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4
185	ST167Q05IA	KSIZ_DEG_RAW.2	252	ST220Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.4
186	ST161Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.2	253	ST217Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4
187	ST161Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.2	254	ST218Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.4
188	ST186Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.3	255	ST217Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.4
189	ST225Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.3	256	ST177Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
190	ST182Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.3	257	ST219Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4
191	ST197Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.3	258	ST216Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4
192	ST196Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.3	259	ST214Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4
193	ST182Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3	260	ST218Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
194	ST196Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.3	261	ST216Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4
195	ST196Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.3	262	ST216Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.4
196	ST196Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3	263	ST219Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
197	ST182Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.3	264	ST217Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.4
198	ST208Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.3	265	ST222Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
199	ST186Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.3	266	ST214Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4
200	ST196Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.3	267	ST222Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.4
201	ST208Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.3	268	ST217Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4

Ek Tablo-3. 2018 PISA verileri için modellerde kullanılan öğrenci odaklı değişkenler (Devamı)

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
269	ST216Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.4	336	DISCRIM	KSIZ_DEG_RAW.6
270	ST222Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.4	337	AWACOM	KSIZ_DEG_RAW.6
271	ST214Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.4	338	INTICT	KSIZ_DEG_RAW.6
272	ST216Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.4	339	DIRINS	KSIZ_DEG_RAW.6
273	ST220Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4	340	MASTGOAL	KSIZ_DEG_RAW.6
274	ST219Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.4	341	ATTIMM	KSIZ_DEG_RAW.6
275	ST220Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4	342	JOYREAD	KSIZ_DEG_RAW.6
276	ST219Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.4	343	ENTUSE	KSIZ_DEG_RAW.6
277	ST222Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.4	344	HOMESCH	KSIZ_DEG_RAW.6
278	ST216Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.4	345	SCREADDIFF	KSIZ_DEG_RAW.6
279	ST218Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.4	346	WORKMAST	KSIZ_DEG_RAW.6
280	ST218Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4	347	SOIAICT	KSIZ_DEG_RAW.6
281	ST219Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4	348	GCAWARE	KSIZ_DEG_RAW.6
282	ST214Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.4	349	PERCOMP	KSIZ_DEG_RAW.6
283	ST204Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.4	350	PERCOOP	KSIZ_DEG_RAW.6
284	ST218Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.4	351	GLOBMIND	KSIZ_DEG_RAW.6
285	ST222Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.4	352	ADAPTIVITY	KSIZ_DEG_RAW.6
286	ST204Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.4	353	AUTICT	KSIZ_DEG_RAW.6
287	ST222Q10HA	KSIZ_DEG_RAW.4	354	ICTOUTSIDE	KSIZ_DEG_RAW.6
288	HISEI	KSIZ_DEG_RAW.5	355	BEINGBULLIED	KSIZ_DEG_RAW.6
289	METASPAM	KSIZ_DEG_RAW.5	356	EUDMO	KSIZ_DEG_RAW.6
290	ST060Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.5	357	ATTLNACT	KSIZ_DEG_RAW.6
291	ST059Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.5	358	RESILIENCE	KSIZ_DEG_RAW.6
292	METASUM	KSIZ_DEG_RAW.5	359	COMPICT	KSIZ_DEG_RAW.6
293	ST223Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.5	360	COGFLEX	KSIZ_DEG_RAW.6
294	ICTHOME	KSIZ_DEG_RAW.5	361	SCREADCOMP	KSIZ_DEG_RAW.6
295	ST207Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.5	362	STIMREAD	KSIZ_DEG_RAW.6
296	ST059Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.5	363	SWBP	KSIZ_DEG_RAW.6
297	DISCLIMA	KSIZ_DEG_RAW.5	364	TEACHINT	KSIZ_DEG_RAW.6
298	MISCED_D	KSIZ_DEG_RAW.5	365	PERSPECT	KSIZ_DEG_RAW.6
299	ST207Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.5	366	RESPECT	KSIZ_DEG_RAW.6
300	ST207Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.5	367	GFOFAIL	KSIZ_DEG_RAW.6
301	FISCED_D	KSIZ_DEG_RAW.5	368	INTCULT	KSIZ_DEG_RAW.6
302	ST221Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.5	369	COMPETE	KSIZ_DEG_RAW.6
303	ST207Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
304	ICTSCH	KSIZ_DEG_RAW.5			
305	HISCED_D	KSIZ_DEG_RAW.5			
306	UNDREM	KSIZ_DEG_RAW.5			
307	ST221Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
308	ST206Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
309	ST205Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
310	ST206Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
311	ST223Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
312	ST207Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
313	ST221Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
314	ST205Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
315	ST221Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
316	ST206Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
317	EFFORT2	KSIZ_DEG_RAW.5			
318	ST205Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
319	ST221Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
320	ST223Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
321	ST059Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.5			
322	ST205Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
323	PAREDINT	KSIZ_DEG_RAW.5			
324	ST059Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.5			
325	EFFORT1	KSIZ_DEG_RAW.5			
326	ST223Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
327	ST221Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
328	ST221Q11HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
329	ST221Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
330	ST221Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
331	ST206Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.5			
332	ICTCLASS	KSIZ_DEG_RAW.6			
333	GCSELFEFF	KSIZ_DEG_RAW.6			
334	PISADIFF	KSIZ_DEG_RAW.6			
335	USESCH	KSIZ_DEG_RAW.6			

Ek Tablo-4. 2018 PISA verileri için modellerde kullanılan okul odaklı değişkenler

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
1	SC001Q01TA	K5_A0	68	SC002Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
2	SC042Q02TA	K5_A0	69	SC004Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
3	SCHSIZE	K5_A0	70	SC004Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
4	SC042Q01TA	K5_A0	71	SC064Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
5	SC003Q01TA	K5_A0	72	SC004Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1
6	CLSIZE	K5_A0	73	EDUSHORT	KSIZ_DEG_RAW.1
7	SCHLTYPE	K5_A0	74	SC016Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
8	SC013Q01TA	K5_A0	75	SC018Q06NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
9	SC017Q01NA	K6_A1	76	SC004Q03TA	KSIZ_DEG_RAW.1
10	SC017Q07NA	K6_A1	77	SC162Q01SA	KSIZ_DEG_RAW.1
11	STAFFSHORT	K6_A1	78	SC025Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1
12	SC017Q02NA	K6_A1	79	SC061Q11HA	KSIZ_DEG_RAW.1
13	SC017Q08NA	K6_A1	80	SC018Q05NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC017Q06NA	K6_A1	81	SC018Q02TA01	KSIZ_DEG_RAW.1
15	SC017Q05NA	K6_A1	82	SC004Q07NA	KSIZ_DEG_RAW.1
16	SC052Q02NA	K6_A1	83	SC004Q05NA	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC017Q04NA	K6_A1	84	SC155Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.1
18	SC017Q03NA	K6_A1	85	SC064Q04NA	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC052Q01NA	K6_A1	86	SC018Q01TA01	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC061Q05TA	K8_A45	87	SC155Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.1
21	STUBEHA	K8_A45	88	SC018Q07NA01	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC061Q02TA	K8_A45	89	SC064Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC061Q01TA	K8_A45	90	SC155Q11HA	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC061Q06TA	K8_A45	91	SC150Q01IA	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC061Q08TA	K8_A45	92	SC011Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1
26	TEACHBEHA	K8_A45	93	SC150Q02IA	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC061Q09TA	K8_A45	94	SC158Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.1
28	SC061Q07TA	K8_A45	95	SC004Q06NA	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC036Q03NA	K8_A45	96	SC018Q01TA02	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SC061Q10TA	K8_A45	97	SC154Q07WA	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC061Q03TA	K8_A45	98	SC155Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC036Q01TA	K8_A45	99	SC161Q02SA	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC061Q04TA	K8_A45	100	SC166Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC036Q02TA	K8_A45	101	SC160Q01WA	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC012Q06TA	K10_A3K11K12	102	SC159Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1
36	CREACTIV	K10_A3K11K12	103	SC156Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC053Q09TA	K10_A3K11K12	104	SC155Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
38	SC037Q07TA	K10_A3K11K12	105	SC155Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SC053Q03TA	K10_A3K11K12	106	SC150Q04IA	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC037Q04TA	K10_A3K11K12	107	SC016Q02TA	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC037Q03TA	K10_A3K11K12	108	SC154Q11HA	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC012Q01TA	K10_A3K11K12	109	SC161Q04SA	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC037Q08TA	K10_A3K11K12	110	SC165Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC012Q02TA	K10_A3K11K12	111	SC155Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC037Q09TA	K10_A3K11K12	112	SCMCEG	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC012Q07TA	K10_A3K11K12	113	SC155Q10HA	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC037Q10NA	K10_A3K11K12	114	SC053Q13IA	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC053Q01TA	K10_A3K11K12	115	SC161Q03SA	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC012Q03TA	K10_A3K11K12	116	SC155Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC012Q04TA	K10_A3K11K12	117	SC165Q10HA	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC037Q02TA	K10_A3K11K12	118	SC165Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC053Q02TA	K10_A3K11K12	119	SC052Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC012Q05TA	K10_A3K11K12	120	SC165Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC037Q01TA	K10_A3K11K12	121	SC161Q01SA	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC037Q05NA	K10_A3K11K12	122	SC158Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC037Q06NA	K10_A3K11K12	123	SC154Q08WA	KSIZ_DEG_RAW.1
57	W_FSTUWT_SCH_SUM	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC166Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC048Q02NA	KSIZ_DEG_RAW.1	125	SC150Q03IA	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC164Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1	126	SC053Q16IA	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC048Q03NA	KSIZ_DEG_RAW.1	127	SC156Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC002Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1	128	SC154Q04WA	KSIZ_DEG_RAW.1
62	W_SCHGRNRABWT	KSIZ_DEG_RAW.1	129	SC166Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1
63	SENWT	KSIZ_DEG_RAW.1	130	SC158Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.1
64	SC064Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1	131	SC156Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.1
65	SC016Q01TA	KSIZ_DEG_RAW.1	132	SC156Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1
66	SC048Q01NA	KSIZ_DEG_RAW.1	133	SC165Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.1
67	SC016Q04TA	KSIZ_DEG_RAW.1	134	SC154Q03WA	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo-4. 2018 PISA verileri için modellerde kullanılan okul odaklı değişkenler (Devamı)

ID	Değişken	Kategori	ID	Değişken	Kategori
135	SC165Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
136	SC166Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
137	SC167Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
138	SC156Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
139	SC053Q15IA	KSIZ_DEG_RAW.1			
140	SC154Q05WA	KSIZ_DEG_RAW.1			
141	SC165Q08HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
142	SC053Q12IA	KSIZ_DEG_RAW.1			
143	SC165Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
144	SC165Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
145	SC155Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
146	SC053Q14IA	KSIZ_DEG_RAW.1			
147	SC150Q05IA	KSIZ_DEG_RAW.1			
148	SC161Q05SA	KSIZ_DEG_RAW.1			
149	SC154Q10WA	KSIZ_DEG_RAW.1			
150	SC167Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
151	SC156Q02HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
152	SC154Q09HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
153	SC155Q06HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
154	SC167Q03HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
155	SC154Q06WA	KSIZ_DEG_RAW.1			
156	SC158Q12HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
157	SC156Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
158	SC158Q07HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
159	SC156Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
160	SC167Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
161	SC165Q04HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
162	SC152Q01HA	KSIZ_DEG_RAW.1			
163	SC167Q05HA	KSIZ_DEG_RAW.1			

Ek tablo 1,2,3 ve 4 de kullanılan kısaltmaların açıklamaları:

K1_A1 Kategori 1 alt kategori 1

K1_A2 Kategori 1 alt kategori 2

K1_A3 Kategori 1 alt kategori 3

K1_A4 Kategori 1 alt kategori 4

K5_A0 Kategori 5 alt kategori 1,2 ve 3 birlikte (*Alt kategorilerin değişken sayıları az olduğu için birleştirildi*)

K6_A1 Kategori 6 alt kategori 1 ve Kategori 7 alt kategori 1 birlikte (*Değişken sayıları az olduğu için birleştirildi*)

K8_A1 Kategori 8 alt kategori 1

K8_A2 Kategori 8 alt kategori 2

K8_A3 Kategori 8 alt kategori 3

K8_A45 Kategori 8 alt kategori 4 ve 5 birlikte (*Değişken sayıları az olduğu için birleştirildi*)

K10_A2 Kategori 10 alt kategori 2

K10_A3K11K12 Kategori 10 alt kategori 3, Kategori 11 ve12 birlikte (*Değişken sayıları az olduğu için birleştirildi*)

KSIZ_DEG_RAW.1 Kategorisiz türetilmemiş değişkenler için 1. grup

KSIZ_DEG_RAW.2 Kategorisiz türetilmemiş değişkenler için 2. grup

KSIZ_DEG_RAW.3 Kategorisiz türetilmemiş değişkenler için 3. grup

KSIZ_DEG_RAW.4 Kategorisiz türetilmemiş değişkenler için 4. grup

KSIZ_DEG_RAW.5 Kategorisiz türetilmemiş değişkenler için 5. grup

KSIZ_DEG_RAW.6 Kategorisiz türetilmemiş değişkenler için 6. grup

KSIZ_DEG_DER Kategorisiz değişkenlerden oluşturulan yeni değişkenler

Ek Tablo 5. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	26,50	K1_A3	63	ST123Q04NA	5,52	K10_A2
2	ST001D01T	15,02	KSIZ_DEG_RAW.1	64	ST078Q05NA	5,51	KSIZ_DEG_RAW.6
3	ST013Q01TA	14,57	K1_A4	65	ST082Q02NA	5,46	KSIZ_DEG_RAW.1
4	ST076Q10NA	14,25	KSIZ_DEG_RAW.6	66	ST064Q03NA	5,46	KSIZ_DEG_RAW.3
5	ISCEDD	13,90	K1_A1	67	ST093Q01TA	5,36	KSIZ_DEG_RAW.4
6	ISCEDO	13,07	K1_A1	68	ST062Q03TA	5,34	K8_A3
7	ST059Q03TA	12,95	KSIZ_DEG_RAW.2	69	ST003D02T	5,33	KSIZ_DEG_RAW.1
8	ST092Q02TA	11,85	KSIZ_DEG_RAW.4	70	ST098Q09TA	5,29	KSIZ_DEG_RAW.3
9	ST100Q01TA	11,47	K8_A2	71	ST064Q02NA	5,21	KSIZ_DEG_RAW.3
10	ST121Q02NA	10,83	KSIZ_DEG_RAW.1	72	ST104Q03NA	5,11	K8_A2
11	ST012Q07NA	10,80	K1_A4	73	ST094Q01NA	5,09	KSIZ_DEG_RAW.4
12	ST060Q01NA	10,79	KSIZ_DEG_RAW.2	74	ST093Q05TA	4,94	KSIZ_DEG_RAW.4
13	ST123Q02NA	10,40	K10_A2	75	ST059Q01TA	4,92	KSIZ_DEG_RAW.2
14	SMINS	10,25	KSIZ_DEG_DER	76	ST103Q08NA	4,92	KSIZ_DEG_RAW.4
15	ENVOPT	10,22	KSIZ_DEG_DER	77	TEACHSUP	4,89	K8_A2
16	ST098Q07TA	10,03	KSIZ_DEG_RAW.3	78	ST071Q04NA	4,89	KSIZ_DEG_RAW.2
17	BSMJ	9,97	KSIZ_DEG_DER	79	ST082Q08NA	4,88	KSIZ_DEG_RAW.2
18	ST011Q07TA	9,91	K1_A4	80	ST093Q03TA	4,83	KSIZ_DEG_RAW.4
19	BELONG	9,88	K8_A1	81	ST098Q01TA	4,78	KSIZ_DEG_RAW.3
20	ST007Q01TA	9,78	K1_A3	82	ST146Q01TA	4,78	KSIZ_DEG_RAW.6
21	ST098Q10NA	9,72	KSIZ_DEG_RAW.3	83	ST063Q01NA	4,75	KSIZ_DEG_RAW.2
22	ST092Q01TA	9,42	KSIZ_DEG_RAW.4	84	ICTRES	4,71	K1_A4
23	ST076Q08NA	9,16	KSIZ_DEG_RAW.6	85	ST064Q01NA	4,67	KSIZ_DEG_RAW.3
24	HISCED	9,04	K1_A3	86	ST039Q02NA	4,64	KSIZ_DEG_RAW.2
25	EMOSUPS	8,73	K10_A2	87	ST097Q01TA	4,60	K8_A3
26	ST032Q01NA	8,66	KSIZ_DEG_RAW.2	88	FISCED	4,56	K1_A3
27	ST146Q03TA	8,24	KSIZ_DEG_RAW.6	89	ST076Q02NA	4,52	KSIZ_DEG_RAW.6
28	ST121Q03NA	8,21	KSIZ_DEG_RAW.1	90	SCIEEFF	4,50	KSIZ_DEG_DER
29	GRADE	8,19	KSIZ_DEG_DER	91	ST061Q01NA	4,42	KSIZ_DEG_RAW.2
30	ST095Q13NA	7,94	KSIZ_DEG_RAW.5	92	ST082Q13NA	4,37	KSIZ_DEG_RAW.2
31	BFMJ2	7,82	KSIZ_DEG_DER	93	ST063Q06NA	4,36	KSIZ_DEG_RAW.3
32	ST095Q07NA	7,73	KSIZ_DEG_RAW.5	94	ST104Q05NA	4,36	KSIZ_DEG_RAW.4
33	ST097Q03TA	7,66	K8_A3	95	PERFEED	4,33	K8_A2
34	ST146Q05TA	7,61	KSIZ_DEG_RAW.6	96	ST104Q02NA	4,28	K8_A2
35	ST071Q03NA	7,46	KSIZ_DEG_RAW.2	97	ST034Q01TA	4,22	K8_A1
36	IBTEACH	7,45	KSIZ_DEG_DER	98	ST131Q03NA	4,22	KSIZ_DEG_RAW.5
37	MISCED	7,28	K1_A3	99	ST034Q06TA	4,18	K8_A1
38	ENVAWARE	7,20	KSIZ_DEG_DER	100	ST123Q01NA	4,06	KSIZ_DEG_RAW.1
39	ST005Q01TA	7,10	K1_A3	101	BMMJ1	4,00	KSIZ_DEG_DER
40	ST131Q06NA	6,92	KSIZ_DEG_RAW.5	102	ST093Q06TA	4,00	KSIZ_DEG_RAW.4
41	TMINS	6,80	KSIZ_DEG_DER	103	ST062Q02TA	3,99	K8_A3
42	ST063Q04NA	6,80	KSIZ_DEG_RAW.3	104	ST092Q04TA	3,97	KSIZ_DEG_RAW.4
43	ST097Q04TA	6,78	K8_A3	105	ST095Q04NA	3,89	KSIZ_DEG_RAW.5
44	ST011Q05TA	6,78	K1_A4	106	ST129Q05TA	3,89	KSIZ_DEG_RAW.5
45	ST082Q12NA	6,58	KSIZ_DEG_RAW.2	107	ST063Q03NB	3,88	KSIZ_DEG_RAW.3
46	ST063Q02NB	6,56	KSIZ_DEG_RAW.3	108	ST131Q04NA	3,81	KSIZ_DEG_RAW.5
47	ST103Q01NA	6,50	KSIZ_DEG_RAW.3	109	ST031Q01NA	3,79	KSIZ_DEG_RAW.2
48	EPIST	6,44	KSIZ_DEG_DER	110	ST095Q15NA	3,77	KSIZ_DEG_RAW.5
49	ST078Q08NA	6,44	KSIZ_DEG_RAW.6	111	ST107Q01NA	3,77	KSIZ_DEG_RAW.4
50	ST098Q02TA	6,29	KSIZ_DEG_RAW.3	112	COOPERATE	3,70	KSIZ_DEG_DER
51	REPEAT	6,21	K1_A1	113	ST098Q03NA	3,68	KSIZ_DEG_RAW.3
52	ST146Q07NA	6,19	KSIZ_DEG_RAW.6	114	ST062Q01TA	3,67	K8_A3
53	ST071Q02NA	6,03	KSIZ_DEG_RAW.2	115	ST098Q08NA	3,62	KSIZ_DEG_RAW.3
54	ST082Q03NA	6,03	KSIZ_DEG_RAW.1	116	ST146Q04TA	3,62	KSIZ_DEG_RAW.6
55	ANXTEST	5,88	KSIZ_DEG_DER	117	ST034Q05TA	3,60	K8_A1
56	ESCS2	5,86	K1_A4	118	ST082Q14NA	3,59	KSIZ_DEG_RAW.2
57	ST098Q06TA	5,79	KSIZ_DEG_RAW.3	119	ST146Q08NA	3,58	KSIZ_DEG_RAW.6
58	ST129Q01TA	5,74	KSIZ_DEG_RAW.5	120	ST012Q05NA	3,52	K1_A4
59	DISCLISCI	5,74	K8_A3	121	ST034Q04TA	3,51	K8_A1
60	ST129Q08TA	5,70	KSIZ_DEG_RAW.5	122	ST126Q01TA	3,50	K1_A1
61	ST100Q03TA	5,63	K8_A2	123	ST131Q08NA	3,50	KSIZ_DEG_RAW.5
62	ST071Q05NA	5,58	KSIZ_DEG_RAW.2	124	ST092Q05TA	3,48	KSIZ_DEG_RAW.4

Ek Tablo 5. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST125Q01NA	3,46	K1_A1	187	unfairteacher	1,92	KSIZ_DEG_DER
126	ST038Q04NA	3,46	K8_A1	188	ST104Q04NA	1,91	K8_A2
127	ST071Q01NA	3,44	KSIZ_DEG_RAW.2	189	ST092Q06NA	1,91	KSIZ_DEG_RAW.4
128	ST011Q10TA	3,43	K1_A4	190	ST131Q01NA	1,87	KSIZ_DEG_RAW.5
129	ST038Q08NA	3,42	K8_A1	191	ST011Q04TA	1,86	K1_A4
130	WEALTH	3,38	K1_A4	192	ST146Q09NA	1,85	KSIZ_DEG_RAW.6
131	CULTPOSS	3,38	K1_A4	193	ST012Q01TA	1,79	K1_A4
132	ST006Q03TA	3,35	KSIZ_DEG_RAW.1	194	ST078Q04NA	1,78	KSIZ_DEG_RAW.6
133	ST012Q08NA	3,33	K1_A4	195	ST129Q03TA	1,78	KSIZ_DEG_RAW.5
134	ST011Q16NA	3,32	K1_A4	196	ST012Q09NA	1,78	K1_A4
135	ST082Q09NA	3,31	KSIZ_DEG_RAW.2	197	ST129Q06TA	1,77	KSIZ_DEG_RAW.5
136	ST146Q02TA	3,29	KSIZ_DEG_RAW.6	198	CPSVALUE	1,74	KSIZ_DEG_DER
137	LMINS	3,26	KSIZ_DEG_DER	199	ST107Q02NA	1,72	KSIZ_DEG_RAW.4
138	ST097Q05TA	3,21	K8_A3	200	TDTEACH	1,70	KSIZ_DEG_DER
139	ST004D01T	3,21	K1_A1	201	ST008Q02TA	1,69	K1_A3
140	ST129Q02TA	3,21	KSIZ_DEG_RAW.5	202	ST038Q07NA	1,62	K8_A1
141	ST094Q04NA	3,19	KSIZ_DEG_RAW.5	203	ST094Q05NA	1,62	KSIZ_DEG_RAW.5
142	ST076Q09NA	3,17	KSIZ_DEG_RAW.6	204	ST012Q03TA	1,60	K1_A4
143	ST034Q03TA	3,15	K8_A1	205	ST076Q05NA	1,58	KSIZ_DEG_RAW.6
144	ST094Q03NA	3,15	KSIZ_DEG_RAW.4	206	ST100Q04TA	1,58	K8_A2
145	LANGN	3,06	K1_A2	207	ST092Q09NA	1,57	KSIZ_DEG_RAW.4
146	ST034Q02TA	3,04	K8_A1	208	ST012Q06NA	1,51	K1_A4
147	PARED	3,02	K1_A3	209	INTBRSCI	1,49	KSIZ_DEG_DER
148	SCIEACT	2,99	KSIZ_DEG_DER	210	ST104Q01NA	1,48	KSIZ_DEG_RAW.4
149	HEDRES	2,87	K1_A4	211	ST039Q04NA	1,48	KSIZ_DEG_RAW.2
150	ST095Q08NA	2,84	KSIZ_DEG_RAW.5	212	ST063Q05NB	1,47	KSIZ_DEG_RAW.3
151	ST022Q01TA	2,81	K1_A2	213	ST078Q01NA	1,41	KSIZ_DEG_RAW.6
152	OUTHOURS	2,80	KSIZ_DEG_DER	214	ST113Q04TA	1,39	KSIZ_DEG_RAW.5
153	ST094Q02NA	2,76	KSIZ_DEG_RAW.4	215	ST059Q02TA	1,36	KSIZ_DEG_RAW.2
154	ST078Q02NA	2,74	KSIZ_DEG_RAW.6	216	ST039Q03NA	1,35	KSIZ_DEG_RAW.2
155	DURECEC	2,68	K1_A1	217	ST103Q03NA	1,35	KSIZ_DEG_RAW.4
156	ST039Q01NA	2,64	KSIZ_DEG_RAW.2	218	ST063Q03NA	1,35	KSIZ_DEG_RAW.3
157	ST113Q01TA	2,64	KSIZ_DEG_RAW.5	219	ST107Q03NA	1,32	KSIZ_DEG_RAW.4
158	ST131Q11NA	2,61	KSIZ_DEG_RAW.5	220	ST100Q05TA	1,31	KSIZ_DEG_RAW.3
159	ST129Q07TA	2,55	KSIZ_DEG_RAW.5	221	ST113Q02TA	1,31	KSIZ_DEG_RAW.5
160	ST097Q02TA	2,53	K8_A3	222	ADINST	1,24	KSIZ_DEG_DER
161	ST063Q02NA	2,52	KSIZ_DEG_RAW.3	223	ST063Q05NA	1,15	KSIZ_DEG_RAW.3
162	ST103Q11NA	2,52	KSIZ_DEG_RAW.4	224	ST129Q04TA	1,15	KSIZ_DEG_RAW.5
163	JOYSCIE	2,50	KSIZ_DEG_DER	225	ST011Q01TA	1,09	K1_A4
164	ST032Q02NA	2,49	KSIZ_DEG_RAW.2	226	ST127Q01TA	1,07	K1_A1
165	ST063Q01NB	2,49	KSIZ_DEG_RAW.3	227	ST113Q03TA	1,07	KSIZ_DEG_RAW.5
166	ST076Q03NA	2,47	KSIZ_DEG_RAW.6	228	MMINS	0,99	KSIZ_DEG_DER
167	ST082Q01NA	2,44	KSIZ_DEG_RAW.1	229	ST039Q05NA	0,94	KSIZ_DEG_RAW.2
168	ST127Q03TA	2,43	K1_A1	230	ST092Q08NA	0,94	KSIZ_DEG_RAW.4
169	ST146Q06NA	2,43	KSIZ_DEG_RAW.6	231	ST078Q07NA	0,88	KSIZ_DEG_RAW.6
170	MOTIVAT	2,42	KSIZ_DEG_DER	232	ST123Q03NA	0,81	K10_A2
171	ISCEDL	2,37	K1_A1	233	ST021Q01TA	0,78	KSIZ_DEG_RAW.1
172	ST093Q07NA	2,26	KSIZ_DEG_RAW.4	234	ST063Q06NB	0,78	KSIZ_DEG_RAW.3
173	INSTSCIE	2,26	KSIZ_DEG_DER	235	ST038Q05NA	0,75	K8_A1
174	ST038Q06NA	2,25	K8_A1	236	ST008Q01TA	0,74	K1_A3
175	ST039Q06NA	2,24	KSIZ_DEG_RAW.2	237	ST011Q02TA	0,71	K1_A4
176	ST100Q02TA	2,19	K8_A2	238	ST078Q06NA	0,70	KSIZ_DEG_RAW.6
177	ST076Q01NA	2,18	KSIZ_DEG_RAW.6	239	ST011Q03TA	0,64	K1_A4
178	ST098Q05TA	2,13	KSIZ_DEG_RAW.3	240	ST019BQ01T	0,62	K1_A2
179	ST038Q03NA	2,08	K8_A1	241	ST093Q08NA	0,59	KSIZ_DEG_RAW.4
180	ST011Q08TA	2,04	K1_A4	242	ST076Q11NA	0,56	KSIZ_DEG_RAW.6
181	ST008Q03TA	2,00	K1_A3	243	ST076Q04NA	0,52	KSIZ_DEG_RAW.6
182	HOMEPOS	1,99	K1_A4	244	ST006Q01TA	0,51	K1_A3
183	AGE	1,96	KSIZ_DEG_DER	245	ST063Q04NB	0,51	KSIZ_DEG_RAW.3
184	ST012Q02TA	1,95	K1_A4	246	ST006Q02TA	0,46	K1_A3
185	ST011Q12TA	1,95	K1_A4	247	ST011Q06TA	0,44	K1_A4
186	ST076Q07NA	1,92	KSIZ_DEG_RAW.6	248	ST093Q04TA	0,43	KSIZ_DEG_RAW.4

Ek Tablo 5. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST011Q11TA	0,41	K1_A4				
250	ST011Q09TA	0,29	K1_A4				
251	ST127Q02TA	0,27	K1_A1				
252	ST019AQ01T	0,26	K1_A2				
253	ST019CQ01T	0,22	K1_A2				
254	IMMIG	0,17	K1_A2				
255	ST076Q06NA	0,16	KSIZ_DEG_RAW.6				
256	ST078Q03NA	0,05	KSIZ_DEG_RAW.6				

Ek Tablo 6. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC004Q05NA	18,812	KSIZ_DEG_RAW.1	63	SCHLTYPE	0,899	K5_A0
2	PROSTAT	17,506	KSIZ_DEG_DER	64	SC037Q01TA	0,895	K10_A3K11K12
3	SC061Q05TA	13,749	K8_A45	65	SC048Q02NA	0,852	KSIZ_DEG_RAW.1
4	SC012Q01TA	10,427	K10_A3K11K12	66	SC018Q06NA01	0,799	KSIZ_DEG_RAW.1
5	SC017Q01NA	8,465	K6_A1	67	SC013Q01TA	0,792	K5_A0
6	SC012Q06TA	7,004	K10_A3K11K12	68	LEADCOM	0,784	KSIZ_DEG_DER
7	STAFFSHORT	6,809	K6_A1	69	SC017Q07NA	0,753	K6_A1
8	SCIERES	6,700	KSIZ_DEG_DER	70	SC037Q10NA	0,719	K10_A3K11K12
9	SC053Q01TA	6,531	K10_A3K11K12	71	SC012Q07TA	0,648	K10_A3K11K12
10	SC061Q04TA	6,428	K8_A45	72	SC019Q02NA01	0,640	KSIZ_DEG_RAW.1
11	SC048Q03NA	6,409	KSIZ_DEG_RAW.1	73	SC025Q02NA	0,635	KSIZ_DEG_RAW.1
12	SC042Q01TA	6,401	K5_A0	74	SC018Q05NA01	0,626	KSIZ_DEG_RAW.1
13	STUBEHA	6,218	K8_A45	75	SC017Q08NA	0,609	K6_A1
14	SC017Q04NA	6,089	K6_A1	76	SC018Q01TA01	0,604	KSIZ_DEG_RAW.1
15	EDUSHORT	4,644	K6_A1	77	SC004Q06NA	0,604	KSIZ_DEG_RAW.1
16	PROAT5AM	4,358	KSIZ_DEG_DER	78	SC064Q02TA	0,599	KSIZ_DEG_RAW.1
17	STRATIO	4,337	KSIZ_DEG_DER	79	SC061Q02TA	0,593	K8_A45
18	SC061Q06TA	4,169	K8_A45	80	SC059Q06NA	0,524	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC064Q04NA	4,052	KSIZ_DEG_RAW.1	81	SC002Q02TA	0,509	KSIZ_DEG_RAW.1
20	CLSIZE	3,877	K5_A0	82	LEAD	0,506	KSIZ_DEG_DER
21	SC003Q01TA	3,743	K5_A0	83	SC059Q02NA	0,491	KSIZ_DEG_RAW.1
22	TOTST	3,632	KSIZ_DEG_DER	84	SC018Q07NA01	0,488	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC059Q01NA	3,600	KSIZ_DEG_RAW.1	85	TEACHPART	0,473	KSIZ_DEG_DER
24	SC001Q01TA	3,534	K5_A0	86	SC027Q02NA	0,464	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC061Q01TA	3,251	K8_A45	87	SC012Q02TA	0,443	K10_A3K11K12
26	SC042Q02TA	2,944	K5_A0	88	SC009Q13TA	0,435	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC019Q03NA01	2,889	KSIZ_DEG_RAW.1	89	SC061Q09TA	0,435	K8_A45
28	SC017Q03NA	2,791	K6_A1	90	SC053Q05NA	0,435	KSIZ_DEG_RAW.1
29	CREACTIV	2,631	K10_A3K11K12	91	SC037Q08TA	0,429	K10_A3K11K12
30	SC037Q04TA	2,542	K10_A3K11K12	92	SC004Q04NA	0,426	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC037Q05NA	2,473	K10_A3K11K12	93	SC004Q01TA	0,421	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC017Q06NA	2,210	K6_A1	94	SC059Q08NA	0,413	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC036Q01TA	2,177	K8_A45	95	SC053Q04TA	0,411	K10_A3K11K12
34	SC017Q02NA	2,131	K6_A1	96	RESPRES	0,398	KSIZ_DEG_DER
35	SC053Q03TA	2,057	K10_A3K11K12	97	SC053Q09TA	0,383	K10_A3K11K12
36	SC019Q01NA01	2,008	KSIZ_DEG_RAW.1	98	SC027Q04NA	0,383	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC061Q08TA	1,993	K8_A45	99	PROAT5AB	0,358	KSIZ_DEG_DER
38	SC064Q03TA	1,896	KSIZ_DEG_RAW.1	100	SC035Q04TA	0,338	KSIZ_DEG_RAW.1
39	PROAT6	1,837	KSIZ_DEG_DER	101	SC010Q05TE	0,332	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC064Q01TA	1,672	KSIZ_DEG_RAW.1	102	LEADTCH	0,318	KSIZ_DEG_DER
41	TOTAT	1,656	KSIZ_DEG_DER	103	SC034Q02NA	0,314	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SCHSIZE	1,623	K5_A0	104	SC014Q01NA	0,310	KSIZ_DEG_RAW.1
43	TEACHBEHA	1,618	K8_A45	105	SC035Q02TA	0,295	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC052Q01NA	1,475	K6_A1	106	SC004Q07NA	0,282	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC037Q02TA	1,438	K10_A3K11K12	107	SC037Q06NA	0,279	K10_A3K11K12
46	SC037Q09TA	1,409	K10_A3K11K12	108	PROSTMAS	0,278	KSIZ_DEG_DER
47	SC061Q07TA	1,397	K8_A45	109	SC004Q03TA	0,274	KSIZ_DEG_RAW.1
48	W_SCHGRNRABWT	1,340	KSIZ_DEG_RAW.1	110	SC040Q11NA	0,271	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC061Q03TA	1,337	K8_A45	111	SC016Q02TA	0,264	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC025Q01NA	1,303	KSIZ_DEG_RAW.1	112	SC052Q02NA	0,258	K6_A1
51	SENWT	1,286	KSIZ_DEG_RAW.1	113	SC009Q09TA	0,258	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SCHAUT	1,253	KSIZ_DEG_DER	114	SC009Q02TA	0,250	KSIZ_DEG_RAW.1
53	LEADPD	1,210	KSIZ_DEG_DER	115	SC009Q11TA	0,229	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC061Q10TA	1,204	K8_A45	116	SC053Q06NA	0,223	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC048Q01NA	1,166	KSIZ_DEG_RAW.1	117	SC037Q03TA	0,211	K10_A3K11K12
56	SC017Q05NA	1,116	K6_A1	118	SC053Q02TA	0,197	K10_A3K11K12
57	PROATCE	1,096	KSIZ_DEG_DER	119	SC040Q03NA	0,183	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC012Q04TA	1,051	K10_A3K11K12	120	RESPCUR	0,175	KSIZ_DEG_DER
59	SC036Q03NA	1,039	K8_A45	121	SC035Q04TB	0,174	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC012Q03TA	0,979	K10_A3K11K12	122	SC037Q07TA	0,173	K10_A3K11K12
61	SC002Q01TA	0,903	KSIZ_DEG_RAW.1	123	SC035Q06TA	0,173	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC004Q02TA	0,902	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC009Q01TA	0,165	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 6. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC016Q01TA	0,163	KSIZ_DEG_RAW.1	187	SC027Q03NA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1
126	SC053Q07TA	0,155	KSIZ_DEG_RAW.1	188	SC010Q05TA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
127	SC012Q05TA	0,155	K10_A3K11K12	189	SC053Q08TA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1
128	SC016Q03TA	0,149	KSIZ_DEG_RAW.1	190	SC035Q05TB	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1
129	LEADINST	0,149	KSIZ_DEG_DER	191	SC035Q01NB	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1
130	SC034Q01NA	0,148	KSIZ_DEG_RAW.1	192	SC010Q06TC	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1
131	SC040Q02NA	0,148	KSIZ_DEG_RAW.1	193	SC010Q06TE	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1
132	SC010Q09TE	0,144	KSIZ_DEG_RAW.1	194	SC036Q02TA	0,030	K8_A45
133	SC063Q09NA	0,133	KSIZ_DEG_RAW.1	195	SC010Q01TD	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1
134	PROSTCE	0,127	KSIZ_DEG_DER	196	SC010Q05TD	0,028	KSIZ_DEG_RAW.1
135	SC063Q07NA	0,125	KSIZ_DEG_RAW.1	197	SC010Q12TC	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1
136	SC034Q04TA	0,122	KSIZ_DEG_RAW.1	198	SC041Q05NA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1
137	SC009Q07TA	0,121	KSIZ_DEG_RAW.1	199	SC041Q04NA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1
138	SC040Q15NA	0,114	KSIZ_DEG_RAW.1	200	SC010Q03TE	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1
139	SC016Q04TA	0,110	KSIZ_DEG_RAW.1	201	SC035Q02TB	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1
140	SC040Q17NA	0,107	KSIZ_DEG_RAW.1	202	SC010Q10TB	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1
141	SC009Q06TA	0,107	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC035Q07TB	0,020	KSIZ_DEG_RAW.1
142	SC010Q12TE	0,104	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC010Q07TE	0,020	KSIZ_DEG_RAW.1
143	SC059Q04NA	0,098	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC010Q08TC	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1
144	SC010Q07TC	0,092	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC035Q08TB	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1
145	SC010Q09TA	0,090	KSIZ_DEG_RAW.1	207	SC010Q06TB	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1
146	SC018Q02TA01	0,088	KSIZ_DEG_RAW.1	208	SC010Q07TA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1
147	SC009Q05TA	0,088	KSIZ_DEG_RAW.1	209	SC010Q02TD	0,017	KSIZ_DEG_RAW.1
148	SC035Q08TA	0,087	KSIZ_DEG_RAW.1	210	SC010Q08TE	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1
149	SC059Q07NA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1	211	SC040Q05NA	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1
150	SC010Q10TC	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1	212	SC019Q01NA02	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1
151	SC009Q03TA	0,081	KSIZ_DEG_RAW.1	213	SC010Q06TA	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
152	SC035Q10TA	0,080	KSIZ_DEG_RAW.1	214	SC010Q02TE	0,011	KSIZ_DEG_RAW.1
153	SC040Q12NA	0,079	KSIZ_DEG_RAW.1	215	SC010Q12TB	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
154	SC040Q16NA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1	216	SC010Q09TD	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
155	SC035Q11NB	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1	217	SC010Q08TB	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
156	SC035Q11NA	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1	218	SC027Q01NA	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
157	SC010Q03TC	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1	219	SC035Q09NA	0,007	KSIZ_DEG_RAW.1
158	SC010Q10TE	0,071	KSIZ_DEG_RAW.1	220	SC010Q10TA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
159	SC035Q07TA	0,070	KSIZ_DEG_RAW.1	221	SC019Q03NA02	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
160	SC009Q04TA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1	222	SC010Q01TC	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
161	SC063Q03NA	0,066	KSIZ_DEG_RAW.1	223	SC010Q04TE	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
162	SC018Q01TA02	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1	224	SC010Q12TA	0,004	KSIZ_DEG_RAW.1
163	SC010Q05TC	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1	225	SC010Q01TE	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
164	SC035Q03TA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1	226	SC010Q11TB	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1
165	SC010Q09TC	0,062	KSIZ_DEG_RAW.1	227	SC010Q04TC	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1
166	SC009Q12TA	0,062	KSIZ_DEG_RAW.1	228	SC010Q11TE	0,000	KSIZ_DEG_RAW.1
167	SC009Q08TA	0,061	KSIZ_DEG_RAW.1	187	SC027Q03NA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1
168	SC018Q05NA02	0,060	KSIZ_DEG_RAW.1	188	SC010Q05TA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
169	SC059Q05NA	0,059	KSIZ_DEG_RAW.1	189	SC053Q08TA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1
170	SC032Q02TA	0,059	KSIZ_DEG_RAW.1	190	SC035Q05TB	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1
171	SC041Q01NA	0,058	KSIZ_DEG_RAW.1	191	SC035Q01NB	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1
172	SC034Q03TA	0,058	KSIZ_DEG_RAW.1	192	SC010Q06TC	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1
173	SC035Q06TB	0,057	KSIZ_DEG_RAW.1	193	SC010Q06TE	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1
174	SC009Q10TA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1	194	SC036Q02TA	0,030	K8_A45
175	SC035Q01NA	0,055	KSIZ_DEG_RAW.1	195	SC010Q01TD	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1
176	SC041Q03NA	0,054	KSIZ_DEG_RAW.1	196	SC010Q05TD	0,028	KSIZ_DEG_RAW.1
177	SC063Q04NA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1	197	SC010Q12TC	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1
178	SC032Q04TA	0,052	KSIZ_DEG_RAW.1	198	SC041Q05NA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1
179	SC035Q05TA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1	199	SC041Q04NA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1
180	SC032Q01TA	0,049	KSIZ_DEG_RAW.1	200	SC010Q03TE	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1
181	SC035Q09NB	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1	201	SC035Q02TB	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1
182	SC053Q10TA	0,044	K10_A3K11K12	202	SC010Q10TB	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1
183	SC041Q06NA	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC035Q07TB	0,020	KSIZ_DEG_RAW.1
184	SC035Q10TB	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC010Q07TE	0,020	KSIZ_DEG_RAW.1
185	SC059Q03NA	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC010Q08TC	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1
186	SC035Q03TB	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC035Q08TB	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 6. PISA-2015 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
207	SC010Q06TB	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1				
208	SC010Q07TA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1				
209	SC010Q02TD	0,017	KSIZ_DEG_RAW.1				
210	SC010Q08TE	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1				
211	SC040Q05NA	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1				
212	SC019Q01NA02	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1				
213	SC010Q06TA	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1				
214	SC010Q02TE	0,011	KSIZ_DEG_RAW.1				
215	SC010Q12TB	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1				
216	SC010Q09TD	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1				
217	SC010Q08TB	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1				
218	SC027Q01NA	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1				
219	SC035Q09NA	0,007	KSIZ_DEG_RAW.1				
220	SC010Q10TA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1				
221	SC019Q03NA02	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1				
222	SC010Q01TC	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1				
223	SC010Q04TE	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1				
224	SC010Q12TA	0,004	KSIZ_DEG_RAW.1				
225	SC010Q01TE	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1				
226	SC010Q11TB	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1				
227	SC010Q04TC	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1				
228	SC010Q11TE	0,000	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 7. PISA-2015 Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	28,507	K1_A3	63	DISCLISCI	5,686	K8_A3
2	ST100Q01TA	13,324	K8_A2	64	ST104Q02NA	5,670	K8_A2
3	ST076Q10NA	13,263	KSIZ_DEG_RAW.6	65	ST063Q01NB	5,618	KSIZ_DEG_RAW.3
4	ISCEDD	12,588	K1_A1	66	ST062Q03TA	5,537	K8_A3
5	ST013Q01TA	12,569	K1_A4	67	ST076Q09NA	5,501	KSIZ_DEG_RAW.6
6	ST001D01T	12,550	KSIZ_DEG_RAW.1	68	ST011Q05TA	5,461	K1_A4
7	ST059Q03TA	12,526	KSIZ_DEG_RAW.2	69	ST146Q05TA	5,432	KSIZ_DEG_RAW.6
8	ISCEDO	12,343	K1_A1	70	ST012Q05NA	5,413	K1_A4
9	ST121Q02NA	12,228	KSIZ_DEG_RAW.1	71	ST034Q04TA	5,384	K8_A1
10	ST092Q02TA	11,945	KSIZ_DEG_RAW.4	72	ST097Q04TA	5,292	K8_A3
11	ENVOPT	11,825	KSIZ_DEG_DER	73	ST129Q08TA	5,272	KSIZ_DEG_RAW.5
12	SMINS	10,925	KSIZ_DEG_DER	74	ST082Q02NA	5,260	KSIZ_DEG_RAW.1
13	ST098Q02TA	10,482	KSIZ_DEG_RAW.3	75	ST071Q02NA	5,255	KSIZ_DEG_RAW.2
14	HISCED	10,144	K1_A3	76	ST107Q01NA	5,242	KSIZ_DEG_RAW.4
15	ST123Q02NA	9,877	K10_A2	77	PERFEED	5,229	K8_A2
16	BSMJ	9,803	KSIZ_DEG_DER	78	ST131Q04NA	5,186	KSIZ_DEG_RAW.5
17	BELONG	9,781	K8_A1	79	ST082Q08NA	5,153	KSIZ_DEG_RAW.2
18	ST097Q03TA	9,749	K8_A3	80	ST062Q02TA	5,091	K8_A3
19	ST092Q01TA	9,526	KSIZ_DEG_RAW.4	81	ST131Q03NA	5,087	KSIZ_DEG_RAW.5
20	ST098Q07TA	9,473	KSIZ_DEG_RAW.3	82	ST071Q04NA	5,069	KSIZ_DEG_RAW.2
21	ST098Q10NA	9,329	KSIZ_DEG_RAW.3	83	ST095Q15NA	5,060	KSIZ_DEG_RAW.5
22	ST060Q01NA	8,820	KSIZ_DEG_RAW.2	84	ST034Q05TA	5,048	K8_A1
23	BFMJ2	8,800	KSIZ_DEG_DER	85	ENVAWARE	4,998	KSIZ_DEG_DER
24	ST095Q13NA	8,761	KSIZ_DEG_RAW.5	86	ST061Q01NA	4,967	KSIZ_DEG_RAW.2
25	EMOSUPS	8,570	K10_A2	87	ST126Q01TA	4,922	K1_A1
26	ST007Q01TA	8,551	K1_A3	88	ST095Q04NA	4,900	KSIZ_DEG_RAW.5
27	ST004D01T	8,400	K1_A1	89	COOPERATE	4,881	KSIZ_DEG_DER
28	ST076Q08NA	8,196	KSIZ_DEG_RAW.6	90	ST094Q03NA	4,856	KSIZ_DEG_RAW.4
29	MISCED	8,040	K1_A3	91	ST103Q08NA	4,842	KSIZ_DEG_RAW.4
30	ST076Q02NA	7,933	KSIZ_DEG_RAW.6	92	ST100Q05TA	4,834	KSIZ_DEG_RAW.3
31	ANXTEST	7,862	KSIZ_DEG_DER	93	ST063Q06NA	4,786	KSIZ_DEG_RAW.3
32	ST098Q03NA	7,788	KSIZ_DEG_RAW.3	94	ST064Q01NA	4,743	KSIZ_DEG_RAW.3
33	ST082Q03NA	7,665	KSIZ_DEG_RAW.1	95	ST063Q01NA	4,712	KSIZ_DEG_RAW.2
34	ST012Q07NA	7,570	K1_A4	96	ST031Q01NA	4,693	KSIZ_DEG_RAW.2
35	ST071Q03NA	7,361	KSIZ_DEG_RAW.2	97	ST097Q01TA	4,658	K8_A3
36	ST078Q08NA	7,290	KSIZ_DEG_RAW.6	98	ST146Q01TA	4,621	KSIZ_DEG_RAW.6
37	ST103Q01NA	7,078	KSIZ_DEG_RAW.3	99	ST113Q01TA	4,587	KSIZ_DEG_RAW.5
38	ST034Q01TA	7,029	K8_A1	100	ST082Q12NA	4,562	KSIZ_DEG_RAW.2
39	ST059Q01TA	6,945	KSIZ_DEG_RAW.2	101	ICTRES	4,536	K1_A4
40	ST121Q03NA	6,931	KSIZ_DEG_RAW.1	102	ST012Q08NA	4,511	K1_A4
41	ESCS2	6,850	K1_A4	103	ST063Q02NA	4,491	KSIZ_DEG_RAW.3
42	IBTEACH	6,764	KSIZ_DEG_DER	104	ST008Q03TA	4,415	K1_A3
43	TMINS	6,652	KSIZ_DEG_DER	105	ST034Q03TA	4,383	K8_A1
44	ST104Q03NA	6,648	K8_A2	106	TEACHSUP	4,338	K8_A2
45	ST005Q01TA	6,632	K1_A3	107	ST129Q01TA	4,325	KSIZ_DEG_RAW.5
46	ST146Q03TA	6,545	KSIZ_DEG_RAW.6	108	ST093Q05TA	4,318	KSIZ_DEG_RAW.4
47	ST063Q02NB	6,527	KSIZ_DEG_RAW.3	109	ST104Q05NA	4,299	KSIZ_DEG_RAW.4
48	ST011Q07TA	6,511	K1_A4	110	BMMJ1	4,298	KSIZ_DEG_DER
49	ST098Q09TA	6,483	KSIZ_DEG_RAW.3	111	LMINS	4,279	KSIZ_DEG_DER
50	ST063Q04NA	6,414	KSIZ_DEG_RAW.3	112	ST146Q04TA	4,277	KSIZ_DEG_RAW.6
51	ST095Q07NA	6,365	KSIZ_DEG_RAW.5	113	ST038Q08NA	4,242	K8_A1
52	GRADE	6,327	KSIZ_DEG_DER	114	ST100Q03TA	4,185	K8_A2
53	ST131Q06NA	6,181	KSIZ_DEG_RAW.5	115	ST062Q01TA	4,106	K8_A3
54	ST078Q05NA	6,095	KSIZ_DEG_RAW.6	116	ST098Q06TA	3,989	KSIZ_DEG_RAW.3
55	REPEAT	6,086	K1_A1	117	ST131Q01NA	3,985	KSIZ_DEG_RAW.5
56	ST064Q03NA	6,069	KSIZ_DEG_RAW.3	118	ST093Q06TA	3,902	KSIZ_DEG_RAW.4
57	ST093Q01TA	6,051	KSIZ_DEG_RAW.4	119	ST092Q05TA	3,901	KSIZ_DEG_RAW.4
58	ST032Q01NA	6,048	KSIZ_DEG_RAW.2	120	PARED	3,889	K1_A3
59	ST038Q04NA	5,894	K8_A1	121	ST095Q08NA	3,868	KSIZ_DEG_RAW.5
60	ST125Q01NA	5,854	K1_A1	122	ST098Q08NA	3,857	KSIZ_DEG_RAW.3
61	ST064Q02NA	5,841	KSIZ_DEG_RAW.3	123	ST098Q01TA	3,799	KSIZ_DEG_RAW.3
62	EPIST	5,763	KSIZ_DEG_DER	124	ST131Q11NA	3,771	KSIZ_DEG_RAW.5

Ek Tablo 7. PISA-2015 Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST071Q01NA	3,747	KSIZ_DEG_RAW.2	187	ST012Q02TA	2,166	K1_A4
126	ST146Q07NA	3,733	KSIZ_DEG_RAW.6	188	ST097Q05TA	2,162	K8_A3
127	ST092Q08NA	3,692	KSIZ_DEG_RAW.4	189	ST076Q05NA	2,130	KSIZ_DEG_RAW.6
128	ST011Q10TA	3,668	K1_A4	190	ST129Q06TA	2,106	KSIZ_DEG_RAW.5
129	SCIEEFF	3,652	KSIZ_DEG_DER	191	ST104Q01NA	2,101	KSIZ_DEG_RAW.4
130	ST094Q01NA	3,640	KSIZ_DEG_RAW.4	192	ST103Q03NA	2,098	KSIZ_DEG_RAW.4
131	ST129Q02TA	3,640	KSIZ_DEG_RAW.5	193	ST039Q02NA	2,092	KSIZ_DEG_RAW.2
132	ST092Q04TA	3,586	KSIZ_DEG_RAW.4	194	ST100Q04TA	2,042	K8_A2
133	ST098Q05TA	3,578	KSIZ_DEG_RAW.3	195	ST076Q11NA	2,025	KSIZ_DEG_RAW.6
134	ST034Q02TA	3,575	K8_A1	196	ST082Q13NA	2,008	KSIZ_DEG_RAW.2
135	ST123Q01NA	3,563	KSIZ_DEG_RAW.1	197	ST113Q03TA	1,991	KSIZ_DEG_RAW.5
136	ST038Q06NA	3,532	K8_A1	198	ST092Q09NA	1,980	KSIZ_DEG_RAW.4
137	ST039Q06NA	3,525	KSIZ_DEG_RAW.2	199	SCIEACT	1,899	KSIZ_DEG_DER
138	ST146Q09NA	3,487	KSIZ_DEG_RAW.6	200	ST093Q08NA	1,895	KSIZ_DEG_RAW.4
139	ST123Q04NA	3,444	K10_A2	201	ISCEDL	1,891	K1_A1
140	ST100Q02TA	3,424	K8_A2	202	ST012Q09NA	1,889	K1_A4
141	ST059Q02TA	3,407	KSIZ_DEG_RAW.2	203	JOYSCIE	1,884	KSIZ_DEG_DER
142	ST032Q02NA	3,324	KSIZ_DEG_RAW.2	204	ST039Q03NA	1,882	KSIZ_DEG_RAW.2
143	DURECEC	3,310	K1_A1	205	ST082Q01NA	1,875	KSIZ_DEG_RAW.1
144	MOTIVAT	3,266	KSIZ_DEG_DER	206	ST063Q05NA	1,838	KSIZ_DEG_RAW.3
145	ST103Q11NA	3,230	KSIZ_DEG_RAW.4	207	ST011Q04TA	1,836	K1_A4
146	ST034Q06TA	3,221	K8_A1	208	ST113Q02TA	1,813	KSIZ_DEG_RAW.5
147	ST094Q02NA	3,205	KSIZ_DEG_RAW.4	209	CULTPOSS	1,723	K1_A4
148	ST022Q01TA	3,194	K1_A2	210	ST038Q07NA	1,660	K8_A1
149	OUTHOURS	3,173	KSIZ_DEG_DER	211	CPSVALUE	1,651	KSIZ_DEG_DER
150	ST011Q08TA	3,171	K1_A4	212	TDTEACH	1,628	KSIZ_DEG_DER
151	ST078Q02NA	3,166	KSIZ_DEG_RAW.6	213	unfairteacher	1,551	KSIZ_DEG_DER
152	ST093Q03TA	3,154	KSIZ_DEG_RAW.4	214	ST011Q12TA	1,517	K1_A4
153	ST129Q03TA	3,134	KSIZ_DEG_RAW.5	215	ST063Q06NB	1,447	KSIZ_DEG_RAW.3
154	ST131Q08NA	3,132	KSIZ_DEG_RAW.5	216	ST082Q09NA	1,407	KSIZ_DEG_RAW.2
155	ST094Q04NA	3,068	KSIZ_DEG_RAW.5	217	ST063Q03NA	1,403	KSIZ_DEG_RAW.3
156	INSTSCIE	3,030	KSIZ_DEG_DER	218	ST063Q05NB	1,368	KSIZ_DEG_RAW.3
157	ST093Q07NA	3,018	KSIZ_DEG_RAW.4	219	ST012Q03TA	1,362	K1_A4
158	ST107Q02NA	3,011	KSIZ_DEG_RAW.4	220	ST006Q03TA	1,346	KSIZ_DEG_RAW.1
159	ST003D02T	2,996	KSIZ_DEG_RAW.1	221	ST038Q03NA	1,327	K8_A1
160	ST039Q05NA	2,991	KSIZ_DEG_RAW.2	222	ST078Q04NA	1,277	KSIZ_DEG_RAW.6
161	ST129Q04TA	2,951	KSIZ_DEG_RAW.5	223	ST097Q02TA	1,259	K8_A3
162	ST129Q07TA	2,935	KSIZ_DEG_RAW.5	224	AGE	1,220	KSIZ_DEG_DER
163	ST082Q14NA	2,930	KSIZ_DEG_RAW.2	225	ST123Q03NA	1,219	K10_A2
164	ST129Q05TA	2,905	KSIZ_DEG_RAW.5	226	FISCED	1,090	K1_A3
165	ST011Q16NA	2,859	K1_A4	227	MMINS	1,084	KSIZ_DEG_DER
166	LANGN	2,800	K1_A2	228	ST011Q03TA	0,961	K1_A4
167	ST071Q05NA	2,787	KSIZ_DEG_RAW.2	229	ST038Q05NA	0,914	K8_A1
168	ST094Q05NA	2,732	KSIZ_DEG_RAW.5	230	ST063Q04NB	0,894	KSIZ_DEG_RAW.3
169	HEDRES	2,682	K1_A4	231	ST076Q01NA	0,848	KSIZ_DEG_RAW.6
170	ST063Q03NB	2,654	KSIZ_DEG_RAW.3	232	ST078Q06NA	0,841	KSIZ_DEG_RAW.6
171	ST146Q02TA	2,593	KSIZ_DEG_RAW.6	233	ST006Q01TA	0,826	K1_A3
172	ST146Q08NA	2,586	KSIZ_DEG_RAW.6	234	ST019BQ01T	0,738	K1_A2
173	ST039Q01NA	2,560	KSIZ_DEG_RAW.2	235	ST078Q01NA	0,723	KSIZ_DEG_RAW.6
174	ST113Q04TA	2,547	KSIZ_DEG_RAW.5	236	ST076Q07NA	0,646	KSIZ_DEG_RAW.6
175	ST127Q03TA	2,491	K1_A1	237	ST008Q01TA	0,638	K1_A3
176	ADINST	2,474	KSIZ_DEG_DER	238	ST127Q01TA	0,618	K1_A1
177	ST107Q03NA	2,459	KSIZ_DEG_RAW.4	239	ST092Q06NA	0,594	KSIZ_DEG_RAW.4
178	INTBRSCI	2,368	KSIZ_DEG_DER	240	ST078Q07NA	0,432	KSIZ_DEG_RAW.6
179	ST104Q04NA	2,283	K8_A2	241	ST008Q02TA	0,403	K1_A3
180	ST076Q04NA	2,283	KSIZ_DEG_RAW.6	242	ST011Q02TA	0,396	K1_A4
181	ST039Q04NA	2,256	KSIZ_DEG_RAW.2	243	ST127Q02TA	0,391	K1_A1
182	ST076Q03NA	2,244	KSIZ_DEG_RAW.6	244	ST078Q03NA	0,352	KSIZ_DEG_RAW.6
183	ST012Q06NA	2,229	K1_A4	245	ST012Q01TA	0,336	K1_A4
184	ST146Q06NA	2,180	KSIZ_DEG_RAW.6	246	ST011Q11TA	0,327	K1_A4
185	WEALTH	2,180	K1_A4	247	ST011Q06TA	0,321	K1_A4
186	HOMEPOS	2,180	K1_A4	248	ST093Q04TA	0,273	KSIZ_DEG_RAW.4

Ek Tablo 7. PISA-2015 Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST076Q06NA	0,260	KSIZ_DEG_RAW.6				
250	ST011Q09TA	0,251	K1_A4				
251	ST019AQ01T	0,243	K1_A2				
252	ST011Q01TA	0,205	K1_A4				
253	IMMIG	0,155	K1_A2				
254	ST019CQ01T	0,124	K1_A2				
255	ST006Q02TA	0,108	K1_A3				
256	ST021Q01TA	0,000	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 8. PISA-2015 Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC004Q05NA	13,516	KSIZ_DEG_RAW.1	63	SC012Q04TA	0,808	K10_A3K11K12
2	PROSTAT	12,909	KSIZ_DEG_DER	64	SC061Q08TA	0,795	K8_A45
3	SC012Q01TA	9,021	K10_A3K11K12	65	LEADCOM	0,787	KSIZ_DEG_DER
4	SC012Q06TA	8,978	K10_A3K11K12	66	SC037Q09TA	0,776	K10_A3K11K12
5	SC061Q05TA	8,824	K8_A45	67	LEADTCH	0,740	KSIZ_DEG_DER
6	SC048Q03NA	8,370	KSIZ_DEG_RAW.1	68	SC048Q02NA	0,737	KSIZ_DEG_RAW.1
7	SCIERES	8,342	KSIZ_DEG_DER	69	SC035Q02TA	0,702	KSIZ_DEG_RAW.1
8	STUBEHA	6,588	K8_A45	70	SC017Q07NA	0,690	K6_A1
9	TOTST	5,202	KSIZ_DEG_DER	71	SC036Q03NA	0,650	K8_A45
10	SC053Q01TA	4,686	K10_A3K11K12	72	SC004Q04NA	0,648	KSIZ_DEG_RAW.1
11	SC042Q01TA	4,645	K5_A0	73	SC061Q10TA	0,638	K8_A45
12	SC053Q03TA	4,144	K10_A3K11K12	74	SC036Q01TA	0,636	K8_A45
13	SC061Q04TA	3,527	K8_A45	75	SC002Q01TA	0,607	KSIZ_DEG_RAW.1
14	STRATIO	3,458	KSIZ_DEG_DER	76	SC037Q06NA	0,605	K10_A3K11K12
15	SC061Q06TA	3,281	K8_A45	77	SC061Q02TA	0,577	K8_A45
16	SC064Q04NA	3,246	KSIZ_DEG_RAW.1	78	SC018Q05NA01	0,536	KSIZ_DEG_RAW.1
17	PROAT5AM	3,028	KSIZ_DEG_DER	79	SC064Q02TA	0,536	KSIZ_DEG_RAW.1
18	SC001Q01TA	2,981	K5_A0	80	LEADPD	0,535	KSIZ_DEG_DER
19	CLSIZE	2,959	K5_A0	81	SC048Q01NA	0,533	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC003Q01TA	2,907	K5_A0	82	SC019Q02NA01	0,530	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC061Q01TA	2,787	K8_A45	83	LEAD	0,513	KSIZ_DEG_DER
22	SC064Q03TA	2,750	KSIZ_DEG_RAW.1	84	SC002Q02TA	0,509	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC019Q03NA01	2,662	KSIZ_DEG_RAW.1	85	SC035Q06TA	0,503	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC037Q05NA	2,402	K10_A3K11K12	86	SC018Q01TA01	0,501	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC025Q01NA	2,355	KSIZ_DEG_RAW.1	87	TEACHPART	0,471	KSIZ_DEG_DER
26	PROATCE	2,322	KSIZ_DEG_DER	88	LEADINST	0,436	KSIZ_DEG_DER
27	SC059Q01NA	2,273	KSIZ_DEG_RAW.1	89	SC034Q02NA	0,416	KSIZ_DEG_RAW.1
28	SC017Q01NA	2,225	K6_A1	90	SC004Q06NA	0,416	KSIZ_DEG_RAW.1
29	STAFFSHORT	2,223	K6_A1	91	SC037Q01TA	0,412	K10_A3K11K12
30	TOTAT	2,138	KSIZ_DEG_DER	92	SC061Q03TA	0,388	K8_A45
31	SC042Q02TA	2,138	K5_A0	93	PROSTMAS	0,377	KSIZ_DEG_DER
32	SC025Q02NA	2,102	KSIZ_DEG_RAW.1	94	SC059Q08NA	0,372	KSIZ_DEG_RAW.1
33	CREACTIV	2,020	K10_A3K11K12	95	SC004Q02TA	0,335	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC064Q01TA	1,969	KSIZ_DEG_RAW.1	96	SC017Q02NA	0,331	K6_A1
35	SC037Q04TA	1,801	K10_A3K11K12	97	SC040Q11NA	0,326	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SCHSIZE	1,737	K5_A0	98	SC010Q07TC	0,324	KSIZ_DEG_RAW.1
37	EDUSHORT	1,651	K6_A1	99	SC053Q06NA	0,313	KSIZ_DEG_RAW.1
38	SC017Q06NA	1,551	K6_A1	100	SC037Q07TA	0,312	K10_A3K11K12
39	SC037Q10NA	1,441	K10_A3K11K12	101	RESPCUR	0,311	KSIZ_DEG_DER
40	SC017Q03NA	1,404	K6_A1	102	SC004Q07NA	0,296	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC019Q01NA01	1,398	KSIZ_DEG_RAW.1	103	SC053Q04TA	0,287	K10_A3K11K12
42	SC061Q07TA	1,389	K8_A45	104	SC053Q07TA	0,278	KSIZ_DEG_RAW.1
43	PROAT6	1,218	KSIZ_DEG_DER	105	SC009Q07TA	0,275	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC018Q06NA01	1,198	KSIZ_DEG_RAW.1	106	SC061Q09TA	0,272	K8_A45
45	SC037Q02TA	1,187	K10_A3K11K12	107	SC004Q03TA	0,261	KSIZ_DEG_RAW.1
46	W_SCHGRNRABWT	1,173	KSIZ_DEG_RAW.1	108	RESPRES	0,260	KSIZ_DEG_DER
47	SCHLTYPE	1,160	K5_A0	109	SC016Q01TA	0,251	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC004Q01TA	1,144	KSIZ_DEG_RAW.1	110	SC040Q12NA	0,250	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SCHAUT	1,117	KSIZ_DEG_DER	111	PROAT5AB	0,245	KSIZ_DEG_DER
50	SC059Q02NA	1,090	KSIZ_DEG_RAW.1	112	SC059Q04NA	0,244	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC037Q08TA	1,088	K10_A3K11K12	113	SC018Q01TA02	0,225	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC012Q03TA	1,061	K10_A3K11K12	114	SC014Q01NA	0,224	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC013Q01TA	1,049	K5_A0	115	SC009Q01TA	0,218	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC059Q06NA	1,044	KSIZ_DEG_RAW.1	116	SC009Q06TA	0,216	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC017Q08NA	1,033	K6_A1	117	SC035Q05TA	0,209	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC053Q05NA	1,033	KSIZ_DEG_RAW.1	118	SC037Q03TA	0,209	K10_A3K11K12
57	SC017Q05NA	1,010	K6_A1	119	SC053Q09TA	0,208	K10_A3K11K12
58	SENWT	1,008	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC035Q01NA	0,192	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC012Q07TA	0,972	K10_A3K11K12	121	SC009Q13TA	0,185	KSIZ_DEG_RAW.1
60	TEACHBEHA	0,955	K8_A45	122	SC010Q09TE	0,182	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC012Q02TA	0,954	K10_A3K11K12	123	SC053Q02TA	0,181	K10_A3K11K12
62	SC017Q04NA	0,939	K6_A1	124	SC034Q01NA	0,177	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 8. PISA-2015 Türkiye örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC012Q05TA	0,177	K10_A3K11K12	187	SC035Q11NA	0,050	KSIZ_DEG_RAW.1
126	SC010Q10TC	0,176	KSIZ_DEG_RAW.1	188	SC035Q03TA	0,050	KSIZ_DEG_RAW.1
127	SC052Q01NA	0,174	K6_A1	189	SC010Q03TE	0,050	KSIZ_DEG_RAW.1
128	SC009Q02TA	0,174	KSIZ_DEG_RAW.1	190	SC010Q08TE	0,047	KSIZ_DEG_RAW.1
129	SC052Q02NA	0,169	K6_A1	191	SC027Q02NA	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1
130	SC010Q05TE	0,167	KSIZ_DEG_RAW.1	192	SC035Q10TB	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1
131	SC016Q02TA	0,160	KSIZ_DEG_RAW.1	193	SC027Q01NA	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1
132	SC009Q09TA	0,160	KSIZ_DEG_RAW.1	194	SC010Q06TB	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1
133	SC035Q04TA	0,160	KSIZ_DEG_RAW.1	195	SC010Q09TD	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1
134	SC018Q07NA01	0,160	KSIZ_DEG_RAW.1	196	SC035Q04TB	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1
135	SC063Q03NA	0,159	KSIZ_DEG_RAW.1	197	SC035Q09NA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1
136	SC059Q05NA	0,154	KSIZ_DEG_RAW.1	198	SC010Q08TB	0,039	KSIZ_DEG_RAW.1
137	SC053Q08TA	0,153	KSIZ_DEG_RAW.1	199	SC041Q03NA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
138	SC034Q03TA	0,148	KSIZ_DEG_RAW.1	200	SC041Q05NA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
139	SC063Q07NA	0,141	KSIZ_DEG_RAW.1	201	SC010Q07TE	0,036	KSIZ_DEG_RAW.1
140	PROSTCE	0,137	KSIZ_DEG_DER	202	SC032Q02TA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1
141	SC009Q11TA	0,137	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC010Q09TC	0,031	KSIZ_DEG_RAW.1
142	SC016Q03TA	0,132	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC010Q10TB	0,031	KSIZ_DEG_RAW.1
143	SC018Q02TA01	0,128	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC010Q02TE	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1
144	SC040Q03NA	0,127	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC032Q01TA	0,029	KSIZ_DEG_RAW.1
145	SC010Q09TA	0,125	KSIZ_DEG_RAW.1	207	SC010Q04TC	0,028	KSIZ_DEG_RAW.1
146	SC016Q04TA	0,124	KSIZ_DEG_RAW.1	208	SC019Q03NA02	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1
147	SC040Q15NA	0,124	KSIZ_DEG_RAW.1	209	SC063Q09NA	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1
148	SC034Q04TA	0,120	KSIZ_DEG_RAW.1	210	SC010Q05TA	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1
149	SC041Q01NA	0,118	KSIZ_DEG_RAW.1	211	SC010Q01TC	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1
150	SC040Q17NA	0,118	KSIZ_DEG_RAW.1	212	SC035Q08TB	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1
151	SC018Q05NA02	0,113	KSIZ_DEG_RAW.1	213	SC010Q06TE	0,023	KSIZ_DEG_RAW.1
152	SC027Q04NA	0,112	KSIZ_DEG_RAW.1	214	SC010Q12TB	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1
153	SC059Q07NA	0,112	KSIZ_DEG_RAW.1	215	SC041Q04NA	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1
154	SC040Q16NA	0,100	KSIZ_DEG_RAW.1	216	SC053Q10TA	0,021	K10_A3K11K12
155	SC035Q07TA	0,098	KSIZ_DEG_RAW.1	217	SC010Q05TC	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1
156	SC035Q06TB	0,096	KSIZ_DEG_RAW.1	218	SC035Q02TB	0,017	KSIZ_DEG_RAW.1
157	SC010Q07TA	0,093	KSIZ_DEG_RAW.1	219	SC010Q01TE	0,015	KSIZ_DEG_RAW.1
158	SC035Q05TB	0,090	KSIZ_DEG_RAW.1	220	SC010Q11TB	0,013	KSIZ_DEG_RAW.1
159	SC027Q03NA	0,087	KSIZ_DEG_RAW.1	221	SC010Q02TD	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
160	SC040Q02NA	0,087	KSIZ_DEG_RAW.1	222	SC010Q10TA	0,011	KSIZ_DEG_RAW.1
161	SC035Q10TA	0,085	KSIZ_DEG_RAW.1	223	SC010Q04TE	0,010	KSIZ_DEG_RAW.1
162	SC010Q05TD	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1	224	SC010Q12TA	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
163	SC035Q03TB	0,080	KSIZ_DEG_RAW.1	225	SC010Q03TC	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
164	SC035Q09NB	0,080	KSIZ_DEG_RAW.1	226	SC010Q01TD	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
165	SC010Q10TE	0,078	KSIZ_DEG_RAW.1	227	SC010Q11TE	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1
166	SC009Q04TA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1	228	SC036Q02TA	0,000	K8_A45
167	SC063Q04NA	0,072	KSIZ_DEG_RAW.1				
168	SC010Q08TC	0,071	KSIZ_DEG_RAW.1				
169	SC010Q06TA	0,071	KSIZ_DEG_RAW.1				
170	SC035Q01NB	0,068	KSIZ_DEG_RAW.1				
171	SC010Q12TE	0,068	KSIZ_DEG_RAW.1				
172	SC009Q03TA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1				
173	SC010Q12TC	0,066	KSIZ_DEG_RAW.1				
174	SC035Q11NB	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1				
175	SC035Q08TA	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1				
176	SC009Q05TA	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1				
177	SC009Q10TA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1				
178	SC009Q12TA	0,062	KSIZ_DEG_RAW.1				
179	SC010Q06TC	0,061	KSIZ_DEG_RAW.1				
180	SC059Q03NA	0,059	KSIZ_DEG_RAW.1				
181	SC040Q05NA	0,057	KSIZ_DEG_RAW.1				
182	SC041Q06NA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1				
183	SC009Q08TA	0,055	KSIZ_DEG_RAW.1				
184	SC035Q07TB	0,052	KSIZ_DEG_RAW.1				
185	SC032Q04TA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1				
186	SC019Q01NA02	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 9. PISA-2015 Türkiye örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	32,517	K1_A3	63	ST034Q01TA	5,826	K8_A1
2	ST001D01T	18,004	KSIZ_DEG_RAW.1	64	ST082Q03NA	5,803	KSIZ_DEG_RAW.1
3	ST076Q10NA	15,310	KSIZ_DEG_RAW.6	65	ST103Q01NA	5,710	KSIZ_DEG_RAW.3
4	ST121Q02NA	14,597	KSIZ_DEG_RAW.1	66	ST093Q03TA	5,668	KSIZ_DEG_RAW.4
5	EMOSUPS	14,357	K10_A2	67	ST123Q01NA	5,621	KSIZ_DEG_RAW.1
6	ST013Q01TA	14,032	K1_A4	68	MISCED	5,584	K1_A3
7	ISCEDO	13,659	K1_A1	69	ICTRES	5,555	K1_A4
8	ST059Q03TA	13,638	KSIZ_DEG_RAW.2	70	ST063Q01NA	5,523	KSIZ_DEG_RAW.2
9	ST092Q02TA	13,120	KSIZ_DEG_RAW.4	71	ST146Q05TA	5,487	KSIZ_DEG_RAW.6
10	ISCEDD	12,656	K1_A1	72	ST095Q15NA	5,441	KSIZ_DEG_RAW.5
11	ST100Q01TA	12,641	K8_A2	73	ST012Q05NA	5,412	K1_A4
12	ENVOPT	12,274	KSIZ_DEG_DER	74	ST032Q02NA	5,397	KSIZ_DEG_RAW.2
13	HISCED	12,103	K1_A3	75	ST107Q01NA	5,375	KSIZ_DEG_RAW.4
14	DISCLISCI	12,078	K8_A3	76	ST095Q13NA	5,366	KSIZ_DEG_RAW.5
15	ST032Q01NA	11,985	KSIZ_DEG_RAW.2	77	ST131Q03NA	5,355	KSIZ_DEG_RAW.5
16	BELONG	11,811	K8_A1	78	IBTEACH	5,289	KSIZ_DEG_DER
17	ST060Q01NA	11,643	KSIZ_DEG_RAW.2	79	ST076Q02NA	5,204	KSIZ_DEG_RAW.6
18	GRADE	11,533	KSIZ_DEG_DER	80	ST126Q01TA	5,187	K1_A1
19	ST007Q01TA	11,466	K1_A3	81	ST094Q01NA	5,172	KSIZ_DEG_RAW.4
20	ST095Q07NA	10,394	KSIZ_DEG_RAW.5	82	ST003D02T	5,161	KSIZ_DEG_RAW.1
21	ST123Q02NA	10,007	K10_A2	83	ST071Q05NA	5,114	KSIZ_DEG_RAW.2
22	ST121Q03NA	9,829	KSIZ_DEG_RAW.1	84	ST097Q05TA	5,098	K8_A3
23	ST098Q10NA	9,660	KSIZ_DEG_RAW.3	85	ST082Q14NA	5,091	KSIZ_DEG_RAW.2
24	ST004D01T	9,617	K1_A1	86	ST097Q02TA	5,078	K8_A3
25	SMINS	9,540	KSIZ_DEG_DER	87	ESCS	4,963	K1_A4
26	ST098Q07TA	9,236	KSIZ_DEG_RAW.3	88	ST071Q04NA	4,954	KSIZ_DEG_RAW.2
27	ST082Q12NA	9,194	KSIZ_DEG_RAW.2	89	ST071Q03NA	4,954	KSIZ_DEG_RAW.2
28	FISCED	9,143	K1_A3	90	ST064Q02NA	4,952	KSIZ_DEG_RAW.3
29	ST076Q08NA	9,020	KSIZ_DEG_RAW.6	91	BMMJ1	4,908	KSIZ_DEG_DER
30	ST123Q04NA	8,971	K10_A2	92	ST061Q01NA	4,846	KSIZ_DEG_RAW.2
31	BSMJ	8,625	KSIZ_DEG_DER	93	ST125Q01NA	4,818	K1_A1
32	ST005Q01TA	8,278	K1_A3	94	ST097Q04TA	4,770	K8_A3
33	REPEAT	8,246	K1_A1	95	ST095Q08NA	4,601	KSIZ_DEG_RAW.5
34	TMINS	8,217	KSIZ_DEG_DER	96	ST093Q01TA	4,548	KSIZ_DEG_RAW.4
35	ST078Q08NA	8,023	KSIZ_DEG_RAW.6	97	ST094Q03NA	4,524	KSIZ_DEG_RAW.4
36	ST092Q04TA	7,910	KSIZ_DEG_RAW.4	98	ST038Q06NA	4,519	K8_A1
37	ST012Q07NA	7,904	K1_A4	99	ST034Q04TA	4,517	K8_A1
38	ST146Q07NA	7,797	KSIZ_DEG_RAW.6	100	ST011Q16NA	4,438	K1_A4
39	SCIEACT	7,691	KSIZ_DEG_DER	101	ST104Q03NA	4,424	K8_A2
40	BFMJ2	7,290	KSIZ_DEG_DER	102	ST062Q01TA	4,392	K8_A3
41	ST131Q06NA	7,242	KSIZ_DEG_RAW.5	103	ST094Q04NA	4,365	KSIZ_DEG_RAW.5
42	ST097Q03TA	7,107	K8_A3	104	ST098Q01TA	4,359	KSIZ_DEG_RAW.3
43	ST100Q03TA	7,079	K8_A2	105	ST034Q05TA	4,281	K8_A1
44	ST063Q02NB	7,068	KSIZ_DEG_RAW.3	106	ST092Q05TA	4,278	KSIZ_DEG_RAW.4
45	ENVAWARE	6,917	KSIZ_DEG_DER	107	ST063Q04NA	4,250	KSIZ_DEG_RAW.3
46	ST098Q06TA	6,762	KSIZ_DEG_RAW.3	108	ST098Q09TA	4,219	KSIZ_DEG_RAW.3
47	ST097Q01TA	6,624	K8_A3	109	ST093Q06TA	4,119	KSIZ_DEG_RAW.4
48	ST092Q01TA	6,572	KSIZ_DEG_RAW.4	110	ST008Q02TA	4,063	K1_A3
49	ST059Q01TA	6,423	KSIZ_DEG_RAW.2	111	ST078Q05NA	4,032	KSIZ_DEG_RAW.6
50	ST098Q02TA	6,400	KSIZ_DEG_RAW.3	112	ST131Q04NA	3,949	KSIZ_DEG_RAW.5
51	ST062Q03TA	6,385	K8_A3	113	ST063Q01NB	3,925	KSIZ_DEG_RAW.3
52	ST093Q05TA	6,365	KSIZ_DEG_RAW.4	114	ST012Q08NA	3,792	K1_A4
53	EPIST	6,226	KSIZ_DEG_DER	115	ST011Q05TA	3,784	K1_A4
54	ST146Q03TA	6,125	KSIZ_DEG_RAW.6	116	PARED	3,784	K1_A3
55	ST129Q01TA	6,121	KSIZ_DEG_RAW.5	117	ST038Q08NA	3,775	K8_A1
56	ST104Q05NA	6,093	KSIZ_DEG_RAW.4	118	PERFEED	3,746	K8_A2
57	ST011Q07TA	6,024	K1_A4	119	ST095Q04NA	3,693	KSIZ_DEG_RAW.5
58	SCIEEFF	6,002	KSIZ_DEG_DER	120	ST062Q02TA	3,649	K8_A3
59	ST071Q02NA	5,970	KSIZ_DEG_RAW.2	121	ST113Q01TA	3,646	KSIZ_DEG_RAW.5
60	ST129Q08TA	5,944	KSIZ_DEG_RAW.5	122	ST038Q04NA	3,623	K8_A1
61	ST063Q03NB	5,934	KSIZ_DEG_RAW.3	123	ST082Q08NA	3,622	KSIZ_DEG_RAW.2
62	ST082Q02NA	5,865	KSIZ_DEG_RAW.1	124	ST011Q10TA	3,618	K1_A4

Ek Tablo 9. PISA-2015 Türkiye örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST039Q02NA	3,589	KSIZ_DEG_RAW.2	187	ST092Q09NA	2,156	KSIZ_DEG_RAW.4
126	ST063Q06NA	3,557	KSIZ_DEG_RAW.3	188	ST129Q06TA	2,130	KSIZ_DEG_RAW.5
127	ST103Q08NA	3,550	KSIZ_DEG_RAW.4	189	ST071Q01NA	2,104	KSIZ_DEG_RAW.2
128	ST131Q01NA	3,507	KSIZ_DEG_RAW.5	190	ST034Q03TA	2,028	K8_A1
129	unfairteacher	3,472	KSIZ_DEG_DER	191	ST092Q08NA	2,015	KSIZ_DEG_RAW.4
130	TEACHSUP	3,423	K8_A2	192	ST107Q03NA	2,001	KSIZ_DEG_RAW.4
131	ST107Q02NA	3,390	KSIZ_DEG_RAW.4	193	ST038Q07NA	1,999	K8_A1
132	ST146Q06NA	3,390	KSIZ_DEG_RAW.6	194	CPSVALUE	1,961	KSIZ_DEG_DER
133	MOTIVAT	3,380	KSIZ_DEG_DER	195	ST146Q02TA	1,932	KSIZ_DEG_RAW.6
134	LANGN	3,339	K1_A2	196	ST011Q12TA	1,920	K1_A4
135	ST064Q01NA	3,333	KSIZ_DEG_RAW.3	197	ST127Q03TA	1,876	K1_A1
136	ST082Q01NA	3,330	KSIZ_DEG_RAW.1	198	INSTSCIE	1,865	KSIZ_DEG_DER
137	ST063Q02NA	3,273	KSIZ_DEG_RAW.3	199	ST064Q03NA	1,788	KSIZ_DEG_RAW.3
138	ST034Q06TA	3,271	K8_A1	200	ST008Q03TA	1,778	K1_A3
139	ST022Q01TA	3,191	K1_A2	201	ST098Q05TA	1,685	KSIZ_DEG_RAW.3
140	ST076Q06NA	3,144	KSIZ_DEG_RAW.6	202	CULTPOSS	1,632	K1_A4
141	COOPERATE	3,126	KSIZ_DEG_DER	203	ST103Q11NA	1,519	KSIZ_DEG_RAW.4
142	ST098Q03NA	3,082	KSIZ_DEG_RAW.3	204	ST039Q03NA	1,511	KSIZ_DEG_RAW.2
143	ST129Q05TA	3,043	KSIZ_DEG_RAW.5	205	ST006Q02TA	1,495	K1_A3
144	ST038Q05NA	3,037	K8_A1	206	ST078Q04NA	1,460	KSIZ_DEG_RAW.6
145	ST131Q11NA	3,009	KSIZ_DEG_RAW.5	207	ST093Q08NA	1,457	KSIZ_DEG_RAW.4
146	ST146Q04TA	3,001	KSIZ_DEG_RAW.6	208	ST078Q03NA	1,454	KSIZ_DEG_RAW.6
147	ST129Q02TA	2,995	KSIZ_DEG_RAW.5	209	ST012Q06NA	1,444	K1_A4
148	ST094Q05NA	2,957	KSIZ_DEG_RAW.5	210	ST104Q04NA	1,443	K8_A2
149	ST104Q02NA	2,950	K8_A2	211	ST076Q07NA	1,428	KSIZ_DEG_RAW.6
150	DURECEC	2,937	K1_A1	212	ST011Q11TA	1,338	K1_A4
151	ST129Q07TA	2,893	KSIZ_DEG_RAW.5	213	ST076Q09NA	1,319	KSIZ_DEG_RAW.6
152	INTBRSCI	2,887	KSIZ_DEG_DER	214	ST100Q02TA	1,298	K8_A2
153	ST098Q08NA	2,835	KSIZ_DEG_RAW.3	215	ST078Q01NA	1,290	KSIZ_DEG_RAW.6
154	ISCEDL	2,832	K1_A1	216	HEDRES	1,275	K1_A4
155	ST063Q03NA	2,810	KSIZ_DEG_RAW.3	217	ADINST	1,212	KSIZ_DEG_DER
156	ST146Q08NA	2,779	KSIZ_DEG_RAW.6	218	ST076Q05NA	1,154	KSIZ_DEG_RAW.6
157	LMINS	2,773	KSIZ_DEG_DER	219	TDTEACH	1,132	KSIZ_DEG_DER
158	ST093Q07NA	2,737	KSIZ_DEG_RAW.4	220	AGE	1,130	KSIZ_DEG_DER
159	ST113Q03TA	2,705	KSIZ_DEG_RAW.5	221	ST031Q01NA	1,117	KSIZ_DEG_RAW.2
160	ST076Q01NA	2,687	KSIZ_DEG_RAW.6	222	ST146Q09NA	1,091	KSIZ_DEG_RAW.6
161	ST006Q03TA	2,663	KSIZ_DEG_RAW.1	223	ST093Q04TA	1,070	KSIZ_DEG_RAW.4
162	ANXTEST	2,655	KSIZ_DEG_DER	224	ST006Q01TA	1,049	K1_A3
163	ST094Q02NA	2,600	KSIZ_DEG_RAW.4	225	ST019BQ01T	1,017	K1_A2
164	JOYSCIE	2,590	KSIZ_DEG_DER	226	ST103Q03NA	1,006	KSIZ_DEG_RAW.4
165	ST131Q08NA	2,588	KSIZ_DEG_RAW.5	227	WEALTH	0,984	K1_A4
166	HOMEPOS	2,566	K1_A4	228	ST012Q02TA	0,959	K1_A4
167	ST011Q08TA	2,563	K1_A4	229	MMINS	0,900	KSIZ_DEG_DER
168	ST078Q06NA	2,560	KSIZ_DEG_RAW.6	230	ST063Q06NB	0,894	KSIZ_DEG_RAW.3
169	ST039Q05NA	2,558	KSIZ_DEG_RAW.2	231	ST078Q02NA	0,845	KSIZ_DEG_RAW.6
170	ST113Q04TA	2,537	KSIZ_DEG_RAW.5	232	ST038Q03NA	0,802	K8_A1
171	ST034Q02TA	2,523	K8_A1	233	ST063Q04NB	0,748	KSIZ_DEG_RAW.3
172	ST092Q06NA	2,453	KSIZ_DEG_RAW.4	234	ST039Q04NA	0,721	KSIZ_DEG_RAW.2
173	ST082Q13NA	2,447	KSIZ_DEG_RAW.2	235	ST063Q05NA	0,719	KSIZ_DEG_RAW.3
174	ST146Q01TA	2,426	KSIZ_DEG_RAW.6	236	ST011Q04TA	0,714	K1_A4
175	ST076Q11NA	2,394	KSIZ_DEG_RAW.6	237	ST076Q03NA	0,684	KSIZ_DEG_RAW.6
176	ST104Q01NA	2,358	KSIZ_DEG_RAW.4	238	ST127Q02TA	0,684	K1_A1
177	ST129Q04TA	2,346	KSIZ_DEG_RAW.5	239	ST082Q09NA	0,648	KSIZ_DEG_RAW.2
178	ST039Q01NA	2,329	KSIZ_DEG_RAW.2	240	ST100Q04TA	0,625	K8_A2
179	ST063Q05NB	2,291	KSIZ_DEG_RAW.3	241	ST127Q01TA	0,585	K1_A1
180	ST129Q03TA	2,263	KSIZ_DEG_RAW.5	242	ST021Q01TA	0,548	KSIZ_DEG_RAW.1
181	ST100Q05TA	2,256	KSIZ_DEG_RAW.3	243	ST008Q01TA	0,525	K1_A3
182	ST012Q03TA	2,239	K1_A4	244	ST012Q01TA	0,446	K1_A4
183	OUTHOURS	2,214	KSIZ_DEG_DER	245	ST011Q02TA	0,405	K1_A4
184	ST113Q02TA	2,212	KSIZ_DEG_RAW.5	246	ST019AQ01T	0,379	K1_A2
185	ST039Q06NA	2,194	KSIZ_DEG_RAW.2	247	ST059Q02TA	0,353	KSIZ_DEG_RAW.2
186	ST123Q03NA	2,182	K10_A2	248	ST019CQ01T	0,304	K1_A2

Ek Tablo 9. PISA-2015 Türkiye örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST076Q04NA	0,259	KSIZ_DEG_RAW.6				
250	IMMIG	0,231	K1_A2				
251	ST078Q07NA	0,135	KSIZ_DEG_RAW.6				
252	ST011Q06TA	0	K1_A4				
253	ST011Q03TA	0	K1_A4				
254	ST011Q01TA	0	K1_A4				
255	ST011Q09TA	0	K1_A4				
256	ST012Q09NA	0	K1_A4				

Ek Tablo 10. PISA-2015 Türkiye örneklemi Okuma becerileri alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC004Q05NA	18,124	KSIZ_DEG_RAW.1	63	CREACTIV	1,054	K10_A3K11K12
2	PROSTAT	18,008	KSIZ_DEG_DER	64	SC061Q10TA	1,022	K8_A45
3	SC061Q05TA	12,895	K8_A45	65	SC012Q04TA	0,995	K10_A3K11K12
4	SC012Q01TA	12,688	K10_A3K11K12	66	SC052Q01NA	0,987	K6_A1
5	SC048Q03NA	12,413	KSIZ_DEG_RAW.1	67	SC004Q02TA	0,915	KSIZ_DEG_RAW.1
6	SC042Q01TA	11,052	K5_A0	68	SC025Q01NA	0,888	KSIZ_DEG_RAW.1
7	STAFFSHORT	9,432	K6_A1	69	SC037Q08TA	0,869	K10_A3K11K12
8	STUBEHA	8,394	K8_A45	70	SC064Q03TA	0,861	KSIZ_DEG_RAW.1
9	SC017Q04NA	8,226	K6_A1	71	SC052Q02NA	0,848	K6_A1
10	STRATIO	8,093	KSIZ_DEG_DER	72	SC053Q05NA	0,827	KSIZ_DEG_RAW.1
11	SC017Q01NA	7,453	K6_A1	73	SC053Q04TA	0,823	K10_A3K11K12
12	SC012Q06TA	7,425	K10_A3K11K12	74	SC017Q08NA	0,804	K6_A1
13	SC053Q01TA	7,176	K10_A3K11K12	75	PROSTMAS	0,790	KSIZ_DEG_DER
14	PROAT5AM	6,881	KSIZ_DEG_DER	76	SC037Q10NA	0,785	K10_A3K11K12
15	CLSIZE	5,592	K5_A0	77	SCHAUT	0,785	KSIZ_DEG_DER
16	SCIERES	5,499	KSIZ_DEG_DER	78	SC012Q02TA	0,771	K10_A3K11K12
17	SC003Q01TA	5,026	K5_A0	79	SC025Q02NA	0,759	KSIZ_DEG_RAW.1
18	EDUSHORT	4,819	K6_A1	80	LEADINST	0,724	KSIZ_DEG_DER
19	SC053Q03TA	4,683	K10_A3K11K12	81	RESPRES	0,717	KSIZ_DEG_DER
20	SC017Q03NA	4,675	K6_A1	82	SC018Q05NA01	0,714	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC061Q04TA	4,304	K8_A45	83	SC064Q02TA	0,663	KSIZ_DEG_RAW.1
22	TOTST	4,272	KSIZ_DEG_DER	84	SC061Q02TA	0,618	K8_A45
23	SC001Q01TA	4,073	K5_A0	85	SC018Q06NA01	0,609	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC061Q03TA	4,036	K8_A45	86	SC017Q07NA	0,576	K6_A1
25	SC017Q06NA	4,003	K6_A1	87	SC048Q02NA	0,569	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SCHSIZE	3,734	K5_A0	88	SC053Q02TA	0,553	K10_A3K11K12
27	SC061Q06TA	3,690	K8_A45	89	SC009Q13TA	0,536	KSIZ_DEG_RAW.1
28	SC037Q04TA	3,667	K10_A3K11K12	90	LEADTCH	0,497	KSIZ_DEG_DER
29	LEADPD	3,335	KSIZ_DEG_DER	91	TEACHPART	0,489	KSIZ_DEG_DER
30	SC017Q02NA	3,044	K6_A1	92	SC061Q09TA	0,488	K8_A45
31	W_SCHGRNRABWT	3,024	KSIZ_DEG_RAW.1	93	SC059Q06NA	0,480	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC061Q01TA	2,995	K8_A45	94	SC012Q05TA	0,465	K10_A3K11K12
33	SENWT	2,943	KSIZ_DEG_RAW.1	95	SC053Q06NA	0,461	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC059Q01NA	2,642	KSIZ_DEG_RAW.1	96	SC018Q07NA01	0,453	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC037Q02TA	2,597	K10_A3K11K12	97	SC018Q01TA01	0,436	KSIZ_DEG_RAW.1
36	PROAT6	2,519	KSIZ_DEG_DER	98	SC016Q01TA	0,425	KSIZ_DEG_RAW.1
37	TOTAT	2,416	KSIZ_DEG_DER	99	SC053Q10TA	0,390	K10_A3K11K12
38	SC036Q01TA	2,303	K8_A45	100	SC053Q09TA	0,389	K10_A3K11K12
39	SC064Q04NA	2,226	KSIZ_DEG_RAW.1	101	SC040Q11NA	0,352	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC037Q05NA	2,163	K10_A3K11K12	102	SC037Q07TA	0,339	K10_A3K11K12
41	SC061Q07TA	2,101	K8_A45	103	SC004Q04NA	0,339	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC048Q01NA	2,087	KSIZ_DEG_RAW.1	104	RESPCUR	0,335	KSIZ_DEG_DER
43	SC037Q09TA	2,059	K10_A3K11K12	105	SC035Q04TA	0,322	KSIZ_DEG_RAW.1
44	LEADCOM	1,995	KSIZ_DEG_DER	106	SC004Q06NA	0,320	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC002Q02TA	1,875	KSIZ_DEG_RAW.1	107	SC018Q02TA01	0,312	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC004Q01TA	1,773	KSIZ_DEG_RAW.1	108	SC059Q08NA	0,311	KSIZ_DEG_RAW.1
47	PROAT5AB	1,733	KSIZ_DEG_DER	109	SC004Q07NA	0,305	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC019Q01NA01	1,726	KSIZ_DEG_RAW.1	110	SC016Q03TA	0,291	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC036Q03NA	1,716	K8_A45	111	SC037Q03TA	0,288	K10_A3K11K12
50	SC042Q02TA	1,487	K5_A0	112	SC027Q04NA	0,272	KSIZ_DEG_RAW.1
51	LEAD	1,372	KSIZ_DEG_DER	113	SC053Q07TA	0,259	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC037Q01TA	1,343	K10_A3K11K12	114	SC004Q03TA	0,238	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC012Q07TA	1,277	K10_A3K11K12	115	SC019Q02NA01	0,225	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC061Q08TA	1,275	K8_A45	116	PROSTCE	0,222	KSIZ_DEG_DER
55	TEACHBEHA	1,263	K8_A45	117	SC034Q02NA	0,221	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC037Q06NA	1,250	K10_A3K11K12	118	SC010Q12TE	0,174	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC017Q05NA	1,242	K6_A1	119	SC035Q10TA	0,171	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC002Q01TA	1,218	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC018Q05NA02	0,166	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC019Q03NA01	1,214	KSIZ_DEG_RAW.1	121	SC009Q01TA	0,164	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC012Q03TA	1,169	K10_A3K11K12	122	SC059Q04NA	0,163	KSIZ_DEG_RAW.1
61	PROATCE	1,142	KSIZ_DEG_DER	123	SC010Q05TE	0,152	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC064Q01TA	1,066	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC016Q04TA	0,143	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 10. PISA-2015 Türkiye örneklemi Okuma becerileri alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC034Q01NA	0,142	KSIZ_DEG_RAW.1	187	SC035Q01NA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
126	SC016Q02TA	0,140	KSIZ_DEG_RAW.1	188	SC010Q12TC	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
127	SC041Q01NA	0,139	KSIZ_DEG_RAW.1	189	SC010Q03TE	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1
128	SC035Q04TB	0,135	KSIZ_DEG_RAW.1	190	SC010Q03TC	0,036	KSIZ_DEG_RAW.1
129	SC059Q02NA	0,134	KSIZ_DEG_RAW.1	191	SC009Q08TA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1
130	SC063Q03NA	0,130	KSIZ_DEG_RAW.1	192	SC035Q05TB	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1
131	SC040Q17NA	0,129	KSIZ_DEG_RAW.1	193	SC010Q05TA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1
132	SC040Q15NA	0,127	KSIZ_DEG_RAW.1	194	SC059Q03NA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1
133	SC010Q06TA	0,125	KSIZ_DEG_RAW.1	195	SC027Q03NA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1
134	SC035Q02TA	0,125	KSIZ_DEG_RAW.1	196	SC040Q05NA	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1
135	SC009Q06TA	0,125	KSIZ_DEG_RAW.1	197	SC010Q04TE	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1
136	SC009Q11TA	0,123	KSIZ_DEG_RAW.1	198	SC010Q06TB	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1
137	SC010Q02TD	0,117	KSIZ_DEG_RAW.1	199	SC063Q07NA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1
138	SC035Q06TB	0,117	KSIZ_DEG_RAW.1	200	SC010Q10TB	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1
139	SC010Q01TD	0,115	KSIZ_DEG_RAW.1	201	SC010Q07TE	0,024	KSIZ_DEG_RAW.1
140	SC035Q06TA	0,114	KSIZ_DEG_RAW.1	202	SC035Q08TB	0,024	KSIZ_DEG_RAW.1
141	SC014Q01NA	0,113	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC010Q09TC	0,023	KSIZ_DEG_RAW.1
142	SC009Q12TA	0,113	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC035Q09NA	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1
143	SC059Q05NA	0,112	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC010Q05TC	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1
144	SC040Q03NA	0,109	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC041Q04NA	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1
145	SC032Q01TA	0,100	KSIZ_DEG_RAW.1	207	SC019Q01NA02	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1
146	SC009Q05TA	0,096	KSIZ_DEG_RAW.1	208	SC010Q06TC	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1
147	SC035Q05TA	0,095	KSIZ_DEG_RAW.1	209	SC010Q01TE	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1
148	SC034Q04TA	0,093	KSIZ_DEG_RAW.1	210	SC010Q08TB	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1
149	SC027Q02NA	0,092	KSIZ_DEG_RAW.1	211	SC010Q12TA	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1
150	SC018Q01TA02	0,089	KSIZ_DEG_RAW.1	212	SC010Q08TE	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1
151	SC010Q08TC	0,085	KSIZ_DEG_RAW.1	213	SC019Q03NA02	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1
152	SC009Q02TA	0,085	KSIZ_DEG_RAW.1	214	SC041Q06NA	0,015	KSIZ_DEG_RAW.1
153	SC035Q03TA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1	215	SC010Q06TE	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1
154	SC009Q09TA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1	216	SC010Q01TC	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1
155	SCHLTYPE	0,083	K5_A0	217	SC035Q09NB	0,013	KSIZ_DEG_RAW.1
156	SC010Q12TB	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1	218	SC035Q01NB	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
157	SC009Q07TA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1	219	SC010Q07TC	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
158	SC035Q08TA	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1	220	SC010Q02TE	0,010	KSIZ_DEG_RAW.1
159	SC010Q10TE	0,073	KSIZ_DEG_RAW.1	221	SC063Q09NA	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
160	SC053Q08TA	0,072	KSIZ_DEG_RAW.1	222	SC010Q05TD	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
161	SC032Q04TA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1	223	SC010Q04TC	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
162	SC009Q10TA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1	224	SC010Q07TA	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
163	SC013Q01TA	0,066	K5_A0	225	SC010Q10TA	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
164	SC010Q09TE	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1	226	SC010Q11TB	0,004	KSIZ_DEG_RAW.1
165	SC009Q03TA	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1	227	SC035Q11NB	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
166	SC035Q07TB	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1	228	SC010Q11TE	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
167	SC010Q09TA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1				
168	SC035Q10TB	0,060	KSIZ_DEG_RAW.1				
169	SC041Q05NA	0,058	KSIZ_DEG_RAW.1				
170	SC041Q03NA	0,058	KSIZ_DEG_RAW.1				
171	SC059Q07NA	0,057	KSIZ_DEG_RAW.1				
172	SC040Q02NA	0,057	KSIZ_DEG_RAW.1				
173	SC040Q12NA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1				
174	SC010Q10TC	0,054	KSIZ_DEG_RAW.1				
175	SC040Q16NA	0,052	KSIZ_DEG_RAW.1				
176	SC009Q04TA	0,052	KSIZ_DEG_RAW.1				
177	SC034Q03TA	0,052	KSIZ_DEG_RAW.1				
178	SC032Q02TA	0,052	KSIZ_DEG_RAW.1				
179	SC035Q11NA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1				
180	SC035Q07TA	0,048	KSIZ_DEG_RAW.1				
181	SC010Q09TD	0,047	KSIZ_DEG_RAW.1				
182	SC035Q03TB	0,047	KSIZ_DEG_RAW.1				
183	SC036Q02TA	0,046	K8_A45				
184	SC035Q02TB	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1				
185	SC063Q04NA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
186	SC027Q01NA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 11. PISA-2015 Singapur örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	44,349	K1_A3	63	ST092Q08NA	7,883	KSIZ_DEG_RAW.4
2	ST059Q03TA	37,794	KSIZ_DEG_RAW.2	64	ST011Q07TA	7,877	K1_A4
3	ST059Q01TA	28,277	KSIZ_DEG_RAW.2	65	ST093Q01TA	7,728	KSIZ_DEG_RAW.4
4	EMOSUPS	25,728	K10_A2	66	ST076Q01NA	7,718	KSIZ_DEG_RAW.6
5	ST092Q01TA	24,090	KSIZ_DEG_RAW.4	67	ST011Q08TA	7,709	K1_A4
6	SMINS	21,936	KSIZ_DEG_DER	68	PARED	7,665	K1_A3
7	ESCS	21,688	K1_A4	69	ST011Q16NA	7,639	K1_A4
8	ST123Q04NA	20,398	K10_A2	70	SCIEEFF	7,618	KSIZ_DEG_DER
9	ST064Q01NA	19,455	KSIZ_DEG_RAW.3	71	ST061Q01NA	7,493	KSIZ_DEG_RAW.2
10	ST062Q03TA	19,325	K8_A3	72	ST082Q01NA	7,381	KSIZ_DEG_RAW.1
11	LANGN	19,174	K1_A2	73	ST093Q07NA	7,093	KSIZ_DEG_RAW.4
12	LMINS	18,511	KSIZ_DEG_DER	74	IMMIG	7,070	K1_A2
13	ST103Q01NA	17,719	KSIZ_DEG_RAW.3	75	ST098Q02TA	6,935	KSIZ_DEG_RAW.3
14	ST063Q02NA	17,597	KSIZ_DEG_RAW.3	76	CPSVALUE	6,839	KSIZ_DEG_DER
15	ST146Q03TA	17,331	KSIZ_DEG_RAW.6	77	ST076Q03NA	6,813	KSIZ_DEG_RAW.6
16	ST013Q01TA	17,233	K1_A4	78	HOMEPOS	6,727	K1_A4
17	ST092Q02TA	16,956	KSIZ_DEG_RAW.4	79	ST092Q09NA	6,720	KSIZ_DEG_RAW.4
18	HISCED	16,128	K1_A3	80	BELONG	6,630	K8_A1
19	ST131Q06NA	15,803	KSIZ_DEG_RAW.5	81	ST094Q04NA	6,487	KSIZ_DEG_RAW.5
20	DISCLISCI	15,048	K8_A3	82	ST063Q02NB	6,469	KSIZ_DEG_RAW.3
21	ST098Q05TA	15,029	KSIZ_DEG_RAW.3	83	ST129Q04TA	6,432	KSIZ_DEG_RAW.5
22	PERFEED	14,190	K8_A2	84	ST063Q05NB	6,367	KSIZ_DEG_RAW.3
23	ST034Q05TA	13,586	K8_A1	85	ST034Q02TA	6,347	K8_A1
24	TEACHSUP	13,091	K8_A2	86	ST103Q08NA	6,345	KSIZ_DEG_RAW.4
25	ST123Q01NA	12,869	KSIZ_DEG_RAW.1	87	ST113Q04TA	6,274	KSIZ_DEG_RAW.5
26	ST129Q02TA	12,837	KSIZ_DEG_RAW.5	88	BMMJ1	6,077	KSIZ_DEG_DER
27	ST071Q03NA	11,948	KSIZ_DEG_RAW.2	89	ST093Q06TA	6,031	KSIZ_DEG_RAW.4
28	ST129Q05TA	11,178	KSIZ_DEG_RAW.5	90	ST082Q08NA	5,961	KSIZ_DEG_RAW.2
29	ST094Q02NA	11,159	KSIZ_DEG_RAW.4	91	DURECEC	5,873	K1_A1
30	ST129Q08TA	11,049	KSIZ_DEG_RAW.5	92	ST097Q01TA	5,848	K8_A3
31	ST092Q05TA	10,898	KSIZ_DEG_RAW.4	93	ST097Q04TA	5,783	K8_A3
32	ST095Q04NA	10,812	KSIZ_DEG_RAW.5	94	unfairteacher	5,780	KSIZ_DEG_DER
33	ENVOPT	10,744	KSIZ_DEG_DER	95	ST103Q03NA	5,757	KSIZ_DEG_RAW.4
34	ST121Q02NA	10,565	KSIZ_DEG_RAW.1	96	ST012Q01TA	5,718	K1_A4
35	ST121Q03NA	10,515	KSIZ_DEG_RAW.1	97	ST100Q01TA	5,707	K8_A2
36	ST001D01T	10,440	KSIZ_DEG_RAW.1	98	BSMJ	5,697	KSIZ_DEG_DER
37	ST034Q06TA	10,099	K8_A1	99	ST098Q08NA	5,550	KSIZ_DEG_RAW.3
38	ST092Q04TA	10,095	KSIZ_DEG_RAW.4	100	ST131Q04NA	5,490	KSIZ_DEG_RAW.5
39	ST082Q13NA	9,934	KSIZ_DEG_RAW.2	101	ST060Q01NA	5,329	KSIZ_DEG_RAW.2
40	EPIST	9,884	KSIZ_DEG_DER	102	ST007Q01TA	5,287	K1_A3
41	ST082Q12NA	9,808	KSIZ_DEG_RAW.2	103	ST012Q07NA	5,284	K1_A4
42	ST146Q05TA	9,581	KSIZ_DEG_RAW.6	104	ST082Q09NA	5,245	KSIZ_DEG_RAW.2
43	ST095Q13NA	9,556	KSIZ_DEG_RAW.5	105	ST011Q04TA	5,234	K1_A4
44	ST039Q02NA	9,551	KSIZ_DEG_RAW.2	106	ST113Q02TA	5,198	KSIZ_DEG_RAW.5
45	ST038Q08NA	9,502	K8_A1	107	ST063Q01NB	5,155	KSIZ_DEG_RAW.3
46	ST076Q11NA	9,473	KSIZ_DEG_RAW.6	108	ST064Q03NA	5,079	KSIZ_DEG_RAW.3
47	ENVAWARE	9,429	KSIZ_DEG_DER	109	ST008Q03TA	4,877	K1_A3
48	ST125Q01NA	9,043	K1_A1	110	ST097Q02TA	4,855	K8_A3
49	ST019CQ01T	8,946	K1_A2	111	ST093Q04TA	4,838	KSIZ_DEG_RAW.4
50	ST031Q01NA	8,877	KSIZ_DEG_RAW.2	112	TMINS	4,796	KSIZ_DEG_DER
51	ST022Q01TA	8,751	K1_A2	113	ST063Q06NA	4,760	KSIZ_DEG_RAW.3
52	BFMJ2	8,716	KSIZ_DEG_DER	114	REPEAT	4,746	K1_A1
53	ST071Q01NA	8,674	KSIZ_DEG_RAW.2	115	ICTRES	4,728	K1_A4
54	ST076Q09NA	8,651	KSIZ_DEG_RAW.6	116	ST129Q07TA	4,724	KSIZ_DEG_RAW.5
55	ST104Q05NA	8,579	KSIZ_DEG_RAW.4	117	ST093Q03TA	4,723	KSIZ_DEG_RAW.4
56	FISCED	8,548	K1_A3	118	ST098Q10NA	4,710	KSIZ_DEG_RAW.3
57	ST100Q02TA	8,376	K8_A2	119	SCIEACT	4,679	KSIZ_DEG_DER
58	ST008Q02TA	8,337	K1_A3	120	MMINS	4,677	KSIZ_DEG_DER
59	ST107Q01NA	8,330	KSIZ_DEG_RAW.4	121	ST032Q01NA	4,657	KSIZ_DEG_RAW.2
60	ST107Q02NA	8,294	KSIZ_DEG_RAW.4	122	ST104Q03NA	4,466	K8_A2
61	JOYSCIE	8,263	KSIZ_DEG_DER	123	ST098Q06TA	4,461	KSIZ_DEG_RAW.3
62	ST076Q10NA	8,060	KSIZ_DEG_RAW.6	124	ST063Q03NA	4,412	KSIZ_DEG_RAW.3

Ek Tablo 11. PISA-2015 Singapur örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST034Q04TA	4,384	K8_A1	187	ST019BQ01T	2,929	K1_A2
126	ST039Q04NA	4,339	KSIZ_DEG_RAW.2	188	ST003D02T	2,919	KSIZ_DEG_RAW.1
127	ST146Q04TA	4,329	KSIZ_DEG_RAW.6	189	ST063Q01NA	2,868	KSIZ_DEG_RAW.2
128	ANXTEST	4,228	KSIZ_DEG_DER	190	ST034Q01TA	2,866	K8_A1
129	CULTPOSS	4,157	K1_A4	191	ADINST	2,821	KSIZ_DEG_DER
130	ST100Q04TA	4,157	K8_A2	192	ST006Q01TA	2,810	K1_A3
131	ST123Q03NA	4,136	K10_A2	193	ST038Q04NA	2,700	K8_A1
132	ST006Q02TA	4,118	K1_A3	194	ST113Q01TA	2,673	KSIZ_DEG_RAW.5
133	ST063Q05NA	4,111	KSIZ_DEG_RAW.3	195	INTBRSCI	2,648	KSIZ_DEG_DER
134	TDTEACH	4,097	KSIZ_DEG_DER	196	ST062Q01TA	2,629	K8_A3
135	ST107Q03NA	4,076	KSIZ_DEG_RAW.4	197	ST127Q01TA	2,617	K1_A1
136	ST131Q03NA	4,041	KSIZ_DEG_RAW.5	198	ST078Q08NA	2,567	KSIZ_DEG_RAW.6
137	ST093Q08NA	4,039	KSIZ_DEG_RAW.4	199	ST004D01T	2,559	K1_A1
138	ST093Q05TA	4,025	KSIZ_DEG_RAW.4	200	ST129Q03TA	2,544	KSIZ_DEG_RAW.5
139	ST104Q04NA	3,999	K8_A2	201	ST071Q05NA	2,471	KSIZ_DEG_RAW.2
140	ST098Q07TA	3,993	KSIZ_DEG_RAW.3	202	ST012Q09NA	2,466	K1_A4
141	IBTEACH	3,976	KSIZ_DEG_DER	203	ST011Q02TA	2,350	K1_A4
142	ST123Q02NA	3,953	K10_A2	204	ST082Q02NA	2,322	KSIZ_DEG_RAW.1
143	ST103Q11NA	3,881	KSIZ_DEG_RAW.4	205	ST146Q09NA	2,301	KSIZ_DEG_RAW.6
144	ST078Q02NA	3,857	KSIZ_DEG_RAW.6	206	ST063Q06NB	2,291	KSIZ_DEG_RAW.3
145	GRADE	3,831	KSIZ_DEG_DER	207	ST011Q05TA	2,184	K1_A4
146	ST097Q05TA	3,827	K8_A3	208	ST021Q01TA	2,179	KSIZ_DEG_RAW.1
147	HEDRES	3,764	K1_A4	209	ST146Q01TA	2,170	KSIZ_DEG_RAW.6
148	ST126Q01TA	3,738	K1_A1	210	ST032Q02NA	2,147	KSIZ_DEG_RAW.2
149	INSTSCIE	3,727	KSIZ_DEG_DER	211	ST038Q07NA	2,136	K8_A1
150	ST094Q03NA	3,725	KSIZ_DEG_RAW.4	212	ST011Q12TA	2,136	K1_A4
151	ST071Q04NA	3,722	KSIZ_DEG_RAW.2	213	ST064Q02NA	2,076	KSIZ_DEG_RAW.3
152	ST146Q06NA	3,685	KSIZ_DEG_RAW.6	214	ST082Q03NA	2,059	KSIZ_DEG_RAW.1
153	ST098Q03NA	3,673	KSIZ_DEG_RAW.3	215	OUTHOURS	2,037	KSIZ_DEG_DER
154	ST131Q01NA	3,662	KSIZ_DEG_RAW.5	216	ST038Q06NA	1,990	K8_A1
155	ST038Q03NA	3,637	K8_A1	217	ST129Q06TA	1,939	KSIZ_DEG_RAW.5
156	ST005Q01TA	3,585	K1_A3	218	ST098Q09TA	1,907	KSIZ_DEG_RAW.3
157	ST129Q01TA	3,550	KSIZ_DEG_RAW.5	219	ST092Q06NA	1,892	KSIZ_DEG_RAW.4
158	MISCED	3,547	K1_A3	220	ST039Q06NA	1,881	KSIZ_DEG_RAW.2
159	ST078Q01NA	3,508	KSIZ_DEG_RAW.6	221	COOPERATE	1,823	KSIZ_DEG_DER
160	ST039Q01NA	3,501	KSIZ_DEG_RAW.2	222	ST076Q06NA	1,801	KSIZ_DEG_RAW.6
161	ST062Q02TA	3,411	K8_A3	223	ST011Q10TA	1,784	K1_A4
162	ST078Q04NA	3,401	KSIZ_DEG_RAW.6	224	ISCEDL	1,766	K1_A1
163	ST113Q03TA	3,386	KSIZ_DEG_RAW.5	225	ST100Q05TA	1,736	KSIZ_DEG_RAW.3
164	ST071Q02NA	3,372	KSIZ_DEG_RAW.2	226	ST076Q02NA	1,593	KSIZ_DEG_RAW.6
165	ST076Q07NA	3,324	KSIZ_DEG_RAW.6	227	ST094Q01NA	1,503	KSIZ_DEG_RAW.4
166	ST012Q05NA	3,318	K1_A4	228	ST095Q08NA	1,436	KSIZ_DEG_RAW.5
167	ST059Q02TA	3,312	KSIZ_DEG_RAW.2	229	ST146Q07NA	1,434	KSIZ_DEG_RAW.6
168	ST094Q05NA	3,305	KSIZ_DEG_RAW.5	230	ST131Q11NA	1,366	KSIZ_DEG_RAW.5
169	ST104Q02NA	3,303	K8_A2	231	ST076Q08NA	1,356	KSIZ_DEG_RAW.6
170	ST034Q03TA	3,301	K8_A1	232	ST098Q01TA	1,355	KSIZ_DEG_RAW.3
171	ST008Q01TA	3,285	K1_A3	233	ST063Q03NB	1,279	KSIZ_DEG_RAW.3
172	ST131Q08NA	3,261	KSIZ_DEG_RAW.5	234	ST019AQ01T	1,272	K1_A2
173	ST038Q05NA	3,241	K8_A1	235	ST011Q06TA	1,110	K1_A4
174	ST082Q14NA	3,198	KSIZ_DEG_RAW.2	236	ST006Q03TA	1,043	KSIZ_DEG_RAW.1
175	ST100Q03TA	3,158	K8_A2	237	ST146Q08NA	1,039	KSIZ_DEG_RAW.6
176	ST104Q01NA	3,143	KSIZ_DEG_RAW.4	238	ST012Q08NA	1,035	K1_A4
177	ST039Q03NA	3,124	KSIZ_DEG_RAW.2	239	ST012Q03TA	0,924	K1_A4
178	MOTIVAT	3,107	KSIZ_DEG_DER	240	AGE	0,835	KSIZ_DEG_DER
179	WEALTH	3,078	K1_A4	241	ST127Q02TA	0,519	K1_A1
180	ST078Q07NA	3,047	KSIZ_DEG_RAW.6	242	ST012Q02TA	0,510	K1_A4
181	ST095Q15NA	3,004	KSIZ_DEG_RAW.5	243	ST011Q01TA	0,471	K1_A4
182	ST039Q05NA	3,001	KSIZ_DEG_RAW.2	244	ST127Q03TA	0,449	K1_A1
183	ST097Q03TA	3,000	K8_A3	245	ST078Q03NA	0,436	KSIZ_DEG_RAW.6
184	ST095Q07NA	2,995	KSIZ_DEG_RAW.5	246	ST076Q04NA	0,373	KSIZ_DEG_RAW.6
185	ST076Q05NA	2,981	KSIZ_DEG_RAW.6	247	ST146Q02TA	0,363	KSIZ_DEG_RAW.6
186	ST012Q06NA	2,932	K1_A4	248	ST011Q09TA	0,275	K1_A4

Ek Tablo 11. PISA-2015 Singapur örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST011Q03TA	0,108	K1_A4				
250	ST011Q11TA	0,076	K1_A4				
251	ST078Q06NA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.6				
252	ST078Q05NA	0	KSIZ_DEG_RAW.6				

Ek Tablo 12. PISA-2015 Singapur örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SCHSIZE	27,671	K5_A0	63	SC048Q01NA	0,655	KSIZ_DEG_RAW.1
2	SC012Q06TA	21,800	K10_A3K11K12	64	SC016Q03TA	0,645	KSIZ_DEG_RAW.1
3	TOTAT	20,138	KSIZ_DEG_DER	65	SC010Q01TC	0,506	KSIZ_DEG_RAW.1
4	SC048Q03NA	17,351	KSIZ_DEG_RAW.1	66	PROAT5AB	0,502	KSIZ_DEG_DER
5	TOTST	11,756	KSIZ_DEG_DER	67	SC004Q05NA	0,485	KSIZ_DEG_RAW.1
6	SC013Q01TA	8,353	K5_A0	68	SC064Q04NA	0,466	KSIZ_DEG_RAW.1
7	STRATIO	7,722	KSIZ_DEG_DER	69	LEADCOM	0,453	KSIZ_DEG_DER
8	SC004Q01TA	7,542	KSIZ_DEG_RAW.1	70	SC052Q02NA	0,446	K6_A1
9	SC037Q10NA	6,880	K10_A3K11K12	71	SC064Q01TA	0,440	KSIZ_DEG_RAW.1
10	SC053Q02TA	6,580	K10_A3K11K12	72	SC035Q05TB	0,433	KSIZ_DEG_RAW.1
11	SCHLTYPE	6,161	K5_A0	73	SC017Q08NA	0,389	K6_A1
12	SC012Q02TA	5,867	K10_A3K11K12	74	SC035Q04TA	0,388	KSIZ_DEG_RAW.1
13	SC061Q02TA	5,484	K8_A45	75	SC018Q05NA01	0,388	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC002Q02TA	5,408	KSIZ_DEG_RAW.1	76	SC037Q03TA	0,378	K10_A3K11K12
15	SC018Q06NA01	5,079	KSIZ_DEG_RAW.1	77	RESPCUR	0,370	KSIZ_DEG_DER
16	SC061Q01TA	4,955	K8_A45	78	SC010Q10TE	0,370	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC012Q05TA	4,830	K10_A3K11K12	79	SC019Q01NA02	0,365	KSIZ_DEG_RAW.1
18	STUBEHA	4,447	K8_A45	80	SC053Q07TA	0,335	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC036Q01TA	4,134	K8_A45	81	SC034Q04TA	0,330	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC061Q10TA	3,803	K8_A45	82	STAFFSHORT	0,328	K6_A1
21	SC042Q02TA	3,680	K5_A0	83	SC064Q02TA	0,327	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC012Q03TA	3,544	K10_A3K11K12	84	SC004Q04NA	0,318	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SCHAUT	3,402	KSIZ_DEG_DER	85	SC016Q01TA	0,310	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC003Q01TA	3,082	K5_A0	86	SC010Q10TB	0,301	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC019Q01NA01	2,984	KSIZ_DEG_RAW.1	87	EDUSHORT	0,288	K6_A1
26	SC042Q01TA	2,945	K5_A0	88	SC017Q02NA	0,277	K6_A1
27	SC019Q03NA01	2,526	KSIZ_DEG_RAW.1	89	LEADPD	0,277	KSIZ_DEG_DER
28	SC061Q09TA	2,461	K8_A45	90	SC040Q17NA	0,272	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC037Q01TA	2,353	K10_A3K11K12	91	SC010Q05TC	0,263	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SC061Q03TA	2,177	K8_A45	92	SC063Q04NA	0,262	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC018Q01TA01	2,148	KSIZ_DEG_RAW.1	93	LEAD	0,253	KSIZ_DEG_DER
32	CLSIZE	2,095	K5_A0	94	SC048Q02NA	0,252	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC036Q03NA	2,070	K8_A45	95	SC018Q07NA01	0,252	KSIZ_DEG_RAW.1
34	PROSTAT	2,023	KSIZ_DEG_DER	96	SC063Q09NA	0,249	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC018Q01TA02	1,992	KSIZ_DEG_RAW.1	97	SC017Q03NA	0,237	K6_A1
36	CREACTIV	1,984	K10_A3K11K12	98	SC025Q01NA	0,224	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC061Q08TA	1,835	K8_A45	99	PROSTMAS	0,223	KSIZ_DEG_DER
38	SC037Q08TA	1,772	K10_A3K11K12	100	SC009Q11TA	0,221	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SCIERES	1,699	KSIZ_DEG_DER	101	SC009Q13TA	0,220	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC037Q07TA	1,591	K10_A3K11K12	102	SC017Q05NA	0,213	K6_A1
41	SC037Q06NA	1,545	K10_A3K11K12	103	SC016Q02TA	0,211	KSIZ_DEG_RAW.1
42	RESPRES	1,511	KSIZ_DEG_DER	104	SC019Q03NA02	0,208	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC002Q01TA	1,492	KSIZ_DEG_RAW.1	105	SC059Q08NA	0,208	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC018Q05NA02	1,379	KSIZ_DEG_RAW.1	106	SC010Q05TA	0,201	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC012Q07TA	1,358	K10_A3K11K12	107	SC064Q03TA	0,200	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC037Q09TA	1,308	K10_A3K11K12	108	SC016Q04TA	0,197	KSIZ_DEG_RAW.1
47	PROATCE	1,237	KSIZ_DEG_DER	109	SC009Q08TA	0,184	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC061Q04TA	1,187	K8_A45	110	SC053Q05NA	0,184	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC061Q07TA	1,099	K8_A45	111	SC034Q01NA	0,178	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC004Q06NA	1,078	KSIZ_DEG_RAW.1	112	SC025Q02NA	0,177	KSIZ_DEG_RAW.1
51	TEACHBEHA	1,033	K8_A45	113	LEADINST	0,160	KSIZ_DEG_DER
52	SC018Q02TA01	1,024	KSIZ_DEG_RAW.1	114	PROSTCE	0,151	KSIZ_DEG_DER
53	SC017Q01NA	1,000	K6_A1	115	SC009Q02TA	0,148	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC061Q06TA	0,945	K8_A45	116	SC059Q03NA	0,143	KSIZ_DEG_RAW.1
55	PROAT5AM	0,901	KSIZ_DEG_DER	117	SC059Q02NA	0,138	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC004Q07NA	0,855	KSIZ_DEG_RAW.1	118	SC009Q09TA	0,138	KSIZ_DEG_RAW.1
57	TEACHPART	0,842	KSIZ_DEG_DER	119	SC009Q07TA	0,134	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC019Q02NA01	0,816	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC004Q02TA	0,133	KSIZ_DEG_RAW.1
59	PROAT6	0,801	KSIZ_DEG_DER	121	SC010Q08TB	0,130	KSIZ_DEG_RAW.1
60	LEADTCH	0,717	KSIZ_DEG_DER	122	SC034Q03TA	0,125	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC061Q05TA	0,705	K8_A45	123	SC009Q04TA	0,124	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC010Q11TB	0,662	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC009Q03TA	0,116	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 12. PISA-2015 Singapur örneklemi Fen okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC017Q07NA	0,113	K6_A1	187	SC035Q08TA	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
126	SC004Q03TA	0,108	KSIZ_DEG_RAW.1	188	SC010Q07TE	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
127	SC010Q06TA	0,106	KSIZ_DEG_RAW.1	189	SC010Q03TE	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
128	SC063Q07NA	0,104	KSIZ_DEG_RAW.1	190	SC035Q11NA	0,011	KSIZ_DEG_RAW.1
129	SC010Q07TA	0,100	KSIZ_DEG_RAW.1	191	SC010Q05TE	0,010	KSIZ_DEG_RAW.1
130	SC010Q09TC	0,100	KSIZ_DEG_RAW.1	192	SC040Q12NA	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
131	W_SCHGRNRABWT	0,095	KSIZ_DEG_RAW.1	193	SC040Q05NA	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
132	SC014Q01NA	0,095	KSIZ_DEG_RAW.1	194	SC041Q05NA	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
133	SC059Q07NA	0,088	KSIZ_DEG_RAW.1	195	SC041Q04NA	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
134	SC010Q12TE	0,087	KSIZ_DEG_RAW.1	196	SC027Q04NA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
135	SC059Q04NA	0,086	KSIZ_DEG_RAW.1	197	SC063Q03NA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
136	SC009Q10TA	0,086	KSIZ_DEG_RAW.1	198	SC041Q01NA	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
137	SC035Q07TB	0,083	KSIZ_DEG_RAW.1	199	SC010Q06TE	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
138	SC010Q11TE	0,078	KSIZ_DEG_RAW.1	200	SC035Q06TA	0,004	KSIZ_DEG_RAW.1
139	SC009Q06TA	0,076	KSIZ_DEG_RAW.1	201	SC035Q02TB	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
140	SC035Q11NB	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1	202	SC027Q03NA	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
141	SC035Q06TB	0,072	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC052Q01NA	0,002	K6_A1
142	SC035Q03TB	0,071	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC059Q05NA	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
143	SC010Q02TE	0,066	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC041Q03NA	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
144	SC010Q03TC	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC040Q15NA	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
145	SC009Q12TA	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1	207	SC035Q09NB	0,000	KSIZ_DEG_RAW.1
146	SC053Q08TA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1	208	SC037Q04TA	0,000	K10_A3K11K12
147	SC036Q02TA	0,063	K8_A45	209	SC037Q02TA	0,000	K10_A3K11K12
148	SC010Q09TE	0,062	KSIZ_DEG_RAW.1	210	SC037Q05NA	0,000	K10_A3K11K12
149	SC010Q12TB	0,062	KSIZ_DEG_RAW.1	211	SC012Q01TA	0,000	K10_A3K11K12
150	SC009Q05TA	0,058	KSIZ_DEG_RAW.1	212	SC012Q04TA	0,000	K10_A3K11K12
151	SC010Q12TA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1	213	SC053Q01TA	0,000	K10_A3K11K12
152	SC035Q07TA	0,054	KSIZ_DEG_RAW.1	214	SC053Q03TA	0,000	K10_A3K11K12
153	SC010Q04TE	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1	215	SC053Q09TA	0,000	K10_A3K11K12
154	SENWT	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1	216	SC032Q01TA	0,000	KSIZ_DEG_RAW.1
155	SC017Q04NA	0,052	K6_A1	217	SC035Q04TB	0,000	KSIZ_DEG_RAW.1
156	SC035Q09NA	0,049	KSIZ_DEG_RAW.1	218	SC035Q08TB	0,000	KSIZ_DEG_RAW.1
157	SC010Q07TC	0,048	KSIZ_DEG_RAW.1				
158	SC035Q01NA	0,047	KSIZ_DEG_RAW.1				
159	SC040Q11NA	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1				
160	SC034Q02NA	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1				
161	SC035Q10TA	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1				
162	SC010Q01TE	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
163	SC040Q16NA	0,039	KSIZ_DEG_RAW.1				
164	SC010Q08TE	0,039	KSIZ_DEG_RAW.1				
165	SC010Q10TA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
166	SC009Q01TA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
167	SC010Q09TA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
168	SC035Q03TA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1				
169	SC041Q06NA	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1				
170	SC040Q03NA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
171	SC027Q02NA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1				
172	SC035Q02TA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1				
173	SC035Q05TA	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1				
174	SC010Q12TC	0,028	KSIZ_DEG_RAW.1				
175	SC010Q10TC	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1				
176	SC010Q04TC	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
177	SC059Q01NA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
178	SC035Q10TB	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
179	SC032Q04TA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
180	SC010Q08TC	0,024	KSIZ_DEG_RAW.1				
181	SC017Q06NA	0,022	K6_A1				
182	SC010Q06TC	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1				
183	SC032Q02TA	0,020	KSIZ_DEG_RAW.1				
184	SC040Q02NA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1				
185	SC010Q06TB	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1				
186	SC053Q06NA	0,013	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 13. PISA-2015 Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	EMOSUPS	49,356	K10_A2	63	ST063Q05NB	6,597	KSIZ_DEG_RAW.3
2	ESCS	37,503	K1_A3	64	ST031Q01NA	6,558	KSIZ_DEG_RAW.2
3	ST123Q04NA	27,467	K10_A2	65	ST011Q16NA	6,520	K1_A4
4	SMINS	26,379	KSIZ_DEG_DER	66	ST078Q02NA	6,494	KSIZ_DEG_RAW.6
5	ST059Q03TA	24,625	KSIZ_DEG_RAW.2	67	ST019CQ01T	6,363	K1_A2
6	ST092Q01TA	22,764	KSIZ_DEG_RAW.4	68	ST071Q01NA	6,265	KSIZ_DEG_RAW.2
7	LMINS	21,680	KSIZ_DEG_DER	69	ST008Q02TA	6,258	K1_A3
8	ESCS	19,318	K1_A4	70	ST104Q04NA	6,254	K8_A2
9	ST146Q03TA	19,304	KSIZ_DEG_RAW.6	71	BMMJ1	6,113	KSIZ_DEG_DER
10	LANGN	17,972	K1_A2	72	ST082Q01NA	6,095	KSIZ_DEG_RAW.1
11	PERFEED	17,390	K8_A2	73	ST034Q04TA	6,063	K8_A1
12	ST059Q01TA	17,276	KSIZ_DEG_RAW.2	74	ST021Q01TA	5,969	KSIZ_DEG_RAW.1
13	ST062Q03TA	17,119	K8_A3	75	ST093Q01TA	5,945	KSIZ_DEG_RAW.4
14	ST064Q01NA	14,993	KSIZ_DEG_RAW.3	76	ST093Q07NA	5,923	KSIZ_DEG_RAW.4
15	ST103Q01NA	14,167	KSIZ_DEG_RAW.3	77	ST098Q08NA	5,855	KSIZ_DEG_RAW.3
16	ST063Q02NA	13,811	KSIZ_DEG_RAW.3	78	ST076Q11NA	5,842	KSIZ_DEG_RAW.6
17	TEACHSUP	13,659	K8_A2	79	ST008Q03TA	5,823	K1_A3
18	ST092Q02TA	13,591	KSIZ_DEG_RAW.4	80	ST129Q04TA	5,754	KSIZ_DEG_RAW.5
19	ST123Q01NA	13,270	KSIZ_DEG_RAW.1	81	ST039Q02NA	5,725	KSIZ_DEG_RAW.2
20	ST098Q05TA	13,028	KSIZ_DEG_RAW.3	82	ST034Q02TA	5,677	K8_A1
21	ST121Q02NA	12,890	KSIZ_DEG_RAW.1	83	ST063Q02NB	5,662	KSIZ_DEG_RAW.3
22	ST123Q03NA	12,594	K10_A2	84	ST003D02T	5,563	KSIZ_DEG_RAW.1
23	ST013Q01TA	12,140	K1_A4	85	ST095Q13NA	5,536	KSIZ_DEG_RAW.5
24	HISCED	11,938	K1_A3	86	BELONG	5,440	K8_A1
25	ST131Q06NA	11,933	KSIZ_DEG_RAW.5	87	ST129Q03TA	5,407	KSIZ_DEG_RAW.5
26	ST146Q05TA	11,838	KSIZ_DEG_RAW.6	88	ST007Q01TA	5,350	K1_A3
27	DISCLISCI	11,063	K8_A3	89	ENVOPT	5,347	KSIZ_DEG_DER
28	ST034Q05TA	10,968	K8_A1	90	ST082Q13NA	5,261	KSIZ_DEG_RAW.2
29	ST129Q02TA	10,864	KSIZ_DEG_RAW.5	91	ST022Q01TA	5,200	K1_A2
30	ST076Q01NA	10,636	KSIZ_DEG_RAW.6	92	ANXTEST	5,197	KSIZ_DEG_DER
31	ST001D01T	10,374	KSIZ_DEG_RAW.1	93	ST011Q07TA	5,183	K1_A4
32	ST092Q08NA	10,285	KSIZ_DEG_RAW.4	94	DURECEC	5,164	K1_A1
33	ST129Q08TA	10,239	KSIZ_DEG_RAW.5	95	BSMJ	5,155	KSIZ_DEG_DER
34	ST104Q05NA	10,162	KSIZ_DEG_RAW.4	96	ST061Q01NA	4,970	KSIZ_DEG_RAW.2
35	BFMJ2	10,072	KSIZ_DEG_DER	97	ST094Q04NA	4,903	KSIZ_DEG_RAW.5
36	ST125Q01NA	9,849	K1_A1	98	ST113Q02TA	4,893	KSIZ_DEG_RAW.5
37	ST121Q03NA	9,839	KSIZ_DEG_RAW.1	99	ST011Q08TA	4,891	K1_A4
38	FISCED	9,164	K1_A3	100	ST076Q06NA	4,863	KSIZ_DEG_RAW.6
39	ST034Q06TA	8,989	K8_A1	101	ST078Q07NA	4,822	KSIZ_DEG_RAW.6
40	IMMIG	8,553	K1_A2	102	ST103Q08NA	4,813	KSIZ_DEG_RAW.4
41	PARED	8,461	K1_A3	103	ST098Q07TA	4,799	KSIZ_DEG_RAW.3
42	ST095Q04NA	8,220	KSIZ_DEG_RAW.5	104	ST107Q03NA	4,742	KSIZ_DEG_RAW.4
43	ST123Q02NA	8,202	K10_A2	105	TMINS	4,726	KSIZ_DEG_DER
44	ST107Q02NA	8,169	KSIZ_DEG_RAW.4	106	CPSVALUE	4,717	KSIZ_DEG_DER
45	ST092Q04TA	8,084	KSIZ_DEG_RAW.4	107	GRADE	4,696	KSIZ_DEG_DER
46	ST100Q04TA	8,080	K8_A2	108	ST078Q04NA	4,667	KSIZ_DEG_RAW.6
47	ST104Q02NA	7,868	K8_A2	109	ST100Q02TA	4,641	K8_A2
48	ST092Q05TA	7,764	KSIZ_DEG_RAW.4	110	SCIEEFF	4,634	KSIZ_DEG_DER
49	ENVAWARE	7,454	KSIZ_DEG_DER	111	ST093Q06TA	4,610	KSIZ_DEG_RAW.4
50	HEDRES	7,380	K1_A4	112	ST093Q08NA	4,577	KSIZ_DEG_RAW.4
51	ST107Q01NA	7,351	KSIZ_DEG_RAW.4	113	ST082Q12NA	4,551	KSIZ_DEG_RAW.2
52	ST094Q02NA	7,336	KSIZ_DEG_RAW.4	114	ST064Q03NA	4,523	KSIZ_DEG_RAW.3
53	ST098Q02TA	7,321	KSIZ_DEG_RAW.3	115	ST113Q04TA	4,516	KSIZ_DEG_RAW.5
54	ST129Q05TA	7,261	KSIZ_DEG_RAW.5	116	ST063Q06NA	4,479	KSIZ_DEG_RAW.3
55	ST038Q08NA	7,167	K8_A1	117	ST097Q01TA	4,476	K8_A3
56	ST063Q01NB	7,111	KSIZ_DEG_RAW.3	118	ST097Q02TA	4,463	K8_A3
57	unfairteacher	7,086	KSIZ_DEG_DER	119	ST063Q01NA	4,433	KSIZ_DEG_RAW.2
58	EPIST	7,056	KSIZ_DEG_DER	120	ST076Q03NA	4,424	KSIZ_DEG_RAW.6
59	ST076Q09NA	6,930	KSIZ_DEG_RAW.6	121	ST129Q01TA	4,408	KSIZ_DEG_RAW.5
60	HOMEPOS	6,864	K1_A4	122	ST146Q08NA	4,351	KSIZ_DEG_RAW.6
61	ST071Q03NA	6,719	KSIZ_DEG_RAW.2	123	ST097Q04TA	4,308	K8_A3
62	ST076Q10NA	6,643	KSIZ_DEG_RAW.6	124	ST098Q10NA	4,275	KSIZ_DEG_RAW.3

Ek Tablo 13. PISA-2015 Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST012Q07NA	4,253	K1_A4	187	ST063Q06NB	2,595	KSIZ_DEG_RAW.3
126	ST146Q04TA	4,213	KSIZ_DEG_RAW.6	188	ST098Q01TA	2,581	KSIZ_DEG_RAW.3
127	ST146Q06NA	4,205	KSIZ_DEG_RAW.6	189	ST078Q08NA	2,497	KSIZ_DEG_RAW.6
128	ST063Q05NA	4,205	KSIZ_DEG_RAW.3	190	SCIEACT	2,492	KSIZ_DEG_DER
129	ST062Q01TA	4,182	K8_A3	191	ST008Q01TA	2,376	K1_A3
130	ST060Q01NA	4,158	KSIZ_DEG_RAW.2	192	ST038Q04NA	2,336	K8_A1
131	ST005Q01TA	4,157	K1_A3	193	ST062Q02TA	2,333	K8_A3
132	MISCED	4,073	K1_A3	194	ST012Q09NA	2,271	K1_A4
133	REPEAT	4,049	K1_A1	195	AGE	2,236	KSIZ_DEG_DER
134	ST038Q03NA	4,024	K8_A1	196	MMINS	2,235	KSIZ_DEG_DER
135	ST098Q03NA	3,996	KSIZ_DEG_RAW.3	197	ST064Q02NA	2,231	KSIZ_DEG_RAW.3
136	ST131Q01NA	3,989	KSIZ_DEG_RAW.5	198	ST082Q09NA	2,218	KSIZ_DEG_RAW.2
137	ST100Q01TA	3,982	K8_A2	199	ST076Q05NA	2,200	KSIZ_DEG_RAW.6
138	ST146Q09NA	3,972	KSIZ_DEG_RAW.6	200	ST039Q03NA	2,193	KSIZ_DEG_RAW.2
139	TDTEACH	3,909	KSIZ_DEG_DER	201	ST127Q01TA	2,138	K1_A1
140	ST078Q01NA	3,860	KSIZ_DEG_RAW.6	202	ST093Q03TA	2,075	KSIZ_DEG_RAW.4
141	ST104Q03NA	3,839	K8_A2	203	ST071Q04NA	2,038	KSIZ_DEG_RAW.2
142	ST097Q05TA	3,764	K8_A3	204	ST095Q07NA	1,970	KSIZ_DEG_RAW.5
143	ST126Q01TA	3,740	K1_A1	205	ST094Q05NA	1,968	KSIZ_DEG_RAW.5
144	ST100Q03TA	3,718	K8_A2	206	ST078Q06NA	1,959	KSIZ_DEG_RAW.6
145	ST082Q08NA	3,635	KSIZ_DEG_RAW.2	207	ST094Q03NA	1,948	KSIZ_DEG_RAW.4
146	IBTEACH	3,617	KSIZ_DEG_DER	208	ST095Q08NA	1,934	KSIZ_DEG_RAW.5
147	WEALTH	3,613	K1_A4	209	ST012Q06NA	1,931	K1_A4
148	ST103Q11NA	3,581	KSIZ_DEG_RAW.4	210	ST012Q03TA	1,909	K1_A4
149	ST103Q03NA	3,568	KSIZ_DEG_RAW.4	211	ST011Q02TA	1,903	K1_A4
150	ST131Q03NA	3,558	KSIZ_DEG_RAW.5	212	ST104Q01NA	1,892	KSIZ_DEG_RAW.4
151	ST019BQ01T	3,552	K1_A2	213	ST011Q04TA	1,859	K1_A4
152	INTBRSCI	3,473	KSIZ_DEG_DER	214	ST131Q04NA	1,571	KSIZ_DEG_RAW.5
153	ST097Q03TA	3,466	K8_A3	215	ST094Q01NA	1,525	KSIZ_DEG_RAW.4
154	ST082Q02NA	3,455	KSIZ_DEG_RAW.1	216	ST039Q06NA	1,471	KSIZ_DEG_RAW.2
155	INSTSCIE	3,407	KSIZ_DEG_DER	217	ADINST	1,456	KSIZ_DEG_DER
156	JOYSCIE	3,383	KSIZ_DEG_DER	218	ST063Q03NB	1,446	KSIZ_DEG_RAW.3
157	ST082Q03NA	3,346	KSIZ_DEG_RAW.1	219	ST019AQ01T	1,415	K1_A2
158	ST098Q09TA	3,312	KSIZ_DEG_RAW.3	220	ST032Q01NA	1,375	KSIZ_DEG_RAW.2
159	ST076Q02NA	3,273	KSIZ_DEG_RAW.6	221	ST038Q06NA	1,210	K8_A1
160	ST059Q02TA	3,259	KSIZ_DEG_RAW.2	222	ST127Q03TA	1,194	K1_A1
161	ST039Q04NA	3,227	KSIZ_DEG_RAW.2	223	ST131Q11NA	1,184	KSIZ_DEG_RAW.5
162	ST034Q03TA	3,193	K8_A1	224	ST071Q02NA	1,179	KSIZ_DEG_RAW.2
163	ST098Q06TA	3,173	KSIZ_DEG_RAW.3	225	ST129Q06TA	1,169	KSIZ_DEG_RAW.5
164	ST129Q07TA	3,156	KSIZ_DEG_RAW.5	226	ICTRES	1,090	K1_A4
165	ST038Q05NA	3,085	K8_A1	227	COOPERATE	1,081	KSIZ_DEG_DER
166	ST063Q03NA	3,037	KSIZ_DEG_RAW.3	228	ISCEDL	1,026	K1_A1
167	ST012Q01TA	3,028	K1_A4	229	ST004D01T	1,009	K1_A1
168	ST113Q03TA	3,018	KSIZ_DEG_RAW.5	230	ST012Q02TA	0,956	K1_A4
169	ST092Q09NA	3,018	KSIZ_DEG_RAW.4	231	ST146Q02TA	0,918	KSIZ_DEG_RAW.6
170	ST100Q05TA	2,935	KSIZ_DEG_RAW.3	232	ST076Q07NA	0,891	KSIZ_DEG_RAW.6
171	ST146Q01TA	2,903	KSIZ_DEG_RAW.6	233	ST006Q03TA	0,664	KSIZ_DEG_RAW.1
172	ST131Q08NA	2,873	KSIZ_DEG_RAW.5	234	OUTHOURS	0,663	KSIZ_DEG_DER
173	ST146Q07NA	2,851	KSIZ_DEG_RAW.6	235	ST012Q08NA	0,581	K1_A4
174	ST092Q06NA	2,846	KSIZ_DEG_RAW.4	236	ST071Q05NA	0,569	KSIZ_DEG_RAW.2
175	ST012Q05NA	2,793	K1_A4	237	ST032Q02NA	0,548	KSIZ_DEG_RAW.2
176	ST078Q03NA	2,792	KSIZ_DEG_RAW.6	238	ST039Q01NA	0,499	KSIZ_DEG_RAW.2
177	ST034Q01TA	2,786	K8_A1	239	ST127Q02TA	0,494	K1_A1
178	ST006Q02TA	2,786	K1_A3	240	ST011Q06TA	0,431	K1_A4
179	CULTPOSS	2,773	K1_A4	241	ST011Q01TA	0,320	K1_A4
180	ST006Q01TA	2,744	K1_A3	242	ST082Q14NA	0,319	KSIZ_DEG_RAW.2
181	ST038Q07NA	2,738	K8_A1	243	ST011Q10TA	0,301	K1_A4
182	ST093Q04TA	2,717	KSIZ_DEG_RAW.4	244	ST076Q08NA	0,292	KSIZ_DEG_RAW.6
183	ST011Q12TA	2,706	K1_A4	245	ST039Q05NA	0,253	KSIZ_DEG_RAW.2
184	ST095Q15NA	2,680	KSIZ_DEG_RAW.5	246	ST078Q05NA	0,136	KSIZ_DEG_RAW.6
185	ST093Q05TA	2,673	KSIZ_DEG_RAW.4	247	ST076Q04NA	0,093	KSIZ_DEG_RAW.6
186	ST113Q01TA	2,649	KSIZ_DEG_RAW.5	248	ST011Q05TA	0,000	K1_A4

Ek Tablo 13. PISA-2015 Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST011Q03TA	0,000	K1_A4				
250	ST011Q09TA	0,000	K1_A4				
251	ST011Q11TA	0,000	K1_A4				
252	MOTIVAT	0,000	KSIZ_DEG_DER				

Ek Tablo 14. PISA-2015 Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SCHSIZE	24,071	K5_A0	63	LEADTCH	0,616	KSIZ_DEG_DER
2	SC012Q06TA	19,721	K10_A3K11K12	64	SC004Q04NA	0,609	KSIZ_DEG_RAW.1
3	TOTAT	17,180	KSIZ_DEG_DER	65	SC019Q02NA01	0,598	KSIZ_DEG_RAW.1
4	SC048Q03NA	17,085	KSIZ_DEG_RAW.1	66	PROAT5AM	0,591	KSIZ_DEG_DER
5	TOTST	13,095	KSIZ_DEG_DER	67	RESPRES	0,564	KSIZ_DEG_DER
6	SC004Q01TA	9,514	KSIZ_DEG_RAW.1	68	SC025Q02NA	0,560	KSIZ_DEG_RAW.1
7	STRATIO	7,344	KSIZ_DEG_DER	69	SC053Q07TA	0,551	KSIZ_DEG_RAW.1
8	SC053Q02TA	5,987	K10_A3K11K12	70	SC064Q04NA	0,545	KSIZ_DEG_RAW.1
9	SC036Q01TA	5,686	K8_A45	71	PROATCE	0,536	KSIZ_DEG_DER
10	SC061Q01TA	5,173	K8_A45	72	PROAT6	0,528	KSIZ_DEG_DER
11	SC061Q02TA	5,068	K8_A45	73	LEADCOM	0,485	KSIZ_DEG_DER
12	SC037Q10NA	4,824	K10_A3K11K12	74	LEADPD	0,482	KSIZ_DEG_DER
13	SC002Q02TA	4,261	KSIZ_DEG_RAW.1	75	STAFFSHORT	0,450	K6_A1
14	STUBEHA	4,132	K8_A45	76	PROSTMAS	0,421	KSIZ_DEG_DER
15	SC012Q03TA	3,912	K10_A3K11K12	77	SC017Q02NA	0,413	K6_A1
16	SC061Q10TA	3,815	K8_A45	78	SC018Q05NA01	0,411	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC061Q09TA	3,244	K8_A45	79	EDUSHORT	0,370	K6_A1
18	SC012Q04TA	3,126	K10_A3K11K12	80	SC064Q01TA	0,347	KSIZ_DEG_RAW.1
19	CLSIZE	3,091	K5_A0	81	SC052Q02NA	0,314	K6_A1
20	SC019Q03NA01	2,931	KSIZ_DEG_RAW.1	82	LEADINST	0,310	KSIZ_DEG_DER
21	SC003Q01TA	2,931	K5_A0	83	SC016Q01TA	0,297	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC012Q02TA	2,768	K10_A3K11K12	84	SC010Q11TB	0,289	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC042Q01TA	2,608	K5_A0	85	SC059Q08NA	0,288	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SCIERES	2,306	KSIZ_DEG_DER	86	SC019Q01NA02	0,283	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SCHAUT	2,257	KSIZ_DEG_DER	87	SC025Q01NA	0,281	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SC061Q03TA	2,191	K8_A45	88	SC035Q05TB	0,273	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC019Q01NA01	1,942	KSIZ_DEG_RAW.1	89	SC017Q05NA	0,255	K6_A1
28	SC018Q06NA01	1,912	KSIZ_DEG_RAW.1	90	SC009Q08TA	0,251	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC037Q05NA	1,864	K10_A3K11K12	91	SC017Q03NA	0,250	K6_A1
30	SC037Q04TA	1,803	K10_A3K11K12	92	SC018Q07NA01	0,249	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC018Q02TA01	1,733	KSIZ_DEG_RAW.1	93	SC048Q02NA	0,239	KSIZ_DEG_RAW.1
32	CREACTIV	1,680	K10_A3K11K12	94	LEAD	0,234	KSIZ_DEG_DER
33	SC042Q02TA	1,669	K5_A0	95	PROSTCE	0,232	KSIZ_DEG_DER
34	SC002Q01TA	1,634	KSIZ_DEG_RAW.1	96	SC010Q12TE	0,208	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC061Q08TA	1,555	K8_A45	97	SC009Q13TA	0,197	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SC036Q03NA	1,523	K8_A45	98	SC004Q05NA	0,186	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC018Q01TA02	1,353	KSIZ_DEG_RAW.1	99	SC059Q04NA	0,186	KSIZ_DEG_RAW.1
38	TEACHPART	1,241	KSIZ_DEG_DER	100	SC035Q07TB	0,186	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SC061Q04TA	1,226	K8_A45	101	SC034Q04TA	0,181	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC048Q01NA	1,188	KSIZ_DEG_RAW.1	102	SC010Q05TA	0,179	KSIZ_DEG_RAW.1
41	TEACHBEHA	1,162	K8_A45	103	SC059Q03NA	0,178	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC004Q06NA	1,154	KSIZ_DEG_RAW.1	104	SC009Q11TA	0,176	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC018Q05NA02	1,151	KSIZ_DEG_RAW.1	105	SC004Q02TA	0,169	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC016Q03TA	1,135	KSIZ_DEG_RAW.1	106	SC035Q04TA	0,168	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC037Q06NA	1,094	K10_A3K11K12	107	SC016Q02TA	0,165	KSIZ_DEG_RAW.1
46	PROSTAT	1,079	KSIZ_DEG_DER	108	SC010Q10TE	0,163	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC061Q06TA	1,053	K8_A45	109	SC034Q03TA	0,150	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC018Q01TA01	1,047	KSIZ_DEG_RAW.1	110	SC035Q07TA	0,148	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC012Q05TA	1,017	K10_A3K11K12	111	SC016Q04TA	0,144	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC061Q07TA	1,007	K8_A45	112	SC053Q05NA	0,142	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC004Q07NA	0,975	KSIZ_DEG_RAW.1	113	SC035Q01NA	0,135	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC037Q01TA	0,907	K10_A3K11K12	114	SC010Q10TB	0,133	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC017Q01NA	0,896	K6_A1	115	SC009Q05TA	0,131	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC013Q01TA	0,839	K5_A0	116	SC019Q03NA02	0,128	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC061Q05TA	0,805	K8_A45	117	SC037Q09TA	0,124	K10_A3K11K12
56	SCHLTYPE	0,761	K5_A0	118	SC063Q04NA	0,122	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC010Q01TC	0,755	KSIZ_DEG_RAW.1	119	SC064Q02TA	0,118	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC037Q08TA	0,726	K10_A3K11K12	120	SC064Q03TA	0,114	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC017Q08NA	0,690	K6_A1	121	SC040Q11NA	0,110	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC037Q03TA	0,662	K10_A3K11K12	122	SC010Q07TA	0,110	KSIZ_DEG_RAW.1
61	PROAT5AB	0,629	KSIZ_DEG_DER	123	SC004Q03TA	0,108	KSIZ_DEG_RAW.1
62	RESPCUR	0,616	KSIZ_DEG_DER	124	SC010Q09TC	0,100	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 14. PISA-2015 Singapur örneklemi Matematik okuryazarlık alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC017Q07NA	0,100	K6_A1	187	SC010Q12TC	0,013	KSIZ_DEG_RAW.1
126	SC010Q06TA	0,099	KSIZ_DEG_RAW.1	188	SC010Q04TE	0,013	KSIZ_DEG_RAW.1
127	SC035Q10TA	0,093	KSIZ_DEG_RAW.1	189	SC040Q02NA	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
128	SC059Q02NA	0,089	KSIZ_DEG_RAW.1	190	SC032Q02TA	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
129	SC010Q10TC	0,088	KSIZ_DEG_RAW.1	191	SC052Q01NA	0,009	K6_A1
130	SC009Q02TA	0,087	KSIZ_DEG_RAW.1	192	SC040Q05NA	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
131	SC009Q04TA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1	193	SC035Q11NA	0,008	KSIZ_DEG_RAW.1
132	SC040Q17NA	0,083	KSIZ_DEG_RAW.1	194	W_SCHGRNRABWT	0,007	KSIZ_DEG_RAW.1
133	SC010Q02TE	0,081	KSIZ_DEG_RAW.1	195	SC041Q05NA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
134	SC034Q01NA	0,078	KSIZ_DEG_RAW.1	196	SC040Q15NA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
135	SC009Q09TA	0,077	KSIZ_DEG_RAW.1	197	SC041Q04NA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
136	SC009Q10TA	0,077	KSIZ_DEG_RAW.1	198	SC027Q03NA	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
137	SC009Q07TA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1	199	SC059Q01NA	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
138	SC009Q12TA	0,073	KSIZ_DEG_RAW.1	200	SC027Q04NA	0,004	KSIZ_DEG_RAW.1
139	SC010Q11TE	0,073	KSIZ_DEG_RAW.1	201	SC035Q06TA	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
140	SC010Q05TC	0,071	KSIZ_DEG_RAW.1	202	SC040Q12NA	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
141	SC040Q16NA	0,069	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC041Q01NA	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
142	SC059Q07NA	0,068	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC059Q05NA	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
143	SC035Q09NA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC035Q05TA	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
144	SC040Q03NA	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC010Q06TE	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
145	SC012Q07TA	0,064	K10_A3K11K12	207	SC035Q02TB	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1
146	SC035Q03TB	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1	208	SC035Q04TB	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1
147	SC017Q04NA	0,058	K6_A1	209	SC035Q08TB	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
148	SC010Q12TA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1	210	SC032Q01TA	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
149	SC009Q06TA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1	211	SC035Q09NB	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
150	SC063Q07NA	0,047	KSIZ_DEG_RAW.1	212	SC041Q03NA	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
151	SC063Q09NA	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1	213	SC063Q03NA	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
152	SC014Q01NA	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1	214	SC037Q02TA	0	K10_A3K11K12
153	SC009Q03TA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1	215	SC037Q07TA	0	K10_A3K11K12
154	SC035Q06TB	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1	216	SC053Q01TA	0	K10_A3K11K12
155	SC010Q05TE	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1	217	SC053Q03TA	0	K10_A3K11K12
156	SC010Q09TE	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1	218	SC053Q09TA	0	K10_A3K11K12
157	SC009Q01TA	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1				
158	SC036Q02TA	0,042	K8_A45				
159	SC053Q08TA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
160	SC012Q01TA	0,040	K10_A3K11K12				
161	SC010Q08TE	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
162	SC017Q06NA	0,038	K6_A1				
163	SENWT	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1				
164	SC035Q10TB	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1				
165	SC034Q02NA	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1				
166	SC032Q04TA	0,033	KSIZ_DEG_RAW.1				
167	SC010Q09TA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1				
168	SC010Q12TB	0,031	KSIZ_DEG_RAW.1				
169	SC010Q08TB	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1				
170	SC010Q04TC	0,029	KSIZ_DEG_RAW.1				
171	SC035Q11NB	0,029	KSIZ_DEG_RAW.1				
172	SC010Q03TC	0,029	KSIZ_DEG_RAW.1				
173	SC010Q06TC	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
174	SC010Q03TE	0,024	KSIZ_DEG_RAW.1				
175	SC041Q06NA	0,023	KSIZ_DEG_RAW.1				
176	SC010Q06TB	0,023	KSIZ_DEG_RAW.1				
177	SC010Q07TE	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1				
178	SC010Q10TA	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1				
179	SC010Q08TC	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
180	SC027Q02NA	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
181	SC035Q02TA	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1				
182	SC053Q06NA	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1				
183	SC035Q03TA	0,016	KSIZ_DEG_RAW.1				
184	SC035Q08TA	0,015	KSIZ_DEG_RAW.1				
185	SC010Q01TE	0,015	KSIZ_DEG_RAW.1				
186	SC010Q07TC	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 15. PISA-2015 Singapur örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	30,890	K1_A3	63	ST093Q06TA	7,720	KSIZ_DEG_RAW.4
2	EMOSUPS	29,587	K10_A2	64	ST098Q02TA	7,666	KSIZ_DEG_RAW.3
3	ST059Q03TA	28,820	KSIZ_DEG_RAW.2	65	ST076Q10NA	7,566	KSIZ_DEG_RAW.6
4	ST123Q04NA	23,522	K10_A2	66	ST061Q01NA	7,530	KSIZ_DEG_RAW.2
5	SMINS	20,384	KSIZ_DEG_DER	67	ST076Q09NA	7,504	KSIZ_DEG_RAW.6
6	LANGN	20,285	K1_A2	68	ST008Q02TA	7,478	K1_A3
7	ST059Q01TA	18,536	KSIZ_DEG_RAW.2	69	ST125Q01NA	7,434	K1_A1
8	ST092Q01TA	18,075	KSIZ_DEG_RAW.4	70	ST031Q01NA	7,220	KSIZ_DEG_RAW.2
9	ST131Q06NA	17,897	KSIZ_DEG_RAW.5	71	ST019CQ01T	7,188	K1_A2
10	ESCS	17,775	K1_A4	72	ST129Q04TA	7,172	KSIZ_DEG_RAW.5
11	ST064Q01NA	17,710	KSIZ_DEG_RAW.3	73	ST146Q04TA	7,127	KSIZ_DEG_RAW.6
12	LMINS	16,289	KSIZ_DEG_DER	74	ST034Q06TA	7,090	K8_A1
13	DISCLISCI	16,272	K8_A3	75	ST071Q01NA	7,050	KSIZ_DEG_RAW.2
14	ST092Q02TA	16,130	KSIZ_DEG_RAW.4	76	ST011Q07TA	6,883	K1_A4
15	ST063Q02NA	16,074	KSIZ_DEG_RAW.3	77	ST095Q07NA	6,876	KSIZ_DEG_RAW.5
16	ST103Q01NA	15,667	KSIZ_DEG_RAW.3	78	ST038Q08NA	6,868	K8_A1
17	ST062Q03TA	15,061	K8_A3	79	ST092Q09NA	6,764	KSIZ_DEG_RAW.4
18	ST146Q03TA	14,910	KSIZ_DEG_RAW.6	80	ST103Q08NA	6,719	KSIZ_DEG_RAW.4
19	ST013Q01TA	14,137	K1_A4	81	FISCED	6,504	K1_A3
20	ST098Q05TA	13,301	KSIZ_DEG_RAW.3	82	ST021Q01TA	6,477	KSIZ_DEG_RAW.1
21	ST123Q01NA	12,984	KSIZ_DEG_RAW.1	83	ST113Q04TA	6,406	KSIZ_DEG_RAW.5
22	ST001D01T	12,671	KSIZ_DEG_RAW.1	84	ST012Q01TA	6,378	K1_A4
23	ST095Q04NA	11,871	KSIZ_DEG_RAW.5	85	SCIEEFF	6,344	KSIZ_DEG_DER
24	TEACHSUP	11,752	K8_A2	86	unfairteacher	6,332	KSIZ_DEG_DER
25	ST034Q05TA	11,414	K8_A1	87	ST103Q03NA	6,314	KSIZ_DEG_RAW.4
26	ST092Q05TA	11,270	KSIZ_DEG_RAW.4	88	ST064Q03NA	6,310	KSIZ_DEG_RAW.3
27	ST076Q11NA	10,963	KSIZ_DEG_RAW.6	89	ST078Q04NA	6,143	KSIZ_DEG_RAW.6
28	ST071Q03NA	10,873	KSIZ_DEG_RAW.2	90	ST011Q16NA	6,048	K1_A4
29	ST146Q05TA	10,709	KSIZ_DEG_RAW.6	91	HISCED	6,005	K1_A3
30	ST107Q01NA	10,433	KSIZ_DEG_RAW.4	92	ST113Q02TA	5,929	KSIZ_DEG_RAW.5
31	ENVOPT	10,423	KSIZ_DEG_DER	93	ST097Q04TA	5,928	K8_A3
32	IMMIG	10,380	K1_A2	94	ST034Q02TA	5,922	K8_A1
33	ST129Q05TA	10,373	KSIZ_DEG_RAW.5	95	DURECEC	5,875	K1_A1
34	ST107Q02NA	10,263	KSIZ_DEG_RAW.4	96	ST146Q06NA	5,851	KSIZ_DEG_RAW.6
35	ST082Q01NA	10,202	KSIZ_DEG_RAW.1	97	ST006Q02TA	5,832	K1_A3
36	EPIST	10,162	KSIZ_DEG_DER	98	ST076Q06NA	5,759	KSIZ_DEG_RAW.6
37	ST129Q02TA	10,114	KSIZ_DEG_RAW.5	99	ST123Q03NA	5,606	K10_A2
38	PERFEED	10,097	K8_A2	100	ST098Q03NA	5,548	KSIZ_DEG_RAW.3
39	ST004D01T	10,053	K1_A1	101	IBTEACH	5,513	KSIZ_DEG_DER
40	ST039Q02NA	10,039	KSIZ_DEG_RAW.2	102	ST082Q09NA	5,493	KSIZ_DEG_RAW.2
41	ST082Q12NA	9,990	KSIZ_DEG_RAW.2	103	ST078Q06NA	5,463	KSIZ_DEG_RAW.6
42	ST095Q13NA	9,865	KSIZ_DEG_RAW.5	104	ST003D02T	5,456	KSIZ_DEG_RAW.1
43	ST121Q03NA	9,777	KSIZ_DEG_RAW.1	105	BELONG	5,453	K8_A1
44	ST093Q07NA	9,686	KSIZ_DEG_RAW.4	106	ST146Q09NA	5,427	KSIZ_DEG_RAW.6
45	ST082Q13NA	9,590	KSIZ_DEG_RAW.2	107	ADINST	5,410	KSIZ_DEG_DER
46	HOMEPOS	9,527	K1_A4	108	ST097Q01TA	5,390	K8_A3
47	BFMJ2	9,474	KSIZ_DEG_DER	109	ST012Q05NA	5,372	K1_A4
48	ST093Q01TA	9,446	KSIZ_DEG_RAW.4	110	SCIEACT	5,318	KSIZ_DEG_DER
49	ST092Q04TA	9,416	KSIZ_DEG_RAW.4	111	ST095Q08NA	5,306	KSIZ_DEG_RAW.5
50	ST094Q02NA	9,221	KSIZ_DEG_RAW.4	112	ST060Q01NA	5,289	KSIZ_DEG_RAW.2
51	CPSVALUE	9,067	KSIZ_DEG_DER	113	ST082Q08NA	5,239	KSIZ_DEG_RAW.2
52	ST007Q01TA	8,996	K1_A3	114	BMMJ1	5,227	KSIZ_DEG_DER
53	ST129Q08TA	8,975	KSIZ_DEG_RAW.5	115	ST097Q02TA	5,203	K8_A3
54	ST063Q05NB	8,805	KSIZ_DEG_RAW.3	116	GRADE	5,201	KSIZ_DEG_DER
55	ST098Q08NA	8,689	KSIZ_DEG_RAW.3	117	INSTSCIE	5,085	KSIZ_DEG_DER
56	ST092Q08NA	8,689	KSIZ_DEG_RAW.4	118	ST019BQ01T	5,050	K1_A2
57	ST022Q01TA	8,623	K1_A2	119	ST011Q08TA	5,018	K1_A4
58	ST104Q05NA	8,533	KSIZ_DEG_RAW.4	120	ST032Q01NA	4,993	KSIZ_DEG_RAW.2
59	ST121Q02NA	8,489	KSIZ_DEG_RAW.1	121	ST094Q03NA	4,962	KSIZ_DEG_RAW.4
60	ENVAWARE	8,464	KSIZ_DEG_DER	122	ST131Q01NA	4,955	KSIZ_DEG_RAW.5
61	ST100Q02TA	8,218	K8_A2	123	ST063Q02NB	4,940	KSIZ_DEG_RAW.3
62	ST063Q03NA	7,926	KSIZ_DEG_RAW.3	124	BSMJ	4,869	KSIZ_DEG_DER

Ek Tablo 15. PISA-2015 Singapur örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST131Q04NA	4,832	KSIZ_DEG_RAW.5	187	MOTIVAT	2,933	KSIZ_DEG_DER
126	ST063Q06NA	4,767	KSIZ_DEG_RAW.3	188	ST094Q01NA	2,932	KSIZ_DEG_RAW.4
127	ST107Q03NA	4,659	KSIZ_DEG_RAW.4	189	ICTRES	2,928	K1_A4
128	ST012Q09NA	4,632	K1_A4	190	ST078Q01NA	2,892	KSIZ_DEG_RAW.6
129	ST062Q02TA	4,614	K8_A3	191	ST098Q01TA	2,847	KSIZ_DEG_RAW.3
130	TDTEACH	4,610	KSIZ_DEG_DER	192	ST078Q08NA	2,823	KSIZ_DEG_RAW.6
131	ST126Q01TA	4,578	K1_A1	193	ST071Q02NA	2,807	KSIZ_DEG_RAW.2
132	TMINS	4,567	KSIZ_DEG_DER	194	ST129Q03TA	2,748	KSIZ_DEG_RAW.5
133	ST146Q01TA	4,556	KSIZ_DEG_RAW.6	195	ST127Q01TA	2,695	K1_A1
134	ST076Q02NA	4,538	KSIZ_DEG_RAW.6	196	ST123Q02NA	2,648	K10_A2
135	ST063Q05NA	4,452	KSIZ_DEG_RAW.3	197	ST131Q08NA	2,625	KSIZ_DEG_RAW.5
136	ST011Q04TA	4,450	K1_A4	198	ST011Q11TA	2,563	K1_A4
137	ST038Q07NA	4,405	K8_A1	199	ST063Q06NB	2,549	KSIZ_DEG_RAW.3
138	ST076Q01NA	4,368	KSIZ_DEG_RAW.6	200	ST063Q03NB	2,541	KSIZ_DEG_RAW.3
139	ST034Q04TA	4,366	K8_A1	201	ST078Q02NA	2,473	KSIZ_DEG_RAW.6
140	ST038Q03NA	4,360	K8_A1	202	ST098Q09TA	2,441	KSIZ_DEG_RAW.3
141	ST078Q07NA	4,322	KSIZ_DEG_RAW.6	203	ST076Q07NA	2,402	KSIZ_DEG_RAW.6
142	ST034Q01TA	4,321	K8_A1	204	ST100Q03TA	2,399	K8_A2
143	REPEAT	4,313	K1_A1	205	MISCED	2,368	K1_A3
144	HEDRES	4,311	K1_A4	206	ST082Q14NA	2,353	KSIZ_DEG_RAW.2
145	ST094Q04NA	4,237	KSIZ_DEG_RAW.5	207	ST038Q04NA	2,344	K8_A1
146	ST032Q02NA	4,201	KSIZ_DEG_RAW.2	208	ST011Q05TA	2,288	K1_A4
147	ST100Q04TA	4,162	K8_A2	209	ST008Q01TA	2,244	K1_A3
148	ST098Q07TA	4,130	KSIZ_DEG_RAW.3	210	WEALTH	2,231	K1_A4
149	COOPERATE	4,085	KSIZ_DEG_DER	211	ST131Q03NA	2,204	KSIZ_DEG_RAW.5
150	ST039Q04NA	4,069	KSIZ_DEG_RAW.2	212	ST063Q01NB	2,138	KSIZ_DEG_RAW.3
151	ST129Q01TA	4,013	KSIZ_DEG_RAW.5	213	ST076Q04NA	2,123	KSIZ_DEG_RAW.6
152	ST082Q02NA	4,006	KSIZ_DEG_RAW.1	214	ST012Q06NA	2,119	K1_A4
153	ST146Q08NA	3,890	KSIZ_DEG_RAW.6	215	OUTHOURS	2,068	KSIZ_DEG_DER
154	INTBRSCI	3,878	KSIZ_DEG_DER	216	ST006Q01TA	2,062	K1_A3
155	ST097Q05TA	3,839	K8_A3	217	ST100Q05TA	2,009	KSIZ_DEG_RAW.3
156	ST082Q03NA	3,824	KSIZ_DEG_RAW.1	218	ST129Q06TA	2,002	KSIZ_DEG_RAW.5
157	ST146Q07NA	3,789	KSIZ_DEG_RAW.6	219	ISCEDL	1,976	K1_A1
158	ST012Q07NA	3,783	K1_A4	220	ST011Q02TA	1,926	K1_A4
159	ST113Q03TA	3,731	KSIZ_DEG_RAW.5	221	ST104Q04NA	1,855	K8_A2
160	ST038Q05NA	3,710	K8_A1	222	ST038Q06NA	1,821	K8_A1
161	ST113Q01TA	3,679	KSIZ_DEG_RAW.5	223	ANXTEST	1,798	KSIZ_DEG_DER
162	ST104Q02NA	3,669	K8_A2	224	ST146Q02TA	1,770	KSIZ_DEG_RAW.6
163	ST005Q01TA	3,555	K1_A3	225	ST039Q06NA	1,665	KSIZ_DEG_RAW.2
164	ST097Q03TA	3,537	K8_A3	226	ST011Q12TA	1,650	K1_A4
165	ST095Q15NA	3,531	KSIZ_DEG_RAW.5	227	ST094Q05NA	1,631	KSIZ_DEG_RAW.5
166	MMINS	3,511	KSIZ_DEG_DER	228	ST092Q06NA	1,627	KSIZ_DEG_RAW.4
167	ST104Q03NA	3,471	K8_A2	229	ST039Q01NA	1,612	KSIZ_DEG_RAW.2
168	ST071Q04NA	3,457	KSIZ_DEG_RAW.2	230	ST071Q05NA	1,568	KSIZ_DEG_RAW.2
169	ST104Q01NA	3,399	KSIZ_DEG_RAW.4	231	ST064Q02NA	1,493	KSIZ_DEG_RAW.3
170	ST129Q07TA	3,384	KSIZ_DEG_RAW.5	232	ST131Q11NA	1,490	KSIZ_DEG_RAW.5
171	ST093Q05TA	3,362	KSIZ_DEG_RAW.4	233	ST006Q03TA	1,467	KSIZ_DEG_RAW.1
172	ST098Q10NA	3,360	KSIZ_DEG_RAW.3	234	AGE	1,434	KSIZ_DEG_DER
173	ST100Q01TA	3,336	K8_A2	235	ST019AQ01T	1,405	K1_A2
174	ST098Q06TA	3,328	KSIZ_DEG_RAW.3	236	ST011Q10TA	1,355	K1_A4
175	CULTPOSS	3,321	K1_A4	237	ST012Q08NA	1,249	K1_A4
176	ST093Q04TA	3,310	KSIZ_DEG_RAW.4	238	ST076Q05NA	1,238	KSIZ_DEG_RAW.6
177	ST034Q03TA	3,295	K8_A1	239	ST012Q02TA	1,186	K1_A4
178	ST093Q08NA	3,273	KSIZ_DEG_RAW.4	240	ST039Q05NA	1,175	KSIZ_DEG_RAW.2
179	PARED	3,232	K1_A3	241	ST011Q06TA	0,958	K1_A4
180	ST076Q03NA	3,211	KSIZ_DEG_RAW.6	242	ST127Q02TA	0,887	K1_A1
181	JOYSCIE	3,160	KSIZ_DEG_DER	243	ST078Q03NA	0,884	KSIZ_DEG_RAW.6
182	ST059Q02TA	3,137	KSIZ_DEG_RAW.2	244	ST063Q01NA	0,865	KSIZ_DEG_RAW.2
183	ST093Q03TA	3,134	KSIZ_DEG_RAW.4	245	ST039Q03NA	0,828	KSIZ_DEG_RAW.2
184	ST103Q11NA	3,107	KSIZ_DEG_RAW.4	246	ST078Q05NA	0,827	KSIZ_DEG_RAW.6
185	ST076Q08NA	3,024	KSIZ_DEG_RAW.6	247	ST012Q03TA	0,709	K1_A4
186	ST008Q03TA	2,964	K1_A3	248	ST127Q03TA	0,512	K1_A1

Ek Tablo 15. PISA-2015 Singapur örneklemi Okuma becerileri alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST062Q01TA	0,468	K8_A3				
250	ST011Q03TA	0,388	K1_A4				
251	ST011Q09TA	0,342	K1_A4				
252	ST011Q01TA	0,252	K1_A4				

Ek Tablo 16. PISA-2015 Singapur örneklemi Okuma becerileri alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SCHSIZE	27,117	K5_A0	63	PROATCE	0,604	KSIZ_DEG_DER
2	SC012Q06TA	22,609	K10_A3K11K12	64	LEADINST	0,572	KSIZ_DEG_DER
3	SC048Q03NA	16,383	KSIZ_DEG_RAW.1	65	SC019Q02NA01	0,561	KSIZ_DEG_RAW.1
4	TOTAT	13,959	KSIZ_DEG_DER	66	LEADCOM	0,553	KSIZ_DEG_DER
5	TOTST	9,089	KSIZ_DEG_DER	67	LEADPD	0,542	KSIZ_DEG_DER
6	SC004Q01TA	8,012	KSIZ_DEG_RAW.1	68	SC018Q07NA01	0,530	KSIZ_DEG_RAW.1
7	SC013Q01TA	7,844	K5_A0	69	LEADTCH	0,504	KSIZ_DEG_DER
8	STRATIO	7,665	KSIZ_DEG_DER	70	RESPCUR	0,471	KSIZ_DEG_DER
9	SC053Q02TA	6,930	K10_A3K11K12	71	SC016Q03TA	0,462	KSIZ_DEG_RAW.1
10	SC002Q02TA	6,927	KSIZ_DEG_RAW.1	72	SC037Q07TA	0,443	K10_A3K11K12
11	SC012Q04TA	6,836	K10_A3K11K12	73	SC064Q01TA	0,426	KSIZ_DEG_RAW.1
12	SCHLTYPE	6,290	K5_A0	74	SC018Q05NA01	0,407	KSIZ_DEG_RAW.1
13	SC012Q02TA	5,724	K10_A3K11K12	75	SC016Q01TA	0,385	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC061Q02TA	5,585	K8_A45	76	SC052Q02NA	0,383	K6_A1
15	SC003Q01TA	4,527	K5_A0	77	SC012Q01TA	0,352	K10_A3K11K12
16	SCHAUT	4,277	KSIZ_DEG_DER	78	SC010Q11TB	0,333	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC018Q06NA01	4,100	KSIZ_DEG_RAW.1	79	SC010Q05TC	0,328	KSIZ_DEG_RAW.1
18	SC036Q01TA	3,983	K8_A45	80	SC004Q05NA	0,322	KSIZ_DEG_RAW.1
19	STUBEHA	3,783	K8_A45	81	PROSTMAS	0,320	KSIZ_DEG_DER
20	SC061Q01TA	3,599	K8_A45	82	SC025Q02NA	0,317	KSIZ_DEG_RAW.1
21	CLSIZE	3,490	K5_A0	83	SC048Q02NA	0,317	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC037Q10NA	3,263	K10_A3K11K12	84	PROSTCE	0,299	KSIZ_DEG_DER
23	SC042Q02TA	3,088	K5_A0	85	STAFFSHORT	0,284	K6_A1
24	SC037Q08TA	3,082	K10_A3K11K12	86	LEAD	0,280	KSIZ_DEG_DER
25	SC061Q10TA	2,641	K8_A45	87	SC014Q01NA	0,274	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SC018Q01TA01	2,384	KSIZ_DEG_RAW.1	88	SC019Q01NA02	0,274	KSIZ_DEG_RAW.1
27	CREACTIV	2,364	K10_A3K11K12	89	SC017Q08NA	0,267	K6_A1
28	SC042Q01TA	2,363	K5_A0	90	SC037Q03TA	0,265	K10_A3K11K12
29	SC037Q04TA	2,301	K10_A3K11K12	91	SC009Q04TA	0,263	KSIZ_DEG_RAW.1
30	PROSTAT	2,254	KSIZ_DEG_DER	92	SC025Q01NA	0,260	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC061Q03TA	2,126	K8_A45	93	SC016Q04TA	0,260	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC012Q05TA	2,081	K10_A3K11K12	94	SC010Q10TE	0,224	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC012Q03TA	2,062	K10_A3K11K12	95	SC009Q12TA	0,219	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC018Q01TA02	2,041	KSIZ_DEG_RAW.1	96	SC009Q11TA	0,214	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC061Q09TA	2,008	K8_A45	97	SC017Q03NA	0,205	K6_A1
36	SC061Q08TA	1,876	K8_A45	98	SC016Q02TA	0,205	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC018Q05NA02	1,790	KSIZ_DEG_RAW.1	99	SC004Q04NA	0,202	KSIZ_DEG_RAW.1
38	RESPRES	1,790	KSIZ_DEG_DER	100	SC053Q07TA	0,201	KSIZ_DEG_RAW.1
39	PROAT5AM	1,665	KSIZ_DEG_DER	101	SC017Q02NA	0,201	K6_A1
40	SC037Q06NA	1,613	K10_A3K11K12	102	SC009Q08TA	0,198	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC019Q01NA01	1,573	KSIZ_DEG_RAW.1	103	SC010Q12TE	0,198	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC061Q04TA	1,406	K8_A45	104	SC064Q04NA	0,197	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC002Q01TA	1,392	KSIZ_DEG_RAW.1	105	SC010Q09TC	0,193	KSIZ_DEG_RAW.1
44	PROAT6	1,348	KSIZ_DEG_DER	106	SC009Q13TA	0,184	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC012Q07TA	1,289	K10_A3K11K12	107	SC034Q04TA	0,184	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC037Q01TA	1,275	K10_A3K11K12	108	SC035Q05TB	0,182	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC010Q01TC	1,240	KSIZ_DEG_RAW.1	109	SC017Q05NA	0,178	K6_A1
48	SC036Q03NA	1,228	K8_A45	110	EDUSHORT	0,172	K6_A1
49	SCIERES	1,178	KSIZ_DEG_DER	111	SC009Q02TA	0,169	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC037Q09TA	1,174	K10_A3K11K12	112	SC035Q06TB	0,160	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC004Q06NA	1,164	KSIZ_DEG_RAW.1	113	SC019Q03NA02	0,158	KSIZ_DEG_RAW.1
52	TEACHPART	1,150	KSIZ_DEG_DER	114	SC004Q03TA	0,154	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC037Q05NA	1,102	K10_A3K11K12	115	SC009Q07TA	0,150	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC017Q01NA	1,062	K6_A1	116	SC009Q03TA	0,148	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC019Q03NA01	0,944	KSIZ_DEG_RAW.1	117	SC048Q01NA	0,146	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC004Q07NA	0,898	KSIZ_DEG_RAW.1	118	SC010Q05TA	0,144	KSIZ_DEG_RAW.1
57	TEACHBEHA	0,823	K8_A45	119	SC036Q02TA	0,144	K8_A45
58	SC061Q07TA	0,813	K8_A45	120	SC063Q09NA	0,143	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC061Q06TA	0,795	K8_A45	121	SC059Q07NA	0,137	KSIZ_DEG_RAW.1
60	PROAT5AB	0,787	KSIZ_DEG_DER	122	SC035Q04TA	0,132	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC061Q05TA	0,737	K8_A45	123	SC010Q08TB	0,125	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC018Q02TA01	0,691	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC017Q06NA	0,125	K6_A1

Ek Tablo 16. PISA-2015 Singapur örneklemi Okuma becerileri alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC040Q17NA	0,124	KSIZ_DEG_RAW.1	187	SC059Q05NA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1
126	SC064Q03TA	0,122	KSIZ_DEG_RAW.1	188	SC010Q04TE	0,015	KSIZ_DEG_RAW.1
127	SC034Q01NA	0,120	KSIZ_DEG_RAW.1	189	SC040Q02NA	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1
128	SC064Q02TA	0,120	KSIZ_DEG_RAW.1	190	SC035Q03TA	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1
129	SC063Q04NA	0,115	KSIZ_DEG_RAW.1	191	SC010Q05TE	0,014	KSIZ_DEG_RAW.1
130	SC035Q01NA	0,102	KSIZ_DEG_RAW.1	192	SC032Q02TA	0,013	KSIZ_DEG_RAW.1
131	SC009Q09TA	0,102	KSIZ_DEG_RAW.1	193	SC010Q01TE	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
132	SC017Q07NA	0,097	K6_A1	194	SC040Q05NA	0,012	KSIZ_DEG_RAW.1
133	SC010Q10TB	0,095	KSIZ_DEG_RAW.1	195	SC059Q01NA	0,011	KSIZ_DEG_RAW.1
134	SC035Q07TB	0,088	KSIZ_DEG_RAW.1	196	SC035Q02TA	0,011	KSIZ_DEG_RAW.1
135	SC010Q03TC	0,087	KSIZ_DEG_RAW.1	197	SC010Q12TC	0,010	KSIZ_DEG_RAW.1
136	SC004Q02TA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1	198	SC053Q06NA	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
137	SC040Q03NA	0,081	KSIZ_DEG_RAW.1	199	SC027Q04NA	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
138	SC009Q01TA	0,079	KSIZ_DEG_RAW.1	200	SC010Q08TC	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
139	SC053Q09TA	0,079	K10_A3K11K12	201	SC010Q06TE	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1
140	SC009Q06TA	0,078	KSIZ_DEG_RAW.1	202	SC035Q06TA	0,007	KSIZ_DEG_RAW.1
141	SC010Q10TA	0,077	KSIZ_DEG_RAW.1	203	SC041Q05NA	0,007	KSIZ_DEG_RAW.1
142	SC009Q05TA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1	204	SC041Q03NA	0,007	KSIZ_DEG_RAW.1
143	SC059Q08NA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1	205	SC035Q08TA	0,007	KSIZ_DEG_RAW.1
144	SC009Q10TA	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1	206	SC035Q05TA	0,006	KSIZ_DEG_RAW.1
145	SC040Q11NA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1	207	SC032Q01TA	0,005	KSIZ_DEG_RAW.1
146	SC010Q06TC	0,061	KSIZ_DEG_RAW.1	208	SC041Q01NA	0,003	KSIZ_DEG_RAW.1
147	W_SCHGRNRABWT	0,059	KSIZ_DEG_RAW.1	209	SC035Q08TB	0,002	KSIZ_DEG_RAW.1
148	SC010Q10TC	0,054	KSIZ_DEG_RAW.1	210	SC052Q01NA	0,002	K6_A1
149	SC035Q07TA	0,054	KSIZ_DEG_RAW.1	211	SC040Q15NA	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
150	SC010Q08TE	0,050	KSIZ_DEG_RAW.1	212	SC035Q04TB	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
151	SC034Q02NA	0,049	KSIZ_DEG_RAW.1	213	SC035Q09NB	0,001	KSIZ_DEG_RAW.1
152	SC053Q05NA	0,047	KSIZ_DEG_RAW.1	214	SC037Q02TA	0	K10_A3K11K12
153	SC035Q03TB	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1	215	SC053Q01TA	0	K10_A3K11K12
154	SC035Q09NA	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1	216	SC053Q03TA	0	K10_A3K11K12
155	SC010Q12TA	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1	217	SC027Q03NA	0	KSIZ_DEG_RAW.1
156	SC010Q04TC	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1	218	SC035Q02TB	0	KSIZ_DEG_RAW.1
157	SC010Q09TE	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
158	SC017Q04NA	0,040	K6_A1				
159	SC041Q06NA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
160	SC010Q07TE	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1				
161	SC010Q02TE	0,036	KSIZ_DEG_RAW.1				
162	SC010Q07TA	0,036	KSIZ_DEG_RAW.1				
163	SC034Q03TA	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1				
164	SC035Q11NB	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1				
165	SC040Q16NA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
166	SC032Q04TA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
167	SC059Q04NA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
168	SC027Q02NA	0,033	KSIZ_DEG_RAW.1				
169	SC059Q03NA	0,033	KSIZ_DEG_RAW.1				
170	SC010Q06TB	0,033	KSIZ_DEG_RAW.1				
171	SC010Q07TC	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1				
172	SC010Q11TE	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1				
173	SC035Q10TB	0,028	KSIZ_DEG_RAW.1				
174	SC059Q02NA	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1				
175	SC010Q06TA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
176	SC010Q12TB	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
177	SC053Q08TA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
178	SC035Q10TA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
179	SC063Q07NA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
180	SC041Q04NA	0,024	KSIZ_DEG_RAW.1				
181	SC063Q03NA	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1				
182	SC010Q09TA	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1				
183	SC010Q03TE	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
184	SENWT	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
185	SC040Q12NA	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
186	SC035Q11NA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 17. PISA-2018 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	26,326	K1_A3	63	INTICT	6,280	KSIZ_DEG_RAW.6
2	ST189Q01HA	22,557	KSIZ_DEG_RAW.4	64	ST177Q01HA	6,255	KSIZ_DEG_RAW.4
3	ST013Q01TA	20,576	K1_A4	65	ST182Q03HA	6,140	KSIZ_DEG_RAW.3
4	ISCEDD	19,219	K1_A1	66	ST165Q02IA	6,094	KSIZ_DEG_RAW.2
5	ST204Q03HA	13,672	KSIZ_DEG_RAW.4	67	ST023Q03TA	6,079	KSIZ_DEG_RAW.1
6	ST023Q02TA	13,121	KSIZ_DEG_RAW.1	68	ICTHOME	6,074	KSIZ_DEG_RAW.5
7	ST123Q02NA	12,779	K10_A2	69	ST219Q04HA	6,018	KSIZ_DEG_RAW.4
8	ST166Q03HA	12,596	KSIZ_DEG_RAW.2	70	ST196Q05HA	6,015	KSIZ_DEG_RAW.3
9	BELONG	12,295	K8_A1	71	ST153Q01HA	5,917	KSIZ_DEG_RAW.1
10	PERFEED	12,151	K8_A2	72	ST001D01T	5,904	KSIZ_DEG_RAW.1
11	ST097Q03TA	12,075	K8_A3	73	ST038Q05NA	5,840	K8_A1
12	ICTCLASS	11,841	KSIZ_DEG_RAW.6	74	DIRINS	5,829	KSIZ_DEG_RAW.6
13	ST104Q02NA	11,687	K8_A2	75	ST034Q05TA	5,754	K8_A1
14	HISEI	11,535	KSIZ_DEG_RAW.5	76	ST196Q03HA	5,753	KSIZ_DEG_RAW.3
15	METASPAM	11,433	KSIZ_DEG_RAW.5	77	ST158Q05HA	5,739	KSIZ_DEG_RAW.1
16	ST186Q09HA	11,220	KSIZ_DEG_RAW.3	78	ST220Q03HA	5,708	KSIZ_DEG_RAW.4
17	ST154Q01HA	11,008	KSIZ_DEG_RAW.1	79	ST196Q02HA	5,661	KSIZ_DEG_RAW.3
18	GCSELFEFF	10,786	KSIZ_DEG_RAW.6	80	ST158Q04HA	5,593	KSIZ_DEG_RAW.1
19	ST060Q01NA	10,715	KSIZ_DEG_RAW.5	81	ST034Q03TA	5,588	K8_A1
20	ST062Q03TA	10,678	K8_A3	82	ST164Q05IA	5,524	KSIZ_DEG_RAW.2
21	PISADIFF	10,643	KSIZ_DEG_RAW.6	83	ST176Q02IA	5,492	KSIZ_DEG_RAW.2
22	ST225Q06HA	10,641	KSIZ_DEG_RAW.3	84	ST207Q05HA	5,473	KSIZ_DEG_RAW.5
23	MISCED	10,586	K1_A3	85	ST160Q02IA	5,459	KSIZ_DEG_RAW.2
24	ST182Q06HA	10,536	KSIZ_DEG_RAW.3	86	ST023Q01TA	5,442	KSIZ_DEG_RAW.1
25	ST100Q01TA	10,448	K8_A2	87	ST160Q04IA	5,388	KSIZ_DEG_RAW.2
26	ST152Q05IA	10,441	KSIZ_DEG_RAW.1	88	ST182Q05HA	5,332	KSIZ_DEG_RAW.3
27	ST059Q03TA	10,347	KSIZ_DEG_RAW.5	89	ST011Q08TA	5,308	K1_A4
28	ST011Q07TA	10,302	K1_A4	90	ST059Q04HA	5,262	KSIZ_DEG_RAW.5
29	ST165Q04IA	9,511	KSIZ_DEG_RAW.2	91	ST062Q01TA	5,243	K8_A3
30	ST038Q06NA	9,487	K8_A1	92	MASTGOAL	5,209	KSIZ_DEG_RAW.6
31	ST166Q02HA	9,397	KSIZ_DEG_RAW.2	93	ST016Q01NA	5,185	KSIZ_DEG_RAW.2
32	ST097Q01TA	9,129	K8_A3	94	ST012Q06NA	5,141	K1_A4
33	ST197Q01HA	8,813	KSIZ_DEG_RAW.3	95	DISCLIMA	5,139	KSIZ_DEG_RAW.5
34	ST163Q02HA	8,388	KSIZ_DEG_RAW.2	96	ATTIMM	5,120	KSIZ_DEG_RAW.6
35	ST038Q07NA	8,280	K8_A1	97	ST100Q02TA	5,112	K8_A2
36	ST225Q02HA	8,182	KSIZ_DEG_RAW.2	98	ST062Q02TA	5,093	K8_A3
37	METASUM	7,970	KSIZ_DEG_RAW.5	99	MISCED_D	5,088	KSIZ_DEG_RAW.5
38	ST038Q04NA	7,926	K8_A1	100	ST038Q08NA	5,076	K8_A1
39	ST102Q03TA	7,845	KSIZ_DEG_RAW.1	101	ST164Q04IA	5,065	KSIZ_DEG_RAW.2
40	ST126Q01TA	7,574	K1_A1	102	ST207Q03HA	5,028	KSIZ_DEG_RAW.5
41	USESCH	7,478	KSIZ_DEG_RAW.6	103	ST034Q06TA	5,028	K8_A1
42	ST011Q05TA	7,384	K1_A4	104	ST208Q04HA	5,017	KSIZ_DEG_RAW.3
43	ST223Q08HA	7,307	KSIZ_DEG_RAW.5	105	JOYREAD	5,013	KSIZ_DEG_RAW.6
44	ST097Q05TA	7,234	K8_A3	106	ST213Q02HA	5,008	KSIZ_DEG_RAW.1
45	ST166Q05HA	7,205	KSIZ_DEG_RAW.2	107	ENTUSE	4,984	KSIZ_DEG_RAW.6
46	ST005Q01TA	6,958	K1_A3	108	ST158Q01HA	4,981	KSIZ_DEG_RAW.1
47	ST008Q03TA	6,857	K1_A3	109	ST207Q01HA	4,957	KSIZ_DEG_RAW.5
48	DISCRIM	6,849	KSIZ_DEG_RAW.6	110	ST104Q04NA	4,943	K8_A2
49	ST104Q03NA	6,840	K8_A2	111	ST218Q07HA	4,934	KSIZ_DEG_RAW.4
50	ISCEDO	6,826	K1_A1	112	ST161Q07HA	4,916	KSIZ_DEG_RAW.2
51	ST012Q05NA	6,806	K1_A4	113	ST177Q02HA	4,901	KSIZ_DEG_RAW.4
52	ST212Q01HA	6,806	KSIZ_DEG_RAW.1	114	HOMESCH	4,880	KSIZ_DEG_RAW.6
53	ST007Q01TA	6,759	K1_A3	115	ST215Q05HA	4,848	KSIZ_DEG_RAW.4
54	ST225Q03HA	6,731	KSIZ_DEG_RAW.2	116	ST097Q02TA	4,822	K8_A3
55	AWACOM	6,711	KSIZ_DEG_RAW.6	117	SCREADDIFF	4,711	KSIZ_DEG_RAW.6
56	ST100Q04TA	6,706	K8_A2	118	ST123Q04NA	4,698	K10_A2
57	ST196Q04HA	6,613	KSIZ_DEG_RAW.3	119	ST011Q16NA	4,672	K1_A4
58	TEACHSUP	6,612	K8_A2	120	WORKMAST	4,589	KSIZ_DEG_RAW.6
59	ST034Q01TA	6,603	K8_A1	121	FISCED_D	4,582	KSIZ_DEG_RAW.5
60	ST153Q06HA	6,432	KSIZ_DEG_RAW.1	122	ST167Q03IA	4,515	KSIZ_DEG_RAW.2
61	EMOSUPS	6,342	K10_A2	123	WEALTH	4,436	K1_A4
62	ST100Q03TA	6,299	K8_A2	124	ST036Q08TA	4,428	KSIZ_DEG_RAW.2

Ek Tablo 17. PISA-2018 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST217Q03HA	4,408	KSIZ_DEG_RAW.4	187	ST011Q11TA	2,933	K1_A4
126	SOIAICT	4,361	KSIZ_DEG_RAW.6	188	ST223Q05HA	2,910	KSIZ_DEG_RAW.5
127	LANGN	4,345	K1_A2	189	COMPICT	2,906	KSIZ_DEG_RAW.6
128	DURECEC	4,343	K1_A1	190	ST176Q06IA	2,893	KSIZ_DEG_RAW.2
129	ST011Q04TA	4,259	K1_A4	191	ST218Q05HA	2,887	KSIZ_DEG_RAW.4
130	ST204Q02HA	4,196	KSIZ_DEG_RAW.4	192	COGFLEX	2,871	KSIZ_DEG_RAW.6
131	ST186Q05HA	4,177	KSIZ_DEG_RAW.3	193	ST207Q02HA	2,866	KSIZ_DEG_RAW.5
132	ST158Q07HA	4,165	KSIZ_DEG_RAW.1	194	ST167Q02IA	2,865	KSIZ_DEG_RAW.2
133	ST196Q06HA	4,160	KSIZ_DEG_RAW.3	195	ST221Q02HA	2,842	KSIZ_DEG_RAW.5
134	ST225Q01HA	4,160	KSIZ_DEG_RAW.2	196	ST102Q02TA	2,842	KSIZ_DEG_RAW.1
135	GCAWARE	4,141	KSIZ_DEG_RAW.6	197	ST186Q06HA	2,839	KSIZ_DEG_RAW.3
136	ST161Q01HA	4,126	KSIZ_DEG_RAW.2	198	ST208Q01HA	2,835	KSIZ_DEG_RAW.3
137	ST097Q04TA	4,122	K8_A3	199	SCREADCOMP	2,834	KSIZ_DEG_RAW.6
138	ST153Q08HA	4,098	KSIZ_DEG_RAW.1	200	ST211Q01HA	2,817	KSIZ_DEG_RAW.1
139	REPEAT	4,090	K1_A1	201	ST150Q02IA	2,810	KSIZ_DEG_RAW.1
140	ST221Q06HA	4,059	KSIZ_DEG_RAW.5	202	ST217Q05HA	2,797	KSIZ_DEG_RAW.4
141	ST207Q04HA	4,038	KSIZ_DEG_RAW.5	203	ST123Q03NA	2,796	K10_A2
142	ICTSCH	4,029	KSIZ_DEG_RAW.5	204	ST177Q03HA	2,794	KSIZ_DEG_RAW.4
143	PERCOMP	4,018	KSIZ_DEG_RAW.6	205	ST205Q02HA	2,785	KSIZ_DEG_RAW.5
144	ST208Q02HA	4,005	KSIZ_DEG_RAW.3	206	ST012Q09NA	2,774	K1_A4
145	ST127Q03TA	3,971	K1_A1	207	ST165Q05IA	2,714	KSIZ_DEG_RAW.2
146	ST163Q04HA	3,899	KSIZ_DEG_RAW.2	208	ST166Q04HA	2,681	KSIZ_DEG_RAW.2
147	BOOKID	3,893	KSIZ_DEG_RAW.1	209	ST185Q02HA	2,619	KSIZ_DEG_RAW.3
148	ST125Q01NA	3,872	K1_A1	210	STIMREAD	2,603	KSIZ_DEG_RAW.6
149	ST164Q06IA	3,848	KSIZ_DEG_RAW.2	211	ST176Q07IA	2,574	KSIZ_DEG_RAW.2
150	ST222Q09HA	3,786	KSIZ_DEG_RAW.4	212	ST219Q01HA	2,568	KSIZ_DEG_RAW.4
151	ST188Q02HA	3,781	KSIZ_DEG_RAW.3	213	ST176Q01IA	2,549	KSIZ_DEG_RAW.2
152	ST008Q02TA	3,764	K1_A3	214	ST158Q02HA	2,526	KSIZ_DEG_RAW.1
153	ST163Q03HA	3,750	KSIZ_DEG_RAW.2	215	ST186Q10HA	2,521	KSIZ_DEG_RAW.3
154	HISCED_D	3,701	KSIZ_DEG_RAW.5	216	ST153Q04HA	2,516	KSIZ_DEG_RAW.1
155	ICTRES	3,666	K1_A4	217	FISCED	2,502	K1_A3
156	ST222Q08HA	3,612	KSIZ_DEG_RAW.4	218	ST011Q10TA	2,492	K1_A4
157	UNDREM	3,610	KSIZ_DEG_RAW.5	219	ST165Q03IA	2,482	KSIZ_DEG_RAW.2
158	PERCOOP	3,481	KSIZ_DEG_RAW.6	220	HISCED	2,470	K1_A3
159	ST197Q04HA	3,479	KSIZ_DEG_RAW.3	221	ST006Q01TA	2,466	K1_A3
160	ST022Q01TA	3,446	K1_A2	222	HOMEPOS	2,440	K1_A4
161	GLOBMIND	3,396	KSIZ_DEG_RAW.6	223	ST216Q02HA	2,413	KSIZ_DEG_RAW.4
162	ST197Q02HA	3,348	KSIZ_DEG_RAW.3	224	ST214Q01HA	2,386	KSIZ_DEG_RAW.4
163	ST023Q05TA	3,333	KSIZ_DEG_RAW.1	225	ST221Q05HA	2,380	KSIZ_DEG_RAW.5
164	ADAPTIVITY	3,323	KSIZ_DEG_RAW.6	226	ST165Q01IA	2,357	KSIZ_DEG_RAW.2
165	ST184Q01HA	3,304	KSIZ_DEG_RAW.3	227	ST215Q02HA	2,354	KSIZ_DEG_RAW.3
166	ST166Q01HA	3,287	KSIZ_DEG_RAW.2	228	SWBP	2,338	KSIZ_DEG_RAW.6
167	ST221Q04HA	3,285	KSIZ_DEG_RAW.5	229	ST160Q05IA	2,331	KSIZ_DEG_RAW.2
168	ST206Q02HA	3,273	KSIZ_DEG_RAW.5	230	ST186Q01HA	2,324	KSIZ_DEG_RAW.3
169	ST168Q01HA	3,244	KSIZ_DEG_RAW.2	231	ST164Q03IA	2,319	KSIZ_DEG_RAW.2
170	ST221Q01HA	3,241	KSIZ_DEG_RAW.4	232	ST218Q03HA	2,314	KSIZ_DEG_RAW.4
171	ST218Q01HA	3,196	KSIZ_DEG_RAW.4	233	ST216Q01HA	2,293	KSIZ_DEG_RAW.4
172	ST205Q03HA	3,148	KSIZ_DEG_RAW.5	234	ST185Q01HA	2,292	KSIZ_DEG_RAW.3
173	ST012Q07NA	3,099	K1_A4	235	ST216Q04HA	2,274	KSIZ_DEG_RAW.4
174	AUTICT	3,095	KSIZ_DEG_RAW.6	236	ST219Q03HA	2,256	KSIZ_DEG_RAW.4
175	ST160Q01IA	3,084	KSIZ_DEG_RAW.2	237	ST206Q03HA	2,248	KSIZ_DEG_RAW.5
176	ST164Q01IA	3,064	KSIZ_DEG_RAW.2	238	ST217Q04HA	2,234	KSIZ_DEG_RAW.4
177	ST220Q04HA	3,024	KSIZ_DEG_RAW.4	239	ST188Q01HA	2,229	KSIZ_DEG_RAW.3
178	ICTOUTSIDE	3,020	KSIZ_DEG_RAW.6	240	ST034Q02TA	2,219	K8_A1
179	BEINGBULLIED	3,014	KSIZ_DEG_RAW.6	241	ST222Q03HA	2,209	KSIZ_DEG_RAW.4
180	ST206Q01HA	3,014	KSIZ_DEG_RAW.5	242	ST214Q03HA	2,186	KSIZ_DEG_RAW.4
181	ST036Q05TA	2,974	KSIZ_DEG_RAW.2	243	EFFORT2	2,177	KSIZ_DEG_RAW.5
182	EUDMO	2,966	KSIZ_DEG_RAW.6	244	ST205Q04HA	2,169	KSIZ_DEG_RAW.5
183	ATTLNACT	2,961	KSIZ_DEG_RAW.6	245	ST167Q04IA	2,160	KSIZ_DEG_RAW.2
184	RESILIENCE	2,960	KSIZ_DEG_RAW.6	246	ST175Q01IA	2,156	KSIZ_DEG_RAW.2
185	ST012Q01TA	2,949	K1_A4	247	ST221Q03HA	2,149	KSIZ_DEG_RAW.5
186	ST217Q02HA	2,937	KSIZ_DEG_RAW.4	248	ST197Q09HA	2,146	KSIZ_DEG_RAW.3

Ek Tablo 17. PISA-2018 Türkiye örneklemi Fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST182Q04HA	2,137	KSIZ_DEG_RAW.3	311	COMPETE	1,002	KSIZ_DEG_RAW.6
250	PARED	2,114	K1_A3	312	ST011Q06TA	1,000	K1_A4
251	ST186Q08HA	2,061	KSIZ_DEG_RAW.3	313	ST216Q05HA	0,998	KSIZ_DEG_RAW.4
252	ST215Q01HA	2,060	KSIZ_DEG_RAW.3	314	ST012Q02TA	0,983	K1_A4
253	TEACHINT	2,057	KSIZ_DEG_RAW.6	315	ST197Q07HA	0,980	KSIZ_DEG_RAW.3
254	HEDRES	1,992	K1_A4	316	ST019CQ01T	0,980	K1_A2
255	ST196Q07HA	1,970	KSIZ_DEG_RAW.3	317	ST127Q01TA	0,963	K1_A1
256	ST223Q04HA	1,947	KSIZ_DEG_RAW.5	318	ST012Q08NA	0,960	K1_A4
257	ST036Q06TA	1,935	KSIZ_DEG_RAW.2	319	ST038Q03NA	0,931	K8_A1
258	ST161Q03HA	1,931	KSIZ_DEG_RAW.2	320	ST161Q08HA	0,920	KSIZ_DEG_RAW.2
259	ST181Q03HA	1,925	KSIZ_DEG_RAW.3	321	ST186Q03HA	0,915	KSIZ_DEG_RAW.3
260	ST164Q02IA	1,896	KSIZ_DEG_RAW.2	322	CULTPOSS	0,892	K1_A4
261	PERSPECT	1,873	KSIZ_DEG_RAW.6	323	ST102Q01TA	0,886	KSIZ_DEG_RAW.1
262	ST059Q01TA	1,865	KSIZ_DEG_RAW.5	324	ST183Q03HA	0,879	KSIZ_DEG_RAW.3
263	ST205Q01HA	1,845	KSIZ_DEG_RAW.5	325	ST218Q04HA	0,873	KSIZ_DEG_RAW.4
264	ST222Q05HA	1,833	KSIZ_DEG_RAW.4	326	ST212Q03HA	0,866	KSIZ_DEG_RAW.1
265	ST167Q01IA	1,831	KSIZ_DEG_RAW.2	327	ST218Q02HA	0,839	KSIZ_DEG_RAW.4
266	ST215Q03HA	1,784	KSIZ_DEG_RAW.3	328	ST225Q05HA	0,828	KSIZ_DEG_RAW.3
267	ST034Q04TA	1,774	K8_A1	329	ST188Q07HA	0,828	KSIZ_DEG_RAW.3
268	PAREDINT	1,752	KSIZ_DEG_RAW.5	330	ST213Q01HA	0,816	KSIZ_DEG_RAW.1
269	ST197Q12HA	1,749	KSIZ_DEG_RAW.3	331	ST219Q02HA	0,714	KSIZ_DEG_RAW.4
270	ST215Q04HA	1,738	KSIZ_DEG_RAW.3	332	ST214Q02HA	0,705	KSIZ_DEG_RAW.4
271	ST158Q06HA	1,710	KSIZ_DEG_RAW.1	333	ST197Q08HA	0,695	KSIZ_DEG_RAW.3
272	ST059Q02TA	1,696	KSIZ_DEG_RAW.5	334	ST003D02T	0,686	KSIZ_DEG_RAW.1
273	RESPECT	1,669	KSIZ_DEG_RAW.6	335	ST011Q09TA	0,677	K1_A4
274	ST188Q03HA	1,667	KSIZ_DEG_RAW.3	336	ST161Q02HA	0,668	KSIZ_DEG_RAW.2
275	ST012Q03TA	1,660	K1_A4	337	ST186Q02HA	0,664	KSIZ_DEG_RAW.3
276	ST183Q02HA	1,651	KSIZ_DEG_RAW.3	338	ST004D01T	0,650	K1_A1
277	ST160Q03IA	1,617	KSIZ_DEG_RAW.2	339	ST188Q06HA	0,649	KSIZ_DEG_RAW.3
278	ST217Q01HA	1,605	KSIZ_DEG_RAW.4	340	ST204Q05HA	0,639	KSIZ_DEG_RAW.4
279	ST216Q03HA	1,579	KSIZ_DEG_RAW.4	341	ST150Q01IA	0,636	KSIZ_DEG_RAW.1
280	ST153Q05HA	1,528	KSIZ_DEG_RAW.1	342	ST150Q04HA	0,605	KSIZ_DEG_RAW.1
281	ST019BQ01T	1,517	K1_A2	343	ST102Q04TA	0,601	KSIZ_DEG_RAW.1
282	ST222Q04HA	1,516	KSIZ_DEG_RAW.4	344	ST218Q06HA	0,573	KSIZ_DEG_RAW.4
283	EFFORT1	1,449	KSIZ_DEG_RAW.5	345	ST221Q08HA	0,567	KSIZ_DEG_RAW.5
284	ST223Q02HA	1,447	KSIZ_DEG_RAW.5	346	ST153Q09HA	0,552	KSIZ_DEG_RAW.1
285	ST176Q05IA	1,434	KSIZ_DEG_RAW.2	347	ST211Q02HA	0,534	KSIZ_DEG_RAW.1
286	ST153Q10HA	1,429	KSIZ_DEG_RAW.1	348	ST222Q06HA	0,502	KSIZ_DEG_RAW.4
287	ST161Q06HA	1,425	KSIZ_DEG_RAW.2	349	ST204Q04HA	0,494	KSIZ_DEG_RAW.4
288	GFOFAIL	1,414	KSIZ_DEG_RAW.6	350	ST181Q02HA	0,474	KSIZ_DEG_RAW.3
289	ST153Q03HA	1,377	KSIZ_DEG_RAW.1	351	ST153Q02HA	0,457	KSIZ_DEG_RAW.1
290	ST221Q09HA	1,366	KSIZ_DEG_RAW.5	352	ST127Q02TA	0,437	K1_A1
291	ST214Q06HA	1,337	KSIZ_DEG_RAW.4	353	ST221Q07HA	0,405	KSIZ_DEG_RAW.5
292	ST216Q06HA	1,317	KSIZ_DEG_RAW.4	354	ST222Q10HA	0,397	KSIZ_DEG_RAW.4
293	ST185Q03HA	1,310	KSIZ_DEG_RAW.3	355	ST206Q04HA	0,380	KSIZ_DEG_RAW.5
294	ST220Q01HA	1,291	KSIZ_DEG_RAW.4	356	ST211Q03HA	0,379	KSIZ_DEG_RAW.1
295	ST213Q03HA	1,285	KSIZ_DEG_RAW.1	357	ST023Q04TA	0,338	KSIZ_DEG_RAW.1
296	ST219Q06HA	1,249	KSIZ_DEG_RAW.4	358	ST152Q06IA	0,319	KSIZ_DEG_RAW.1
297	ST220Q02HA	1,226	KSIZ_DEG_RAW.4	359	ST019AQ01T	0,313	K1_A2
298	ST158Q03HA	1,213	KSIZ_DEG_RAW.1	360	ST152Q08IA	0,254	KSIZ_DEG_RAW.1
299	ST186Q07HA	1,195	KSIZ_DEG_RAW.3	361	ST150Q03IA	0,199	KSIZ_DEG_RAW.1
300	ST008Q01TA	1,176	K1_A3	362	ST152Q07IA	0,188	KSIZ_DEG_RAW.1
301	ST011Q12TA	1,162	K1_A4	363	IMMIG	0,185	K1_A2
302	ST176Q03IA	1,154	KSIZ_DEG_RAW.2	364	ST011Q03TA	0,178	K1_A4
303	ST167Q05IA	1,120	KSIZ_DEG_RAW.2	365	ST181Q04HA	0,171	KSIZ_DEG_RAW.3
304	INTCULT	1,096	KSIZ_DEG_RAW.6	366	ST011Q02TA	0,168	K1_A4
305	ST219Q05HA	1,096	KSIZ_DEG_RAW.4	367	ST212Q02HA	0,164	KSIZ_DEG_RAW.1
306	ST006Q02TA	1,094	K1_A3	368	ST213Q04HA	0,158	KSIZ_DEG_RAW.1
307	ST183Q01HA	1,051	KSIZ_DEG_RAW.3	369	ISCEDL	0,139	K1_A1
308	ST221Q11HA	1,049	KSIZ_DEG_RAW.5				
309	ST222Q01HA	1,044	KSIZ_DEG_RAW.4				
310	ST011Q01TA	1,015	K1_A4				

Ek Tablo 18. PISA-2018 Türkiye örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC012Q06TA	19,843	K10_A3K11K12	63	SC061Q10TA	0,979	K8_A45
2	SC001Q01TA	17,761	K5_A0	64	SC016Q03TA	0,952	KSIZ_DEG_RAW.1
3	W.FSTUWT.SCH.Sum	14,777	KSIZ_DEG_RAW.1	65	SC018Q06NA01	0,924	KSIZ_DEG_RAW.1
4	SC017Q01NA	12,976	K6_A1	66	SC004Q03TA	0,898	KSIZ_DEG_RAW.1
5	SC061Q05TA	12,068	K8_A45	67	SC162Q01SA	0,765	KSIZ_DEG_RAW.1
6	CREACTIV	11,237	K10_A3K11K12	68	SC012Q05TA	0,762	K10_A3K11K12
7	STUBEHA	9,965	K8_A45	69	SC025Q01NA	0,743	KSIZ_DEG_RAW.1
8	SC048Q02NA	9,561	KSIZ_DEG_RAW.1	70	SC061Q11HA	0,738	KSIZ_DEG_RAW.1
9	SC053Q09TA	9,215	K10_A3K11K12	71	SC018Q05NA01	0,722	KSIZ_DEG_RAW.1
10	SC037Q07TA	8,427	K10_A3K11K12	72	SC061Q03TA	0,593	K8_A45
11	SC164Q01HA	8,129	KSIZ_DEG_RAW.1	73	SC018Q02TA01	0,587	KSIZ_DEG_RAW.1
12	SC053Q03TA	7,858	K10_A3K11K12	74	SC037Q01TA	0,584	K10_A3K11K12
13	SC061Q02TA	7,693	K8_A45	75	SC036Q01TA	0,530	K8_A45
14	SC017Q07NA	7,147	K6_A1	76	SC004Q07NA	0,443	KSIZ_DEG_RAW.1
15	SC037Q04TA	6,715	K10_A3K11K12	77	SC004Q05NA	0,432	KSIZ_DEG_RAW.1
16	SC037Q03TA	6,374	K10_A3K11K12	78	SC155Q08HA	0,425	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC012Q01TA	5,298	K10_A3K11K12	79	SC064Q04NA	0,336	KSIZ_DEG_RAW.1
18	SC042Q02TA	5,030	K5_A0	80	SC018Q01TA01	0,329	KSIZ_DEG_RAW.1
19	STAFFSHORT	4,935	K6_A1	81	SC155Q05HA	0,329	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC061Q01TA	4,643	K8_A45	82	SC061Q04TA	0,316	K8_A45
21	SC017Q02NA	4,265	K6_A1	83	SC018Q07NA01	0,306	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC017Q08NA	4,112	K6_A1	84	SC064Q02TA	0,276	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC037Q08TA	3,957	K10_A3K11K12	85	SC155Q11HA	0,271	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC061Q06TA	3,799	K8_A45	86	SC150Q01IA	0,257	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC017Q06NA	3,565	K6_A1	87	SC011Q01TA	0,235	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SCHSIZE	3,485	K5_A0	88	SC150Q02IA	0,229	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC042Q01TA	3,343	K5_A0	89	SC158Q09HA	0,227	KSIZ_DEG_RAW.1
28	SC048Q03NA	3,140	KSIZ_DEG_RAW.1	90	SC004Q06NA	0,217	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC017Q05NA	3,031	K6_A1	91	SC018Q01TA02	0,215	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SC052Q02NA	2,631	K6_A1	92	SC154Q07WA	0,207	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC017Q04NA	2,547	K6_A1	93	SC155Q09HA	0,196	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC003Q01TA	2,478	K5_A0	94	SC161Q02SA	0,173	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC061Q08TA	2,473	K8_A45	95	SC166Q05HA	0,165	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC017Q03NA	2,451	K6_A1	96	SC160Q01WA	0,155	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC012Q02TA	2,351	K10_A3K11K12	97	SCHLTYPE	0,154	K5_A0
36	SC037Q09TA	2,338	K10_A3K11K12	98	SC159Q01HA	0,152	KSIZ_DEG_RAW.1
37	TEACHBEHA	2,229	K8_A45	99	SC013Q01TA	0,149	K5_A0
38	SC012Q07TA	2,199	K10_A3K11K12	100	SC156Q08HA	0,148	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SC002Q01TA	2,138	KSIZ_DEG_RAW.1	101	SC155Q02HA	0,144	KSIZ_DEG_RAW.1
40	W_SCHGRNRABWT	2,132	KSIZ_DEG_RAW.1	102	SC155Q03HA	0,141	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC052Q01NA	2,123	K6_A1	103	SC150Q04IA	0,140	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SENWT	2,095	KSIZ_DEG_RAW.1	104	SC016Q02TA	0,134	KSIZ_DEG_RAW.1
43	CLSIZE	2,082	K5_A0	105	SC154Q11HA	0,133	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC064Q01TA	1,991	KSIZ_DEG_RAW.1	106	SC161Q04SA	0,131	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC037Q10NA	1,897	K10_A3K11K12	107	SC165Q07HA	0,131	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC053Q01TA	1,885	K10_A3K11K12	108	SC155Q07HA	0,122	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC016Q01TA	1,831	KSIZ_DEG_RAW.1	109	SC036Q02TA	0,111	K8_A45
48	SC048Q01NA	1,765	KSIZ_DEG_RAW.1	110	SCMCEG	0,101	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC012Q03TA	1,711	K10_A3K11K12	111	SC155Q10HA	0,099	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC016Q04TA	1,710	KSIZ_DEG_RAW.1	112	SC053Q13IA	0,097	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC002Q02TA	1,487	KSIZ_DEG_RAW.1	113	SC161Q03SA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC004Q01TA	1,450	KSIZ_DEG_RAW.1	114	SC155Q04HA	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC061Q09TA	1,440	K8_A45	115	SC165Q10HA	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC061Q07TA	1,282	K8_A45	116	SC165Q03HA	0,079	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC004Q02TA	1,211	KSIZ_DEG_RAW.1	117	SC052Q03HA	0,077	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC036Q03NA	1,182	K8_A45	118	SC165Q02HA	0,077	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC064Q03TA	1,147	KSIZ_DEG_RAW.1	119	SC161Q01SA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC004Q04NA	1,132	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC158Q02HA	0,072	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC012Q04TA	1,109	K10_A3K11K12	121	SC154Q08WA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC037Q02TA	1,054	K10_A3K11K12	122	SC166Q06HA	0,061	KSIZ_DEG_RAW.1
61	EDUSHORT	1,029	KSIZ_DEG_RAW.1	123	SC150Q03IA	0,060	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC053Q02TA	1,001	K10_A3K11K12	124	SC053Q16IA	0,060	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 18. PISA-2018 Türkiye örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC156Q06HA	0,060	KSIZ_DEG_RAW.1				
126	SC154Q04WA	0,057	KSIZ_DEG_RAW.1				
127	SC166Q02HA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1				
128	SC158Q08HA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1				
129	SC156Q07HA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1				
130	SC156Q03HA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1				
131	SC165Q09HA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1				
132	SC154Q03WA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1				
133	SC165Q01HA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1				
134	SC166Q03HA	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1				
135	SC167Q02HA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1				
136	SC156Q05HA	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1				
137	SC053Q15IA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
138	SC154Q05WA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
139	SC165Q08HA	0,040	KSIZ_DEG_RAW.1				
140	SC053Q12IA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1				
141	SC165Q06HA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1				
142	SC165Q05HA	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1				
143	SC155Q01HA	0,035	KSIZ_DEG_RAW.1				
144	SC053Q14IA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
145	SC150Q05IA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
146	SC161Q05SA	0,033	KSIZ_DEG_RAW.1				
147	SC154Q10WA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1				
148	SC167Q04HA	0,031	KSIZ_DEG_RAW.1				
149	SC156Q02HA	0,029	KSIZ_DEG_RAW.1				
150	SC154Q09HA	0,024	KSIZ_DEG_RAW.1				
151	SC155Q06HA	0,023	KSIZ_DEG_RAW.1				
152	SC167Q03HA	0,021	KSIZ_DEG_RAW.1				
153	SC154Q06WA	0,020	KSIZ_DEG_RAW.1				
154	SC158Q12HA	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
155	SC156Q01HA	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
156	SC158Q07HA	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
157	SC156Q04HA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1				
158	SC167Q01HA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1				
159	SC165Q04HA	0,015	KSIZ_DEG_RAW.1				
160	SC152Q01HA	0,009	KSIZ_DEG_RAW.1				
161	SC037Q05NA	0	K10_A3K11K12				
162	SC037Q06NA	0	K10_A3K11K12				
163	SC167Q05HA	0	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 19. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	34,331	K1_A3	63	ST153Q06HA	6,432	KSIZ_DEG_RAW.1
2	ST189Q01HA	22,606	KSIZ_DEG_RAW.4	64	ST165Q02IA	6,367	KSIZ_DEG_RAW.2
3	ST013Q01TA	19,168	K1_A4	65	ATTIMM	6,348	KSIZ_DEG_RAW.6
4	ST166Q03HA	13,684	KSIZ_DEG_RAW.2	66	ST062Q02TA	6,336	K8_A3
5	ST059Q03TA	13,364	KSIZ_DEG_RAW.5	67	ST218Q07HA	6,210	KSIZ_DEG_RAW.4
6	ISCEDO	13,274	K1_A1	68	ST208Q04HA	6,198	KSIZ_DEG_RAW.3
7	ICTCLASS	13,137	KSIZ_DEG_RAW.6	69	MASTGOAL	6,174	KSIZ_DEG_RAW.6
8	ST023Q02TA	13,121	KSIZ_DEG_RAW.1	70	ENTUSE	6,157	KSIZ_DEG_RAW.6
9	ST204Q03HA	13,001	KSIZ_DEG_RAW.4	71	ST182Q05HA	6,132	KSIZ_DEG_RAW.3
10	PISADIFF	12,755	KSIZ_DEG_RAW.6	72	ST123Q04NA	6,131	K10_A2
11	ST123Q02NA	12,721	K10_A2	73	ST011Q16NA	6,100	K1_A4
12	ISCEDD	12,373	K1_A1	74	ST164Q05IA	6,100	KSIZ_DEG_RAW.2
13	MISCED	12,315	K1_A3	75	ST023Q03TA	6,079	KSIZ_DEG_RAW.1
14	ST097Q03TA	12,312	K8_A3	76	ST177Q01HA	6,031	KSIZ_DEG_RAW.4
15	ST007Q01TA	11,811	K1_A3	77	ST153Q01HA	5,917	KSIZ_DEG_RAW.1
16	METASPAM	11,437	KSIZ_DEG_RAW.5	78	ST001D01T	5,904	KSIZ_DEG_RAW.1
17	ST225Q06HA	11,079	KSIZ_DEG_RAW.3	79	ST012Q05NA	5,878	K1_A4
18	ST154Q01HA	11,008	KSIZ_DEG_RAW.1	80	ST164Q04IA	5,856	KSIZ_DEG_RAW.2
19	ST186Q09HA	10,605	KSIZ_DEG_RAW.3	81	ST196Q02HA	5,765	KSIZ_DEG_RAW.3
20	HISCED	10,471	K1_A3	82	ST158Q05HA	5,739	KSIZ_DEG_RAW.1
21	ST152Q05IA	10,441	KSIZ_DEG_RAW.1	83	ST158Q04HA	5,593	KSIZ_DEG_RAW.1
22	ST100Q01TA	9,877	K8_A2	84	ST097Q02TA	5,592	K8_A3
23	GCSELFEFF	9,857	KSIZ_DEG_RAW.6	85	EMOSUPS	5,569	K10_A2
24	ST062Q03TA	9,837	K8_A3	86	ST176Q02IA	5,513	KSIZ_DEG_RAW.2
25	HISEI	9,507	KSIZ_DEG_RAW.5	87	ICTHOME	5,486	KSIZ_DEG_RAW.5
26	BELONG	9,433	K8_A1	88	ST023Q01TA	5,442	KSIZ_DEG_RAW.1
27	REPEAT	9,089	K1_A1	89	GLOBMIND	5,441	KSIZ_DEG_RAW.6
28	ST060Q01NA	9,004	KSIZ_DEG_RAW.5	90	ST062Q01TA	5,355	K8_A3
29	ST166Q02HA	8,698	KSIZ_DEG_RAW.2	91	DISCLIMA	5,294	KSIZ_DEG_RAW.5
30	ST097Q01TA	8,602	K8_A3	92	SOIAICT	5,270	KSIZ_DEG_RAW.6
31	ST182Q06HA	8,551	KSIZ_DEG_RAW.3	93	ST160Q04IA	5,175	KSIZ_DEG_RAW.2
32	ST005Q01TA	8,272	K1_A3	94	ST165Q03IA	5,131	KSIZ_DEG_RAW.2
33	ST163Q02HA	8,183	KSIZ_DEG_RAW.2	95	ST161Q01HA	5,124	KSIZ_DEG_RAW.2
34	ST011Q07TA	8,155	K1_A4	96	DISCRIM	5,027	KSIZ_DEG_RAW.6
35	METASUM	8,141	KSIZ_DEG_RAW.5	97	ST016Q01NA	5,017	KSIZ_DEG_RAW.2
36	ST225Q02HA	8,133	KSIZ_DEG_RAW.2	98	ST213Q02HA	5,008	KSIZ_DEG_RAW.1
37	USESCH	8,113	KSIZ_DEG_RAW.6	99	SCREADCOMP	5,001	KSIZ_DEG_RAW.6
38	ST038Q04NA	8,085	K8_A1	100	ST168Q01HA	4,996	KSIZ_DEG_RAW.2
39	ST126Q01TA	8,060	K1_A1	101	ST158Q01HA	4,981	KSIZ_DEG_RAW.1
40	ST102Q03TA	7,845	KSIZ_DEG_RAW.1	102	PERCOMP	4,967	KSIZ_DEG_RAW.6
41	PARED	7,839	K1_A3	103	FISCED_D	4,863	KSIZ_DEG_RAW.5
42	ST038Q06NA	7,763	K8_A1	104	ST022Q01TA	4,858	K1_A2
43	ST166Q05HA	7,543	KSIZ_DEG_RAW.2	105	PERCOOP	4,833	KSIZ_DEG_RAW.6
44	ST104Q02NA	7,518	K8_A2	106	INTICT	4,821	KSIZ_DEG_RAW.6
45	ST225Q03HA	7,470	KSIZ_DEG_RAW.2	107	ATTLNACT	4,810	KSIZ_DEG_RAW.6
46	ST011Q05TA	7,405	K1_A4	108	WORKMAST	4,776	KSIZ_DEG_RAW.6
47	FISCED	7,362	K1_A3	109	ST164Q01IA	4,705	KSIZ_DEG_RAW.2
48	ST004D01T	7,355	K1_A1	110	DURECEC	4,702	K1_A1
49	DIRINS	7,198	KSIZ_DEG_RAW.6	111	ST207Q01HA	4,621	KSIZ_DEG_RAW.5
50	ST008Q02TA	7,175	K1_A3	112	ST196Q04HA	4,598	KSIZ_DEG_RAW.3
51	ST038Q07NA	7,001	K8_A1	113	ST097Q05TA	4,561	K8_A3
52	ST197Q01HA	6,946	KSIZ_DEG_RAW.3	114	ST034Q05TA	4,551	K8_A1
53	ST125Q01NA	6,919	K1_A1	115	ST175Q01IA	4,506	KSIZ_DEG_RAW.2
54	ST160Q02IA	6,882	KSIZ_DEG_RAW.2	116	ST011Q08TA	4,504	K1_A4
55	AWACOM	6,873	KSIZ_DEG_RAW.6	117	ST163Q04HA	4,485	KSIZ_DEG_RAW.2
56	ST219Q04HA	6,857	KSIZ_DEG_RAW.4	118	ST100Q03TA	4,450	K8_A2
57	ST212Q01HA	6,806	KSIZ_DEG_RAW.1	119	ST167Q03IA	4,424	KSIZ_DEG_RAW.2
58	HOMESCH	6,690	KSIZ_DEG_RAW.6	120	ST104Q03NA	4,422	K8_A2
59	ST220Q03HA	6,664	KSIZ_DEG_RAW.4	121	ST034Q06TA	4,382	K8_A1
60	ST165Q04IA	6,636	KSIZ_DEG_RAW.2	122	ST038Q05NA	4,381	K8_A1
61	ST182Q03HA	6,543	KSIZ_DEG_RAW.3	123	ST036Q05TA	4,342	KSIZ_DEG_RAW.2
62	ST196Q03HA	6,501	KSIZ_DEG_RAW.3	124	ST034Q01TA	4,331	K8_A1

Ek Tablo 19. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST222Q08HA	4,236	KSIZ_DEG_RAW.4	187	ST223Q05HA	2,873	KSIZ_DEG_RAW.5
126	ST222Q09HA	4,227	KSIZ_DEG_RAW.4	188	TEACHINT	2,847	KSIZ_DEG_RAW.6
127	ST196Q05HA	4,223	KSIZ_DEG_RAW.3	189	ST102Q02TA	2,842	KSIZ_DEG_RAW.1
128	ST161Q07HA	4,215	KSIZ_DEG_RAW.2	190	ST211Q01HA	2,817	KSIZ_DEG_RAW.1
129	ST012Q06NA	4,209	K1_A4	191	ST150Q02IA	2,810	KSIZ_DEG_RAW.1
130	ST036Q08TA	4,199	KSIZ_DEG_RAW.2	192	ST197Q09HA	2,786	KSIZ_DEG_RAW.3
131	ST158Q07HA	4,165	KSIZ_DEG_RAW.1	193	ST220Q04HA	2,725	KSIZ_DEG_RAW.4
132	TEACHSUP	4,106	K8_A2	194	ST123Q03NA	2,724	K10_A2
133	PERFEED	4,104	K8_A2	195	ST011Q10TA	2,701	K1_A4
134	ST153Q08HA	4,098	KSIZ_DEG_RAW.1	196	ST220Q01HA	2,682	KSIZ_DEG_RAW.4
135	ST207Q05HA	4,072	KSIZ_DEG_RAW.5	197	ST184Q01HA	2,669	KSIZ_DEG_RAW.3
136	ICTOUTSIDE	4,036	KSIZ_DEG_RAW.6	198	ST167Q04IA	2,669	KSIZ_DEG_RAW.2
137	STIMREAD	4,026	KSIZ_DEG_RAW.6	199	ST215Q04HA	2,638	KSIZ_DEG_RAW.3
138	ST186Q05HA	4,020	KSIZ_DEG_RAW.3	200	ST012Q07NA	2,632	K1_A4
139	ST215Q05HA	3,986	KSIZ_DEG_RAW.4	201	ST036Q06TA	2,566	KSIZ_DEG_RAW.2
140	ST215Q01HA	3,981	KSIZ_DEG_RAW.3	202	ST188Q02HA	2,545	KSIZ_DEG_RAW.3
141	ST225Q01HA	3,957	KSIZ_DEG_RAW.2	203	ST186Q08HA	2,543	KSIZ_DEG_RAW.3
142	ADAPTIVITY	3,945	KSIZ_DEG_RAW.6	204	ST158Q02HA	2,526	KSIZ_DEG_RAW.1
143	ST163Q03HA	3,944	KSIZ_DEG_RAW.2	205	ST153Q04HA	2,516	KSIZ_DEG_RAW.1
144	ST034Q03TA	3,919	K8_A1	206	AUTICT	2,492	KSIZ_DEG_RAW.6
145	BOOKID	3,893	KSIZ_DEG_RAW.1	207	SWBP	2,488	KSIZ_DEG_RAW.6
146	ST164Q03IA	3,853	KSIZ_DEG_RAW.2	208	ST166Q04HA	2,429	KSIZ_DEG_RAW.2
147	PERSPECT	3,831	KSIZ_DEG_RAW.6	209	ST160Q05IA	2,361	KSIZ_DEG_RAW.2
148	ST167Q02IA	3,808	KSIZ_DEG_RAW.2	210	ST167Q01IA	2,346	KSIZ_DEG_RAW.2
149	ST012Q09NA	3,761	K1_A4	211	ST186Q02HA	2,339	KSIZ_DEG_RAW.3
150	ST177Q02HA	3,758	KSIZ_DEG_RAW.4	212	ST167Q05IA	2,330	KSIZ_DEG_RAW.2
151	COGFLEX	3,692	KSIZ_DEG_RAW.6	213	ST216Q03HA	2,318	KSIZ_DEG_RAW.4
152	ST097Q04TA	3,689	K8_A3	214	ICTRES	2,314	K1_A4
153	ST208Q01HA	3,652	KSIZ_DEG_RAW.3	215	ST034Q04TA	2,284	K8_A1
154	HISCED_D	3,646	KSIZ_DEG_RAW.5	216	ST008Q03TA	2,277	K1_A3
155	ST217Q03HA	3,615	KSIZ_DEG_RAW.4	217	ST100Q02TA	2,245	K8_A2
156	ST204Q02HA	3,601	KSIZ_DEG_RAW.4	218	ST166Q01HA	2,242	KSIZ_DEG_RAW.2
157	ST038Q08NA	3,599	K8_A1	219	ST164Q06IA	2,242	KSIZ_DEG_RAW.2
158	ST218Q05HA	3,593	KSIZ_DEG_RAW.4	220	ST185Q01HA	2,212	KSIZ_DEG_RAW.3
159	ST197Q02HA	3,572	KSIZ_DEG_RAW.3	221	ST164Q02IA	2,163	KSIZ_DEG_RAW.2
160	RESILIENCE	3,482	KSIZ_DEG_RAW.6	222	EUDMO	2,139	KSIZ_DEG_RAW.6
161	ST059Q04HA	3,472	KSIZ_DEG_RAW.5	223	ST186Q10HA	2,136	KSIZ_DEG_RAW.3
162	HOMEPOS	3,467	K1_A4	224	ST188Q07HA	2,125	KSIZ_DEG_RAW.3
163	ST197Q04HA	3,451	KSIZ_DEG_RAW.3	225	ST207Q03HA	2,112	KSIZ_DEG_RAW.5
164	ST186Q06HA	3,437	KSIZ_DEG_RAW.3	226	ST206Q01HA	2,098	KSIZ_DEG_RAW.5
165	JOYREAD	3,429	KSIZ_DEG_RAW.6	227	ST182Q04HA	2,079	KSIZ_DEG_RAW.3
166	ST176Q01IA	3,351	KSIZ_DEG_RAW.2	228	ST208Q02HA	2,017	KSIZ_DEG_RAW.3
167	ICTSCH	3,340	KSIZ_DEG_RAW.5	229	ST215Q02HA	2,003	KSIZ_DEG_RAW.3
168	ST023Q05TA	3,333	KSIZ_DEG_RAW.1	230	ST176Q06IA	2,000	KSIZ_DEG_RAW.2
169	ST196Q06HA	3,328	KSIZ_DEG_RAW.3	231	RESPECT	1,997	KSIZ_DEG_RAW.6
170	ST221Q04HA	3,314	KSIZ_DEG_RAW.5	232	HEDRES	1,990	K1_A4
171	ST216Q01HA	3,273	KSIZ_DEG_RAW.4	233	ST161Q03HA	1,984	KSIZ_DEG_RAW.2
172	WEALTH	3,251	K1_A4	234	ST188Q01HA	1,966	KSIZ_DEG_RAW.3
173	ST218Q01HA	3,246	KSIZ_DEG_RAW.4	235	ST176Q03IA	1,949	KSIZ_DEG_RAW.2
174	COMPICT	3,217	KSIZ_DEG_RAW.6	236	BEINGBULLIED	1,919	KSIZ_DEG_RAW.6
175	ST011Q04TA	3,205	K1_A4	237	ST216Q02HA	1,904	KSIZ_DEG_RAW.4
176	ST206Q02HA	3,198	KSIZ_DEG_RAW.5	238	ST177Q03HA	1,902	KSIZ_DEG_RAW.4
177	ST221Q01HA	3,132	KSIZ_DEG_RAW.4	239	ST205Q04HA	1,899	KSIZ_DEG_RAW.5
178	ST176Q07IA	3,115	KSIZ_DEG_RAW.2	240	ST214Q03HA	1,897	KSIZ_DEG_RAW.4
179	ST185Q02HA	3,083	KSIZ_DEG_RAW.3	241	ST221Q05HA	1,887	KSIZ_DEG_RAW.5
180	ST100Q04TA	3,081	K8_A2	242	EFFORT2	1,887	KSIZ_DEG_RAW.5
181	MISCED_D	3,079	KSIZ_DEG_RAW.5	243	ST127Q03TA	1,884	K1_A1
182	ST223Q08HA	3,072	KSIZ_DEG_RAW.5	244	ST221Q11HA	1,880	KSIZ_DEG_RAW.5
183	SCREADDIFF	3,049	KSIZ_DEG_RAW.6	245	EFFORT1	1,868	KSIZ_DEG_RAW.5
184	GCAWARE	2,996	KSIZ_DEG_RAW.6	246	ST188Q03HA	1,842	KSIZ_DEG_RAW.3
185	ST160Q01IA	2,954	KSIZ_DEG_RAW.2	247	ST165Q01IA	1,839	KSIZ_DEG_RAW.2
186	ST217Q04HA	2,943	KSIZ_DEG_RAW.4	248	ST197Q12HA	1,782	KSIZ_DEG_RAW.3

Ek Tablo 19. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST165Q05IA	1,779	KSIZ_DEG_RAW.2	311	ST221Q06HA	1,001	KSIZ_DEG_RAW.5
250	ST006Q01TA	1,766	K1_A3	312	ST204Q04HA	0,977	KSIZ_DEG_RAW.4
251	ST186Q03HA	1,758	KSIZ_DEG_RAW.3	313	ST219Q01HA	0,961	KSIZ_DEG_RAW.4
252	ST217Q02HA	1,755	KSIZ_DEG_RAW.4	314	PAREDINT	0,955	KSIZ_DEG_RAW.5
253	ST183Q01HA	1,749	KSIZ_DEG_RAW.3	315	ST221Q09HA	0,931	KSIZ_DEG_RAW.5
254	UNDREM	1,740	KSIZ_DEG_RAW.5	316	ST102Q01TA	0,886	KSIZ_DEG_RAW.1
255	ST197Q07HA	1,734	KSIZ_DEG_RAW.3	317	ST204Q05HA	0,879	KSIZ_DEG_RAW.4
256	ST011Q09TA	1,729	K1_A4	318	ST212Q03HA	0,866	KSIZ_DEG_RAW.1
257	ST197Q08HA	1,712	KSIZ_DEG_RAW.3	319	ST213Q01HA	0,816	KSIZ_DEG_RAW.1
258	ST158Q06HA	1,710	KSIZ_DEG_RAW.1	320	ST181Q04HA	0,797	KSIZ_DEG_RAW.3
259	ST059Q02TA	1,708	KSIZ_DEG_RAW.5	321	ST205Q03HA	0,791	KSIZ_DEG_RAW.5
260	ST221Q02HA	1,695	KSIZ_DEG_RAW.5	322	ST161Q08HA	0,785	KSIZ_DEG_RAW.2
261	ST160Q03IA	1,653	KSIZ_DEG_RAW.2	323	ST207Q04HA	0,781	KSIZ_DEG_RAW.5
262	ST012Q02TA	1,629	K1_A4	324	ST008Q01TA	0,724	K1_A3
263	ST186Q01HA	1,617	KSIZ_DEG_RAW.3	325	ST218Q06HA	0,713	KSIZ_DEG_RAW.4
264	ST011Q12TA	1,606	K1_A4	326	ST003D02T	0,686	KSIZ_DEG_RAW.1
265	ST059Q01TA	1,593	KSIZ_DEG_RAW.5	327	ST222Q03HA	0,676	KSIZ_DEG_RAW.4
266	ST215Q03HA	1,577	KSIZ_DEG_RAW.3	328	ST216Q06HA	0,675	KSIZ_DEG_RAW.4
267	COMPETE	1,552	KSIZ_DEG_RAW.6	329	ST223Q04HA	0,674	KSIZ_DEG_RAW.5
268	ST196Q07HA	1,538	KSIZ_DEG_RAW.3	330	ST214Q06HA	0,670	KSIZ_DEG_RAW.4
269	ST153Q05HA	1,528	KSIZ_DEG_RAW.1	331	ST127Q01TA	0,669	K1_A1
270	ST181Q03HA	1,517	KSIZ_DEG_RAW.3	332	ST150Q01IA	0,636	KSIZ_DEG_RAW.1
271	ST176Q05IA	1,514	KSIZ_DEG_RAW.2	333	ST219Q02HA	0,630	KSIZ_DEG_RAW.4
272	CULTPOSS	1,510	K1_A4	334	ST218Q04HA	0,629	KSIZ_DEG_RAW.4
273	ST183Q03HA	1,508	KSIZ_DEG_RAW.3	335	ST150Q04HA	0,605	KSIZ_DEG_RAW.1
274	ST216Q04HA	1,507	KSIZ_DEG_RAW.4	336	ST102Q04TA	0,601	KSIZ_DEG_RAW.1
275	ST207Q02HA	1,498	KSIZ_DEG_RAW.5	337	ST220Q02HA	0,576	KSIZ_DEG_RAW.4
276	ST019BQ01T	1,485	K1_A2	338	ST153Q09HA	0,552	KSIZ_DEG_RAW.1
277	ST012Q03TA	1,467	K1_A4	339	ST019CQ01T	0,548	K1_A2
278	GFOFAIL	1,454	KSIZ_DEG_RAW.6	340	ST221Q08HA	0,543	KSIZ_DEG_RAW.5
279	ST205Q01HA	1,431	KSIZ_DEG_RAW.5	341	ST211Q02HA	0,534	KSIZ_DEG_RAW.1
280	ST153Q10HA	1,429	KSIZ_DEG_RAW.1	342	ST206Q03HA	0,518	KSIZ_DEG_RAW.5
281	ST217Q01HA	1,407	KSIZ_DEG_RAW.4	343	ST221Q07HA	0,494	KSIZ_DEG_RAW.5
282	ST161Q02HA	1,377	KSIZ_DEG_RAW.2	344	ISCEDL	0,489	K1_A1
283	ST153Q03HA	1,377	KSIZ_DEG_RAW.1	345	ST221Q03HA	0,485	KSIZ_DEG_RAW.5
284	ST222Q05HA	1,326	KSIZ_DEG_RAW.4	346	ST219Q06HA	0,479	KSIZ_DEG_RAW.4
285	ST034Q02TA	1,322	K8_A1	347	ST225Q05HA	0,472	KSIZ_DEG_RAW.3
286	ST213Q03HA	1,285	KSIZ_DEG_RAW.1	348	ST153Q02HA	0,457	KSIZ_DEG_RAW.1
287	INTCULT	1,283	KSIZ_DEG_RAW.6	349	IMMIG	0,430	K1_A2
288	ST217Q05HA	1,269	KSIZ_DEG_RAW.4	350	ST222Q01HA	0,429	KSIZ_DEG_RAW.4
289	ST219Q05HA	1,247	KSIZ_DEG_RAW.4	351	ST218Q02HA	0,413	KSIZ_DEG_RAW.4
290	ST006Q02TA	1,241	K1_A3	352	ST038Q03NA	0,381	K8_A1
291	ST214Q01HA	1,234	KSIZ_DEG_RAW.4	353	ST011Q02TA	0,381	K1_A4
292	ST214Q02HA	1,224	KSIZ_DEG_RAW.4	354	ST211Q03HA	0,379	KSIZ_DEG_RAW.1
293	ST158Q03HA	1,213	KSIZ_DEG_RAW.1	355	ST011Q01TA	0,355	K1_A4
294	ST012Q08NA	1,213	K1_A4	356	ST019AQ01T	0,349	K1_A2
295	LANGN	1,164	K1_A2	357	ST023Q04TA	0,338	KSIZ_DEG_RAW.1
296	ST206Q04HA	1,161	KSIZ_DEG_RAW.5	358	ST216Q05HA	0,323	KSIZ_DEG_RAW.4
297	ST222Q04HA	1,141	KSIZ_DEG_RAW.4	359	ST152Q06IA	0,319	KSIZ_DEG_RAW.1
298	ST183Q02HA	1,138	KSIZ_DEG_RAW.3	360	ST152Q08IA	0,254	KSIZ_DEG_RAW.1
299	ST186Q07HA	1,138	KSIZ_DEG_RAW.3	361	ST222Q10HA	0,246	KSIZ_DEG_RAW.4
300	ST104Q04NA	1,126	K8_A2	362	ST150Q03IA	0,199	KSIZ_DEG_RAW.1
301	ST223Q02HA	1,120	KSIZ_DEG_RAW.5	363	ST011Q06TA	0,189	K1_A4
302	ST205Q02HA	1,102	KSIZ_DEG_RAW.5	364	ST152Q07IA	0,188	KSIZ_DEG_RAW.1
303	ST218Q03HA	1,075	KSIZ_DEG_RAW.4	365	ST127Q02TA	0,172	K1_A1
304	ST181Q02HA	1,069	KSIZ_DEG_RAW.3	366	ST212Q02HA	0,164	KSIZ_DEG_RAW.1
305	ST219Q03HA	1,067	KSIZ_DEG_RAW.4	367	ST213Q04HA	0,158	KSIZ_DEG_RAW.1
306	ST185Q03HA	1,063	KSIZ_DEG_RAW.3	368	ST011Q03TA	0	K1_A4
307	ST161Q06HA	1,043	KSIZ_DEG_RAW.2	369	ST011Q11TA	0	K1_A4
308	ST188Q06HA	1,043	KSIZ_DEG_RAW.3				
309	ST012Q01TA	1,007	K1_A4				
310	ST222Q06HA	1,005	KSIZ_DEG_RAW.4				

Ek Tablo 20. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC001Q01TA	19,649	K5_A0	63	SC061Q07TA	0,994	K8_A45
2	W_FSTUWT_SCH_Su	18,051	KSIZ_DEG_RAW.1	64	SC061Q08TA	0,960	K8_A45
3	SC012Q06TA	16,436	K10_A3K11K12	65	SC004Q03TA	0,899	KSIZ_DEG_RAW.1
4	SC017Q01NA	13,263	K6_A1	66	EDUSHORT	0,892	KSIZ_DEG_RAW.1
5	SC012Q01TA	10,968	K10_A3K11K12	67	SC025Q01NA	0,867	KSIZ_DEG_RAW.1
6	SC164Q01HA	10,491	KSIZ_DEG_RAW.1	68	SC061Q11HA	0,822	KSIZ_DEG_RAW.1
7	SC048Q02NA	9,460	KSIZ_DEG_RAW.1	69	SC018Q06NA01	0,818	KSIZ_DEG_RAW.1
8	CREACTIV	9,000	K10_A3K11K12	70	SC036Q03NA	0,746	K8_A45
9	SC037Q08TA	8,920	K10_A3K11K12	71	SC162Q01SA	0,737	KSIZ_DEG_RAW.1
10	SC061Q05TA	8,710	K8_A45	72	SC061Q10TA	0,736	K8_A45
11	STUBEHA	8,595	K8_A45	73	SC061Q03TA	0,618	K8_A45
12	SC053Q03TA	7,171	K10_A3K11K12	74	SC018Q02TA01	0,584	KSIZ_DEG_RAW.1
13	SC017Q07NA	6,593	K6_A1	75	SC018Q05NA01	0,572	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC061Q02TA	6,175	K8_A45	76	SC061Q04TA	0,567	K8_A45
15	SCHSIZE	5,260	K5_A0	77	SCHLTYPE	0,521	K5_A0
16	SC053Q09TA	4,891	K10_A3K11K12	78	SC018Q07NA01	0,514	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC042Q02TA	4,692	K5_A0	79	SC013Q01TA	0,507	K5_A0
18	SC037Q07TA	4,145	K10_A3K11K12	80	SC004Q05NA	0,475	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC017Q06NA	3,988	K6_A1	81	SC002Q02TA	0,441	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC061Q01TA	3,818	K8_A45	82	SC155Q08HA	0,435	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC042Q01TA	3,506	K5_A0	83	SC018Q01TA01	0,432	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC017Q02NA	3,452	K6_A1	84	SC011Q01TA	0,432	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC017Q08NA	3,401	K6_A1	85	SC064Q02TA	0,411	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC037Q10NA	3,401	K10_A3K11K12	86	SC064Q04NA	0,378	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC037Q05NA	3,294	K10_A3K11K12	87	SC036Q01TA	0,357	K8_A45
26	SC003Q01TA	3,292	K5_A0	88	SC161Q02SA	0,348	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC037Q04TA	3,269	K10_A3K11K12	89	SC155Q11HA	0,345	KSIZ_DEG_RAW.1
28	SC012Q04TA	3,214	K10_A3K11K12	90	SC004Q07NA	0,318	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC012Q07TA	3,152	K10_A3K11K12	91	SC150Q02IA	0,288	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SENWT	3,124	KSIZ_DEG_RAW.1	92	SC155Q07HA	0,285	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC061Q06TA	3,105	K8_A45	93	SC155Q05HA	0,277	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC037Q03TA	3,078	K10_A3K11K12	94	SC004Q06NA	0,269	KSIZ_DEG_RAW.1
33	CLSIZE	3,046	K5_A0	95	SC018Q01TA02	0,265	KSIZ_DEG_RAW.1
34	W_SCHGRNRABWT	3,006	KSIZ_DEG_RAW.1	96	SCMCEG	0,263	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC017Q05NA	2,925	K6_A1	97	SC160Q01WA	0,256	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SC037Q02TA	2,907	K10_A3K11K12	98	SC150Q01IA	0,245	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC048Q03NA	2,854	KSIZ_DEG_RAW.1	99	SC150Q04IA	0,242	KSIZ_DEG_RAW.1
38	SC012Q05TA	2,691	K10_A3K11K12	100	SC155Q09HA	0,238	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SC052Q01NA	2,658	K6_A1	101	SC154Q07WA	0,212	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC016Q04TA	2,630	KSIZ_DEG_RAW.1	102	SC161Q01SA	0,207	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC053Q02TA	2,284	K10_A3K11K12	103	SC155Q04HA	0,206	KSIZ_DEG_RAW.1
42	STAFFSHORT	2,193	K6_A1	104	SC154Q10WA	0,206	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC052Q02NA	2,097	K6_A1	105	SC166Q05HA	0,205	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC012Q02TA	2,095	K10_A3K11K12	106	SC158Q08HA	0,194	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC037Q09TA	2,085	K10_A3K11K12	107	SC165Q09HA	0,177	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC016Q01TA	2,047	KSIZ_DEG_RAW.1	108	SC156Q08HA	0,173	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC002Q01TA	2,009	KSIZ_DEG_RAW.1	109	SC165Q07HA	0,172	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC017Q03NA	1,963	K6_A1	110	SC154Q11HA	0,169	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC012Q03TA	1,952	K10_A3K11K12	111	SC165Q06HA	0,147	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC064Q01TA	1,878	KSIZ_DEG_RAW.1	112	SC158Q09HA	0,141	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC037Q06NA	1,752	K10_A3K11K12	113	SC158Q02HA	0,126	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC064Q03TA	1,622	KSIZ_DEG_RAW.1	114	SC150Q03IA	0,118	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC017Q04NA	1,538	K6_A1	115	SC166Q06HA	0,116	KSIZ_DEG_RAW.1
54	TEACHBEHA	1,519	K8_A45	116	SC156Q06HA	0,114	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC053Q01TA	1,494	K10_A3K11K12	117	SC155Q02HA	0,114	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC037Q01TA	1,408	K10_A3K11K12	118	SC156Q03HA	0,109	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC004Q04NA	1,395	KSIZ_DEG_RAW.1	119	SC053Q13IA	0,108	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC016Q03TA	1,365	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC152Q01HA	0,106	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC061Q09TA	1,259	K8_A45	121	SC161Q03SA	0,104	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC004Q01TA	1,251	KSIZ_DEG_RAW.1	122	SC016Q02TA	0,103	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC048Q01NA	1,250	KSIZ_DEG_RAW.1	123	SC155Q03HA	0,102	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC004Q02TA	1,143	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC155Q01HA	0,083	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 20. PISA-2018 Türkiye örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC159Q01HA	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1				
126	SC155Q10HA	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1				
127	SC156Q04HA	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1				
128	SC155Q06HA	0,080	KSIZ_DEG_RAW.1				
129	SC052Q03HA	0,079	KSIZ_DEG_RAW.1				
130	SC053Q15IA	0,078	KSIZ_DEG_RAW.1				
131	SC156Q01HA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1				
132	SC166Q02HA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1				
133	SC165Q02HA	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1				
134	SC165Q10HA	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1				
135	SC156Q05HA	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1				
136	SC154Q03WA	0,073	KSIZ_DEG_RAW.1				
137	SC154Q04WA	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1				
138	SC156Q07HA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1				
139	SC167Q01HA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1				
140	SC158Q07HA	0,061	KSIZ_DEG_RAW.1				
141	SC165Q05HA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1				
142	SC166Q03HA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1				
143	SC161Q04SA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1				
144	SC165Q01HA	0,050	KSIZ_DEG_RAW.1				
145	SC036Q02TA	0,049	K8_A45				
146	SC154Q06WA	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1				
147	SC150Q05IA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1				
148	SC165Q03HA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1				
149	SC167Q03HA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1				
150	SC165Q08HA	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1				
151	SC053Q16IA	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1				
152	SC165Q04HA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
153	SC053Q12IA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
154	SC154Q08WA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
155	SC158Q12HA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
156	SC167Q04HA	0,033	KSIZ_DEG_RAW.1				
157	SC154Q09HA	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1				
158	SC167Q02HA	0,029	KSIZ_DEG_RAW.1				
159	SC161Q05SA	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1				
160	SC156Q02HA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
161	SC053Q14IA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
162	SC154Q05WA	0,023	KSIZ_DEG_RAW.1				
163	SC167Q05HA	0,013	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 21. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	25,153	K1_A3	63	ST177Q01HA	6,495	KSIZ_DEG_RAW.4
2	ST189Q01HA	21,241	KSIZ_DEG_RAW.4	64	ST104Q03NA	6,378	K8_A2
3	ST013Q01TA	19,083	K1_A4	65	ST158Q05HA	6,340	KSIZ_DEG_RAW.1
4	ISCEDD	17,450	K1_A1	66	ST012Q05NA	6,331	K1_A4
5	ST123Q02NA	16,170	K10_A2	67	ST102Q02TA	6,321	KSIZ_DEG_RAW.1
6	ST204Q03HA	13,647	KSIZ_DEG_RAW.4	68	ST215Q05HA	6,320	KSIZ_DEG_RAW.4
7	ST166Q03HA	12,877	KSIZ_DEG_RAW.2	69	ST166Q05HA	6,317	KSIZ_DEG_RAW.2
8	METASPAM	12,220	KSIZ_DEG_RAW.5	70	PERFEED	6,277	K8_A2
9	ST011Q07TA	12,114	K1_A4	71	ST100Q03TA	6,275	K8_A2
10	ST182Q06HA	11,877	KSIZ_DEG_RAW.3	72	ST158Q01HA	6,145	KSIZ_DEG_RAW.1
11	PISADIFF	11,710	KSIZ_DEG_RAW.6	73	DISCRIM	6,118	KSIZ_DEG_RAW.6
12	ST023Q02TA	11,540	KSIZ_DEG_RAW.1	74	ST158Q04HA	6,103	KSIZ_DEG_RAW.1
13	BELONG	11,170	K8_A1	75	REPEAT	6,059	K1_A1
14	ST154Q01HA	10,656	KSIZ_DEG_RAW.1	76	ST005Q01TA	5,926	K1_A3
15	METASUM	10,345	KSIZ_DEG_RAW.5	77	ST160Q04IA	5,885	KSIZ_DEG_RAW.2
16	ST225Q06HA	10,188	KSIZ_DEG_RAW.3	78	ST034Q01TA	5,829	K8_A1
17	ST059Q03TA	10,077	KSIZ_DEG_RAW.5	79	ST038Q04NA	5,770	K8_A1
18	ST062Q03TA	9,908	K8_A3	80	ST123Q04NA	5,651	K10_A2
19	ST102Q03TA	9,842	KSIZ_DEG_RAW.1	81	ST218Q07HA	5,650	KSIZ_DEG_RAW.4
20	ST097Q03TA	9,709	K8_A3	82	ST186Q05HA	5,617	KSIZ_DEG_RAW.3
21	ST186Q09HA	9,474	KSIZ_DEG_RAW.3	83	ST182Q03HA	5,612	KSIZ_DEG_RAW.3
22	ST038Q06NA	9,347	K8_A1	84	ST211Q01HA	5,573	KSIZ_DEG_RAW.1
23	GCSELFEFF	9,156	KSIZ_DEG_RAW.6	85	ST218Q01HA	5,536	KSIZ_DEG_RAW.4
24	ST152Q05IA	9,009	KSIZ_DEG_RAW.1	86	ST011Q08TA	5,471	K1_A4
25	HISEI	8,985	KSIZ_DEG_RAW.5	87	DURECEC	5,462	K1_A1
26	ST197Q01HA	8,973	KSIZ_DEG_RAW.3	88	ST158Q07HA	5,447	KSIZ_DEG_RAW.1
27	ST104Q02NA	8,948	K8_A2	89	ST153Q06HA	5,437	KSIZ_DEG_RAW.1
28	ICTCLASS	8,924	KSIZ_DEG_RAW.6	90	HOMESCH	5,428	KSIZ_DEG_RAW.6
29	ST100Q01TA	8,917	K8_A2	91	MASTGOAL	5,425	KSIZ_DEG_RAW.6
30	BOOKID	8,756	KSIZ_DEG_RAW.1	92	ST023Q03TA	5,413	KSIZ_DEG_RAW.1
31	ST038Q07NA	8,330	K8_A1	93	ST034Q05TA	5,382	K8_A1
32	ST022Q01TA	8,247	K1_A2	94	ST196Q06HA	5,380	KSIZ_DEG_RAW.3
33	ST126Q01TA	8,192	K1_A1	95	ST208Q04HA	5,332	KSIZ_DEG_RAW.3
34	ST166Q02HA	8,131	KSIZ_DEG_RAW.2	96	HOMEPOS	5,289	K1_A4
35	ST011Q05TA	7,882	K1_A4	97	ST164Q05IA	5,283	KSIZ_DEG_RAW.2
36	ST163Q02HA	7,842	KSIZ_DEG_RAW.2	98	ST123Q03NA	5,275	K10_A2
37	ST097Q01TA	7,759	K8_A3	99	ST165Q02IA	5,271	KSIZ_DEG_RAW.2
38	ST212Q01HA	7,655	KSIZ_DEG_RAW.1	100	ST184Q01HA	5,244	KSIZ_DEG_RAW.3
39	AWACOM	7,654	KSIZ_DEG_RAW.6	101	ST197Q02HA	5,185	KSIZ_DEG_RAW.3
40	ST225Q02HA	7,598	KSIZ_DEG_RAW.2	102	ST097Q05TA	5,112	K8_A3
41	ST182Q05HA	7,597	KSIZ_DEG_RAW.3	103	ST034Q03TA	5,105	K8_A1
42	ST196Q04HA	7,586	KSIZ_DEG_RAW.3	104	ST208Q01HA	5,067	KSIZ_DEG_RAW.3
43	ST004D01T	7,579	K1_A1	105	INTICT	5,062	KSIZ_DEG_RAW.6
44	ST176Q02IA	7,564	KSIZ_DEG_RAW.2	106	ST153Q08HA	5,014	KSIZ_DEG_RAW.1
45	USESCH	7,543	KSIZ_DEG_RAW.6	107	ST038Q08NA	4,878	K8_A1
46	ST023Q05TA	7,519	KSIZ_DEG_RAW.1	108	ST034Q06TA	4,867	K8_A1
47	ST207Q01HA	7,192	KSIZ_DEG_RAW.5	109	ST016Q01NA	4,840	KSIZ_DEG_RAW.2
48	JOYREAD	7,137	KSIZ_DEG_RAW.6	110	ST158Q02HA	4,808	KSIZ_DEG_RAW.1
49	ST153Q01HA	7,102	KSIZ_DEG_RAW.1	111	GCAWARE	4,783	KSIZ_DEG_RAW.6
50	ICTHOME	7,047	KSIZ_DEG_RAW.5	112	ST023Q01TA	4,721	KSIZ_DEG_RAW.1
51	ST220Q03HA	7,016	KSIZ_DEG_RAW.4	113	ST217Q03HA	4,708	KSIZ_DEG_RAW.4
52	ST060Q01NA	7,011	KSIZ_DEG_RAW.5	114	ST223Q08HA	4,636	KSIZ_DEG_RAW.5
53	EMOSUPS	7,006	K10_A2	115	UNDREM	4,627	KSIZ_DEG_RAW.5
54	ST188Q02HA	6,952	KSIZ_DEG_RAW.3	116	ST204Q02HA	4,626	KSIZ_DEG_RAW.4
55	ENTUSE	6,870	KSIZ_DEG_RAW.6	117	ATTIMM	4,622	KSIZ_DEG_RAW.6
56	ISCEDO	6,777	K1_A1	118	ST219Q04HA	4,609	KSIZ_DEG_RAW.4
57	MISCED	6,634	K1_A3	119	ST188Q01HA	4,600	KSIZ_DEG_RAW.3
58	ST165Q04IA	6,599	KSIZ_DEG_RAW.2	120	ST225Q03HA	4,579	KSIZ_DEG_RAW.2
59	ICTRES	6,595	K1_A4	121	ST215Q01HA	4,570	KSIZ_DEG_RAW.3
60	ST007Q01TA	6,579	K1_A3	122	ST221Q01HA	4,568	KSIZ_DEG_RAW.4
61	ST213Q02HA	6,525	KSIZ_DEG_RAW.1	123	ST011Q10TA	4,563	K1_A4
62	ST001D01T	6,499	KSIZ_DEG_RAW.1	124	ST160Q02IA	4,501	KSIZ_DEG_RAW.2

Ek Tablo 21. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST012Q06NA	4,500	K1_A4	187	ST150Q04HA	3,152	KSIZ_DEG_RAW.1
126	ST034Q04TA	4,442	K8_A1	188	ST127Q03TA	3,107	K1_A1
127	ST097Q02TA	4,428	K8_A3	189	ST164Q01IA	3,106	KSIZ_DEG_RAW.2
128	ST196Q02HA	4,420	KSIZ_DEG_RAW.3	190	ST213Q01HA	3,096	KSIZ_DEG_RAW.1
129	ST036Q08TA	4,392	KSIZ_DEG_RAW.2	191	ST222Q08HA	3,089	KSIZ_DEG_RAW.4
130	SCREADDIFF	4,385	KSIZ_DEG_RAW.6	192	ST150Q02IA	3,086	KSIZ_DEG_RAW.1
131	ST186Q06HA	4,375	KSIZ_DEG_RAW.3	193	ST177Q03HA	3,065	KSIZ_DEG_RAW.4
132	ST008Q02TA	4,373	K1_A3	194	ST100Q04TA	3,061	K8_A2
133	ST003D02T	4,351	KSIZ_DEG_RAW.1	195	ST221Q05HA	3,032	KSIZ_DEG_RAW.5
134	ST038Q05NA	4,331	K8_A1	196	ST102Q04TA	3,027	KSIZ_DEG_RAW.1
135	ST011Q11TA	4,203	K1_A4	197	ST175Q01IA	3,018	KSIZ_DEG_RAW.2
136	ST188Q03HA	4,199	KSIZ_DEG_RAW.3	198	ST217Q04HA	3,018	KSIZ_DEG_RAW.4
137	ICTSCH	4,188	KSIZ_DEG_RAW.5	199	ST152Q08IA	3,000	KSIZ_DEG_RAW.1
138	ST177Q02HA	4,158	KSIZ_DEG_RAW.4	200	ST062Q02TA	2,945	K8_A3
139	ST196Q03HA	4,156	KSIZ_DEG_RAW.3	201	TEACHSUP	2,937	K8_A2
140	ST197Q04HA	4,108	KSIZ_DEG_RAW.3	202	ST158Q03HA	2,934	KSIZ_DEG_RAW.1
141	ST186Q08HA	4,066	KSIZ_DEG_RAW.3	203	ST208Q02HA	2,884	KSIZ_DEG_RAW.3
142	ST221Q04HA	4,026	KSIZ_DEG_RAW.5	204	ST212Q02HA	2,880	KSIZ_DEG_RAW.1
143	DISCLIMA	3,921	KSIZ_DEG_RAW.5	205	ST183Q02HA	2,870	KSIZ_DEG_RAW.3
144	ST100Q02TA	3,884	K8_A2	206	ST034Q02TA	2,856	K8_A1
145	COMPICT	3,870	KSIZ_DEG_RAW.6	207	ST212Q03HA	2,757	KSIZ_DEG_RAW.1
146	ST023Q04TA	3,870	KSIZ_DEG_RAW.1	208	ST213Q04HA	2,748	KSIZ_DEG_RAW.1
147	WORKMAST	3,856	KSIZ_DEG_RAW.6	209	HISCED	2,721	K1_A3
148	DIRINS	3,854	KSIZ_DEG_RAW.6	210	ST222Q06HA	2,716	KSIZ_DEG_RAW.4
149	ST181Q03HA	3,847	KSIZ_DEG_RAW.3	211	ST206Q01HA	2,696	KSIZ_DEG_RAW.5
150	ST186Q01HA	3,794	KSIZ_DEG_RAW.3	212	ST150Q01IA	2,685	KSIZ_DEG_RAW.1
151	ST196Q05HA	3,794	KSIZ_DEG_RAW.3	213	ST188Q07HA	2,681	KSIZ_DEG_RAW.3
152	SOIAICT	3,788	KSIZ_DEG_RAW.6	214	ST211Q03HA	2,663	KSIZ_DEG_RAW.1
153	ST196Q07HA	3,689	KSIZ_DEG_RAW.3	215	ST215Q03HA	2,646	KSIZ_DEG_RAW.3
154	ST153Q04HA	3,680	KSIZ_DEG_RAW.1	216	ST225Q05HA	2,639	KSIZ_DEG_RAW.3
155	ST222Q05HA	3,671	KSIZ_DEG_RAW.4	217	PARED	2,624	K1_A3
156	ST125Q01NA	3,665	K1_A1	218	ST214Q03HA	2,623	KSIZ_DEG_RAW.4
157	ST207Q03HA	3,656	KSIZ_DEG_RAW.5	219	ST167Q02IA	2,621	KSIZ_DEG_RAW.2
158	ST163Q04HA	3,652	KSIZ_DEG_RAW.2	220	PERCOMP	2,611	KSIZ_DEG_RAW.6
159	ST220Q04HA	3,648	KSIZ_DEG_RAW.4	221	ST161Q07HA	2,610	KSIZ_DEG_RAW.2
160	ST167Q03IA	3,614	KSIZ_DEG_RAW.2	222	ST160Q01IA	2,603	KSIZ_DEG_RAW.2
161	ST207Q05HA	3,613	KSIZ_DEG_RAW.5	223	ST153Q03HA	2,591	KSIZ_DEG_RAW.1
162	ST215Q02HA	3,604	KSIZ_DEG_RAW.3	224	ST011Q16NA	2,588	K1_A4
163	ST158Q06HA	3,601	KSIZ_DEG_RAW.1	225	COGFLEX	2,575	KSIZ_DEG_RAW.6
164	ST062Q01TA	3,597	K8_A3	226	ST012Q03TA	2,572	K1_A4
165	ST197Q09HA	3,574	KSIZ_DEG_RAW.3	227	ST176Q07IA	2,561	KSIZ_DEG_RAW.2
166	WEALTH	3,571	K1_A4	228	ST164Q04IA	2,552	KSIZ_DEG_RAW.2
167	ST213Q03HA	3,536	KSIZ_DEG_RAW.1	229	ST166Q04HA	2,523	KSIZ_DEG_RAW.2
168	ST152Q06IA	3,535	KSIZ_DEG_RAW.1	230	ST165Q03IA	2,518	KSIZ_DEG_RAW.2
169	ST008Q03TA	3,520	K1_A3	231	ST185Q01HA	2,507	KSIZ_DEG_RAW.3
170	ST102Q01TA	3,513	KSIZ_DEG_RAW.1	232	COMPETE	2,480	KSIZ_DEG_RAW.6
171	GLOBMIND	3,477	KSIZ_DEG_RAW.6	233	ST161Q08HA	2,456	KSIZ_DEG_RAW.2
172	ATTLNACT	3,468	KSIZ_DEG_RAW.6	234	TEACHINT	2,450	KSIZ_DEG_RAW.6
173	ST216Q04HA	3,461	KSIZ_DEG_RAW.4	235	AUTICT	2,442	KSIZ_DEG_RAW.6
174	ST197Q12HA	3,457	KSIZ_DEG_RAW.3	236	ST167Q04IA	2,441	KSIZ_DEG_RAW.2
175	ST168Q01HA	3,435	KSIZ_DEG_RAW.2	237	CULTPOSS	2,437	K1_A4
176	ST097Q04TA	3,320	K8_A3	238	ST036Q05TA	2,428	KSIZ_DEG_RAW.2
177	STIMREAD	3,304	KSIZ_DEG_RAW.6	239	ST153Q09HA	2,384	KSIZ_DEG_RAW.1
178	ST059Q04HA	3,300	KSIZ_DEG_RAW.5	240	ST221Q06HA	2,381	KSIZ_DEG_RAW.5
179	ST185Q02HA	3,274	KSIZ_DEG_RAW.3	241	ST207Q02HA	2,379	KSIZ_DEG_RAW.5
180	ST222Q09HA	3,255	KSIZ_DEG_RAW.4	242	ST216Q01HA	2,373	KSIZ_DEG_RAW.4
181	ST163Q03HA	3,249	KSIZ_DEG_RAW.2	243	ST006Q01TA	2,362	K1_A3
182	ST150Q03IA	3,185	KSIZ_DEG_RAW.1	244	ST214Q01HA	2,327	KSIZ_DEG_RAW.4
183	BEINGBULLIED	3,183	KSIZ_DEG_RAW.6	245	ST176Q03IA	2,324	KSIZ_DEG_RAW.2
184	FISCED_D	3,180	KSIZ_DEG_RAW.5	246	ST197Q07HA	2,311	KSIZ_DEG_RAW.3
185	ST211Q02HA	3,172	KSIZ_DEG_RAW.1	247	ST011Q04TA	2,300	K1_A4
186	ST165Q05IA	3,167	KSIZ_DEG_RAW.2	248	ST012Q07NA	2,299	K1_A4

Ek Tablo 21. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	EUDMO	2,293	KSIZ_DEG_RAW.6	311	ST059Q02TA	1,262	KSIZ_DEG_RAW.5
250	ST012Q01TA	2,258	K1_A4	312	ST222Q04HA	1,249	KSIZ_DEG_RAW.4
251	ST164Q06IA	2,236	KSIZ_DEG_RAW.2	313	EFFORT2	1,236	KSIZ_DEG_RAW.5
252	ST217Q02HA	2,222	KSIZ_DEG_RAW.4	314	ST186Q03HA	1,226	KSIZ_DEG_RAW.3
253	ST012Q09NA	2,222	K1_A4	315	ST223Q05HA	1,214	KSIZ_DEG_RAW.5
254	ADAPTIVITY	2,176	KSIZ_DEG_RAW.6	316	ST161Q01HA	1,203	KSIZ_DEG_RAW.2
255	ST219Q03HA	2,165	KSIZ_DEG_RAW.4	317	ST219Q06HA	1,198	KSIZ_DEG_RAW.4
256	SWBP	2,149	KSIZ_DEG_RAW.6	318	ST206Q03HA	1,195	KSIZ_DEG_RAW.5
257	ST152Q07IA	2,118	KSIZ_DEG_RAW.1	319	ST167Q05IA	1,179	KSIZ_DEG_RAW.2
258	MISCED_D	2,107	KSIZ_DEG_RAW.5	320	ST205Q02HA	1,178	KSIZ_DEG_RAW.5
259	HEDRES	2,100	K1_A4	321	PAREDINT	1,161	KSIZ_DEG_RAW.5
260	ICTOUTSIDE	2,096	KSIZ_DEG_RAW.6	322	ST221Q09HA	1,153	KSIZ_DEG_RAW.5
261	ST182Q04HA	2,077	KSIZ_DEG_RAW.3	323	ST219Q02HA	1,152	KSIZ_DEG_RAW.4
262	ST218Q03HA	2,076	KSIZ_DEG_RAW.4	324	ST186Q10HA	1,152	KSIZ_DEG_RAW.3
263	ST176Q06IA	2,053	KSIZ_DEG_RAW.2	325	ST011Q12TA	1,142	K1_A4
264	RESILIENCE	2,036	KSIZ_DEG_RAW.6	326	ST164Q02IA	1,132	KSIZ_DEG_RAW.2
265	ST205Q04HA	2,028	KSIZ_DEG_RAW.5	327	ST019CQ01T	1,090	K1_A2
266	PERSPECT	2,010	KSIZ_DEG_RAW.6	328	ST008Q01TA	0,987	K1_A3
267	ST019BQ01T	1,997	K1_A2	329	ST176Q05IA	0,986	KSIZ_DEG_RAW.2
268	ST153Q02HA	1,981	KSIZ_DEG_RAW.1	330	ST165Q01IA	0,951	KSIZ_DEG_RAW.2
269	ST104Q04NA	1,970	K8_A2	331	ST207Q04HA	0,909	KSIZ_DEG_RAW.5
270	ST161Q03HA	1,957	KSIZ_DEG_RAW.2	332	ST127Q01TA	0,896	K1_A1
271	ST153Q10HA	1,952	KSIZ_DEG_RAW.1	333	ST219Q05HA	0,889	KSIZ_DEG_RAW.4
272	ST153Q05HA	1,946	KSIZ_DEG_RAW.1	334	ST011Q06TA	0,886	K1_A4
273	ST166Q01HA	1,940	KSIZ_DEG_RAW.2	335	ST215Q04HA	0,881	KSIZ_DEG_RAW.3
274	ST221Q08HA	1,935	KSIZ_DEG_RAW.5	336	ST220Q01HA	0,879	KSIZ_DEG_RAW.4
275	ST205Q01HA	1,935	KSIZ_DEG_RAW.5	337	ST181Q04HA	0,870	KSIZ_DEG_RAW.3
276	ST183Q03HA	1,924	KSIZ_DEG_RAW.3	338	ST206Q02HA	0,855	KSIZ_DEG_RAW.5
277	SCREADCOMP	1,915	KSIZ_DEG_RAW.6	339	ST218Q06HA	0,843	KSIZ_DEG_RAW.4
278	ST186Q02HA	1,847	KSIZ_DEG_RAW.3	340	ST011Q02TA	0,834	K1_A4
279	ST036Q06TA	1,839	KSIZ_DEG_RAW.2	341	ST220Q02HA	0,819	KSIZ_DEG_RAW.4
280	ST176Q01IA	1,836	KSIZ_DEG_RAW.2	342	ST216Q06HA	0,770	KSIZ_DEG_RAW.4
281	PERCOOP	1,780	KSIZ_DEG_RAW.6	343	ST219Q01HA	0,764	KSIZ_DEG_RAW.4
282	FISCED	1,777	K1_A3	344	LANGN	0,741	K1_A2
283	ST218Q04HA	1,771	KSIZ_DEG_RAW.4	345	HISCED_D	0,737	KSIZ_DEG_RAW.5
284	ST188Q06HA	1,770	KSIZ_DEG_RAW.3	346	ST161Q06HA	0,737	KSIZ_DEG_RAW.2
285	ST205Q03HA	1,716	KSIZ_DEG_RAW.5	347	ST216Q03HA	0,715	KSIZ_DEG_RAW.4
286	RESPECT	1,665	KSIZ_DEG_RAW.6	348	ST011Q01TA	0,709	K1_A4
287	ST222Q03HA	1,648	KSIZ_DEG_RAW.4	349	ST186Q07HA	0,701	KSIZ_DEG_RAW.3
288	ST216Q02HA	1,645	KSIZ_DEG_RAW.4	350	ST221Q03HA	0,700	KSIZ_DEG_RAW.5
289	ST164Q03IA	1,620	KSIZ_DEG_RAW.2	351	ST183Q01HA	0,691	KSIZ_DEG_RAW.3
290	ST181Q02HA	1,613	KSIZ_DEG_RAW.3	352	ST222Q01HA	0,690	KSIZ_DEG_RAW.4
291	ST160Q03IA	1,604	KSIZ_DEG_RAW.2	353	ST206Q04HA	0,661	KSIZ_DEG_RAW.5
292	ST161Q02HA	1,592	KSIZ_DEG_RAW.2	354	ST216Q05HA	0,648	KSIZ_DEG_RAW.4
293	ST218Q05HA	1,584	KSIZ_DEG_RAW.4	355	ST011Q03TA	0,635	K1_A4
294	ST217Q05HA	1,561	KSIZ_DEG_RAW.4	356	ST204Q05HA	0,617	KSIZ_DEG_RAW.4
295	INTCULT	1,550	KSIZ_DEG_RAW.6	357	ST221Q11HA	0,602	KSIZ_DEG_RAW.5
296	ST038Q03NA	1,532	K8_A1	358	ST221Q02HA	0,557	KSIZ_DEG_RAW.5
297	ST197Q08HA	1,507	KSIZ_DEG_RAW.3	359	ST019AQ01T	0,519	K1_A2
298	GFOFAIL	1,404	KSIZ_DEG_RAW.6	360	ST204Q04HA	0,511	KSIZ_DEG_RAW.4
299	ST185Q03HA	1,379	KSIZ_DEG_RAW.3	361	ISCEDL	0,458	K1_A1
300	ST012Q02TA	1,331	K1_A4	362	ST214Q06HA	0,450	KSIZ_DEG_RAW.4
301	ST012Q08NA	1,321	K1_A4	363	ST127Q02TA	0,441	K1_A1
302	ST059Q01TA	1,315	KSIZ_DEG_RAW.5	364	ST223Q02HA	0,398	KSIZ_DEG_RAW.5
303	ST214Q02HA	1,315	KSIZ_DEG_RAW.4	365	ST221Q07HA	0,284	KSIZ_DEG_RAW.5
304	ST160Q05IA	1,301	KSIZ_DEG_RAW.2	366	ST217Q01HA	0,265	KSIZ_DEG_RAW.4
305	EFFORT1	1,282	KSIZ_DEG_RAW.5	367	ST011Q09TA	0,255	K1_A4
306	ST167Q01IA	1,282	KSIZ_DEG_RAW.2	368	IMMIG	0,247	K1_A2
307	ST223Q04HA	1,280	KSIZ_DEG_RAW.5	369	ST222Q10HA	0,180	KSIZ_DEG_RAW.4
308	ST225Q01HA	1,279	KSIZ_DEG_RAW.2				
309	ST006Q02TA	1,274	K1_A3				
310	ST218Q02HA	1,267	KSIZ_DEG_RAW.4				

Ek Tablo 22. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC001Q01TA	19,917	K5_A0	63	SC018Q05NA01	0,760	KSIZ_DEG_RAW.1
2	SC061Q05TA	17,928	K8_A45	64	SC037Q03TA	0,750	K10_A3K11K12
3	W_FSTUWT_SCH_Su	17,872	KSIZ_DEG_RAW.1	65	SC036Q01TA	0,727	K8_A45
4	SC012Q06TA	15,504	K10_A3K11K12	66	SC025Q01NA	0,711	KSIZ_DEG_RAW.1
5	SC017Q01NA	13,593	K6_A1	67	SC162Q01SA	0,661	KSIZ_DEG_RAW.1
6	CREACTIV	12,739	K10_A3K11K12	68	SC061Q04TA	0,642	K8_A45
7	SC012Q01TA	11,451	K10_A3K11K12	69	SCMCEG	0,610	KSIZ_DEG_RAW.1
8	SC061Q02TA	9,539	K8_A45	70	SC004Q07NA	0,589	KSIZ_DEG_RAW.1
9	SC048Q02NA	9,290	KSIZ_DEG_RAW.1	71	SC012Q07TA	0,512	K10_A3K11K12
10	SC017Q07NA	7,781	K6_A1	72	SC064Q04NA	0,495	KSIZ_DEG_RAW.1
11	SC037Q08TA	6,890	K10_A3K11K12	73	SC004Q05NA	0,494	KSIZ_DEG_RAW.1
12	SC061Q01TA	5,772	K8_A45	74	SC018Q07NA01	0,440	KSIZ_DEG_RAW.1
13	SC164Q01HA	5,709	KSIZ_DEG_RAW.1	75	SC036Q02TA	0,400	K8_A45
14	STUBEHA	5,330	K8_A45	76	SC018Q01TA01	0,399	KSIZ_DEG_RAW.1
15	SC053Q03TA	4,992	K10_A3K11K12	77	SC037Q06NA	0,394	K10_A3K11K12
16	STAFFSHORT	4,821	K6_A1	78	SC150Q01IA	0,360	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC042Q02TA	4,761	K5_A0	79	SC155Q08HA	0,339	KSIZ_DEG_RAW.1
18	SC061Q06TA	4,318	K8_A45	80	SC004Q06NA	0,339	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC017Q02NA	4,144	K6_A1	81	SC064Q02TA	0,332	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SCHSIZE	3,447	K5_A0	82	SC166Q05HA	0,258	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC017Q06NA	3,388	K6_A1	83	SC154Q07WA	0,237	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC061Q09TA	3,367	K8_A45	84	SC161Q02SA	0,228	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC053Q09TA	3,342	K10_A3K11K12	85	SC155Q05HA	0,217	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC048Q03NA	3,300	KSIZ_DEG_RAW.1	86	SC155Q11HA	0,205	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC002Q01TA	3,298	KSIZ_DEG_RAW.1	87	SC018Q01TA02	0,197	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SC017Q08NA	3,298	K6_A1	88	SC150Q02IA	0,188	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC017Q05NA	3,243	K6_A1	89	SC154Q11HA	0,185	KSIZ_DEG_RAW.1
28	SC061Q08TA	3,196	K8_A45	90	SC011Q01TA	0,184	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC036Q03NA	2,986	K8_A45	91	SC155Q04HA	0,176	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SC052Q02NA	2,895	K6_A1	92	SCHLTYPE	0,172	K5_A0
31	SC002Q02TA	2,736	KSIZ_DEG_RAW.1	93	SC013Q01TA	0,168	K5_A0
32	SC042Q01TA	2,629	K5_A0	94	SC161Q01SA	0,156	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC003Q01TA	2,459	K5_A0	95	SC158Q08HA	0,152	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC061Q07TA	2,441	K8_A45	96	SC150Q04IA	0,152	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC012Q04TA	2,178	K10_A3K11K12	97	SC165Q09HA	0,149	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SC016Q01TA	2,113	KSIZ_DEG_RAW.1	98	SC161Q03SA	0,145	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC037Q02TA	2,017	K10_A3K11K12	99	SC155Q09HA	0,141	KSIZ_DEG_RAW.1
38	CLSIZE	2,000	K5_A0	100	SC155Q02HA	0,132	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SENWT	1,811	KSIZ_DEG_RAW.1	101	SC158Q02HA	0,129	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC048Q01NA	1,797	KSIZ_DEG_RAW.1	102	SC159Q01HA	0,127	KSIZ_DEG_RAW.1
41	W_SCHGRNRABWT	1,762	KSIZ_DEG_RAW.1	103	SC165Q10HA	0,126	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC061Q10TA	1,739	K8_A45	104	SC165Q01HA	0,123	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC017Q03NA	1,727	K6_A1	105	SC156Q08HA	0,120	KSIZ_DEG_RAW.1
44	TEACHBEHA	1,689	K8_A45	106	SC155Q06HA	0,119	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC004Q02TA	1,590	KSIZ_DEG_RAW.1	107	SC016Q02TA	0,119	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC052Q01NA	1,568	K6_A1	108	SC155Q03HA	0,112	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC017Q04NA	1,520	K6_A1	109	SC155Q07HA	0,108	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC064Q01TA	1,485	KSIZ_DEG_RAW.1	110	SC165Q06HA	0,107	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC016Q04TA	1,421	KSIZ_DEG_RAW.1	111	SC154Q04WA	0,105	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC016Q03TA	1,411	KSIZ_DEG_RAW.1	112	SC160Q01WA	0,103	KSIZ_DEG_RAW.1
51	EDUSHORT	1,406	KSIZ_DEG_RAW.1	113	SC053Q13IA	0,101	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC018Q06NA01	1,372	KSIZ_DEG_RAW.1	114	SC167Q03HA	0,099	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC004Q01TA	1,265	KSIZ_DEG_RAW.1	115	SC156Q03HA	0,096	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC061Q03TA	1,246	K8_A45	116	SC158Q09HA	0,096	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC037Q10NA	1,152	K10_A3K11K12	117	SC154Q08WA	0,095	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC018Q02TA01	1,055	KSIZ_DEG_RAW.1	118	SC165Q03HA	0,094	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC004Q04NA	1,039	KSIZ_DEG_RAW.1	119	SC156Q07HA	0,089	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC004Q03TA	0,981	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC161Q04SA	0,089	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC037Q07TA	0,966	K10_A3K11K12	121	SC167Q02HA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC061Q11HA	0,903	KSIZ_DEG_RAW.1	122	SC154Q09HA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC064Q03TA	0,889	KSIZ_DEG_RAW.1	123	SC154Q10WA	0,082	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC037Q09TA	0,881	K10_A3K11K12	124	SC150Q03IA	0,079	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 22. PISA-2018 Türkiye örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC053Q15IA	0,078	KSIZ_DEG_RAW.1				
126	SC154Q06WA	0,076	KSIZ_DEG_RAW.1				
127	SC053Q16IA	0,072	KSIZ_DEG_RAW.1				
128	SC154Q05WA	0,071	KSIZ_DEG_RAW.1				
129	SC166Q06HA	0,068	KSIZ_DEG_RAW.1				
130	SC053Q12IA	0,068	KSIZ_DEG_RAW.1				
131	SC165Q08HA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1				
132	SC155Q10HA	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1				
133	SC156Q06HA	0,064	KSIZ_DEG_RAW.1				
134	SC155Q01HA	0,063	KSIZ_DEG_RAW.1				
135	SC165Q07HA	0,061	KSIZ_DEG_RAW.1				
136	SC052Q03HA	0,061	KSIZ_DEG_RAW.1				
137	SC156Q05HA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1				
138	SC166Q02HA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1				
139	SC165Q02HA	0,050	KSIZ_DEG_RAW.1				
140	SC152Q01HA	0,048	KSIZ_DEG_RAW.1				
141	SC154Q03WA	0,046	KSIZ_DEG_RAW.1				
142	SC156Q01HA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1				
143	SC156Q02HA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1				
144	SC166Q03HA	0,044	KSIZ_DEG_RAW.1				
145	SC150Q05IA	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1				
146	SC167Q01HA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
147	SC167Q04HA	0,040	KSIZ_DEG_RAW.1				
148	SC161Q05SA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1				
149	SC165Q05HA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1				
150	SC156Q04HA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1				
151	SC053Q14IA	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1				
152	SC158Q07HA	0,027	KSIZ_DEG_RAW.1				
153	SC158Q12HA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
154	SC165Q04HA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
155	SC167Q05HA	0,011	KSIZ_DEG_RAW.1				
156	SC037Q04TA	0,000	K10_A3K11K12				
157	SC037Q01TA	0,000	K10_A3K11K12				
158	SC037Q05NA	0,000	K10_A3K11K12				
159	SC012Q02TA	0,000	K10_A3K11K12				
160	SC012Q03TA	0,000	K10_A3K11K12				
161	SC012Q05TA	0,000	K10_A3K11K12				
162	SC053Q01TA	0,000	K10_A3K11K12				
163	SC053Q02TA	0,000	K10_A3K11K12				

Ek Tablo 23. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ESCS	30,614	K1_A3	63	ST008Q03TA	5,019	K1_A3
2	ST225Q06HA	27,272	KSIZ_DEG_RAW.3	64	ST183Q02HA	4,971	KSIZ_DEG_RAW.3
3	ISCEDL	19,503	K1_A1	65	ST164Q04IA	4,829	KSIZ_DEG_RAW.2
4	ISCEDD	18,842	K1_A1	66	ST062Q03TA	4,805	K8_A3
5	METASPAM	17,401	KSIZ_DEG_RAW.4	67	ST023Q05TA	4,794	KSIZ_DEG_RAW.1
6	ST001D01T	14,469	KSIZ_DEG_RAW.1	68	ST036Q06TA	4,774	KSIZ_DEG_RAW.2
7	ST013Q01TA	13,670	K1_A4	69	ST183Q03HA	4,763	KSIZ_DEG_RAW.3
8	ST059Q03TA	12,677	KSIZ_DEG_RAW.3	70	ST225Q01HA	4,741	KSIZ_DEG_RAW.2
9	ST166Q03HA	12,455	KSIZ_DEG_RAW.2	71	ST182Q05HA	4,689	KSIZ_DEG_RAW.3
10	LANGN	12,405	K1_A2	72	ST165Q03IA	4,670	KSIZ_DEG_RAW.2
11	ST102Q03TA	11,941	KSIZ_DEG_RAW.1	73	ST182Q06HA	4,658	KSIZ_DEG_RAW.3
12	ISCEDO	10,507	K1_A1	74	RESILIENCE	4,628	KSIZ_DEG_RAW.4
13	ST123Q02NA	10,319	K10_A2	75	ST183Q01HA	4,614	KSIZ_DEG_RAW.3
14	ST225Q02HA	10,272	KSIZ_DEG_RAW.2	76	ST208Q04HA	4,545	KSIZ_DEG_RAW.3
15	ST023Q04TA	10,227	KSIZ_DEG_RAW.1	77	ST011Q10TA	4,514	K1_A4
16	MISCED	9,712	K1_A3	78	ST164Q01IA	4,372	KSIZ_DEG_RAW.2
17	ST152Q05IA	9,600	KSIZ_DEG_RAW.1	79	ICTRES	4,355	K1_A4
18	PISADIFF	9,483	KSIZ_DEG_RAW.4	80	HISCED	4,319	K1_A3
19	METASUM	9,352	KSIZ_DEG_RAW.4	81	ST100Q01TA	4,318	K8_A2
20	TEACHSUP	9,103	K8_A2	82	PARED	4,236	K1_A3
21	ST004D01T	9,097	K1_A1	83	UNDREM	4,230	KSIZ_DEG_RAW.4
22	ST023Q01TA	8,858	KSIZ_DEG_RAW.1	84	ST225Q05HA	4,216	KSIZ_DEG_RAW.3
23	BELONG	8,763	K8_A1	85	ST123Q04NA	4,170	K10_A2
24	ST097Q03TA	8,677	K8_A3	86	STIMREAD	4,156	KSIZ_DEG_RAW.4
25	ST150Q01IA	8,655	KSIZ_DEG_RAW.1	87	WORKMAST	4,104	KSIZ_DEG_RAW.4
26	ST154Q01HA	8,636	KSIZ_DEG_RAW.1	88	ST213Q03HA	4,099	KSIZ_DEG_RAW.1
27	ST125Q01NA	8,622	K1_A1	89	ST212Q01HA	4,086	KSIZ_DEG_RAW.1
28	ST166Q05HA	8,238	KSIZ_DEG_RAW.2	90	ST186Q07HA	4,056	KSIZ_DEG_RAW.3
29	ST225Q03HA	8,018	KSIZ_DEG_RAW.2	91	ST100Q04TA	4,051	K8_A2
30	DIRINS	7,976	KSIZ_DEG_RAW.4	92	ST016Q01NA	4,024	KSIZ_DEG_RAW.2
31	EUDMO	7,900	KSIZ_DEG_RAW.4	93	ST034Q06TA	3,965	K8_A1
32	PERFEED	7,837	K8_A2	94	ST158Q04HA	3,913	KSIZ_DEG_RAW.1
33	ST153Q06HA	7,837	KSIZ_DEG_RAW.1	95	DISCLIMA	3,889	KSIZ_DEG_RAW.4
34	ST126Q01TA	7,816	K1_A1	96	ST165Q04IA	3,832	KSIZ_DEG_RAW.2
35	ST034Q04TA	7,763	K8_A1	97	HOMEPOS	3,811	K1_A4
36	ST158Q05HA	7,683	KSIZ_DEG_RAW.1	98	ST164Q06IA	3,786	KSIZ_DEG_RAW.2
37	ST104Q03NA	7,511	K8_A2	99	TEACHINT	3,768	KSIZ_DEG_RAW.4
38	HISEI	7,235	KSIZ_DEG_RAW.4	100	ST188Q01HA	3,753	KSIZ_DEG_RAW.3
39	ST038Q04NA	7,071	K8_A1	101	ST185Q02HA	3,750	KSIZ_DEG_RAW.3
40	EMOSUPS	6,871	K10_A2	102	ST164Q03IA	3,718	KSIZ_DEG_RAW.2
41	ST163Q02HA	6,721	KSIZ_DEG_RAW.2	103	ST158Q03HA	3,691	KSIZ_DEG_RAW.1
42	MASTGOAL	6,693	KSIZ_DEG_RAW.4	104	ATTLNACT	3,617	KSIZ_DEG_RAW.4
43	ST150Q03IA	6,637	KSIZ_DEG_RAW.1	105	ST150Q02IA	3,611	KSIZ_DEG_RAW.1
44	ST060Q01NA	6,566	KSIZ_DEG_RAW.3	106	ST165Q01IA	3,592	KSIZ_DEG_RAW.2
45	ST100Q02TA	6,492	K8_A2	107	ST166Q04HA	3,513	KSIZ_DEG_RAW.2
46	JOYREAD	6,482	KSIZ_DEG_RAW.4	108	ST059Q02TA	3,504	KSIZ_DEG_RAW.3
47	ST097Q05TA	6,351	K8_A3	109	FISCED	3,491	K1_A3
48	ST165Q02IA	6,329	KSIZ_DEG_RAW.2	110	ST158Q01HA	3,401	KSIZ_DEG_RAW.1
49	ST166Q02HA	6,259	KSIZ_DEG_RAW.2	111	ST102Q01TA	3,387	KSIZ_DEG_RAW.1
50	ST007Q01TA	6,120	K1_A3	112	ST205Q02HA	3,344	KSIZ_DEG_RAW.3
51	ST059Q04HA	6,079	KSIZ_DEG_RAW.3	113	ST176Q05IA	3,328	KSIZ_DEG_RAW.2
52	ST207Q03HA	5,891	KSIZ_DEG_RAW.3	114	DURECEC	3,312	K1_A1
53	ST123Q03NA	5,883	K10_A2	115	ST167Q02IA	3,309	KSIZ_DEG_RAW.2
54	ST003D02T	5,718	KSIZ_DEG_RAW.1	116	PERCOMP	3,254	KSIZ_DEG_RAW.4
55	GFOFAIL	5,641	KSIZ_DEG_RAW.4	117	ST008Q02TA	3,254	K1_A3
56	ST104Q02NA	5,591	K8_A2	118	ST160Q05IA	3,234	KSIZ_DEG_RAW.2
57	HISCED_D	5,459	KSIZ_DEG_RAW.4	119	ST186Q05HA	3,233	KSIZ_DEG_RAW.3
58	ST167Q04IA	5,309	KSIZ_DEG_RAW.2	120	ST127Q01TA	3,231	K1_A1
59	ST005Q01TA	5,289	K1_A3	121	ST097Q04TA	3,217	K8_A3
60	ST185Q01HA	5,278	KSIZ_DEG_RAW.3	122	SWBP	3,207	KSIZ_DEG_RAW.4
61	ST207Q02HA	5,135	KSIZ_DEG_RAW.3	123	SCREADDIFF	3,200	KSIZ_DEG_RAW.4
62	FISCED_D	5,083	KSIZ_DEG_RAW.4	124	ST176Q01IA	3,194	KSIZ_DEG_RAW.2

Ek Tablo 23. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST059Q01TA	3,185	KSIZ_DEG_RAW.3	187	ST213Q01HA	2,038	KSIZ_DEG_RAW.1
126	ST163Q04HA	3,169	KSIZ_DEG_RAW.2	188	ST160Q04IA	2,029	KSIZ_DEG_RAW.2
127	ST038Q05NA	3,086	K8_A1	189	ST208Q02HA	2,025	KSIZ_DEG_RAW.3
128	ST153Q03HA	3,081	KSIZ_DEG_RAW.1	190	ST164Q05IA	1,985	KSIZ_DEG_RAW.2
129	ST161Q08HA	3,071	KSIZ_DEG_RAW.2	191	ST012Q06NA	1,946	K1_A4
130	ST150Q04HA	3,068	KSIZ_DEG_RAW.1	192	ST182Q03HA	1,925	KSIZ_DEG_RAW.3
131	ST186Q03HA	3,045	KSIZ_DEG_RAW.3	193	ST012Q05NA	1,918	K1_A4
132	ST153Q04HA	3,043	KSIZ_DEG_RAW.1	194	ST036Q05TA	1,913	KSIZ_DEG_RAW.2
133	ST184Q01HA	3,042	KSIZ_DEG_RAW.3	195	ST211Q03HA	1,865	KSIZ_DEG_RAW.1
134	ST205Q04HA	3,041	KSIZ_DEG_RAW.3	196	ST206Q01HA	1,853	KSIZ_DEG_RAW.4
135	ST168Q01HA	2,981	KSIZ_DEG_RAW.2	197	ST011Q06TA	1,853	K1_A4
136	BOOKID	2,970	KSIZ_DEG_RAW.1	198	ST097Q02TA	1,832	K8_A3
137	ST034Q02TA	2,966	K8_A1	199	ST153Q05HA	1,810	KSIZ_DEG_RAW.1
138	ST182Q04HA	2,941	KSIZ_DEG_RAW.3	200	ST152Q07IA	1,758	KSIZ_DEG_RAW.1
139	ST166Q01HA	2,914	KSIZ_DEG_RAW.2	201	ST023Q02TA	1,713	KSIZ_DEG_RAW.1
140	ST186Q06HA	2,884	KSIZ_DEG_RAW.3	202	ST176Q03IA	1,670	KSIZ_DEG_RAW.2
141	ST206Q02HA	2,878	KSIZ_DEG_RAW.4	203	ST165Q05IA	1,616	KSIZ_DEG_RAW.2
142	ST208Q01HA	2,856	KSIZ_DEG_RAW.3	204	ST038Q07NA	1,556	K8_A1
143	ST212Q02HA	2,852	KSIZ_DEG_RAW.1	205	ST163Q03HA	1,546	KSIZ_DEG_RAW.2
144	PAREDINT	2,807	KSIZ_DEG_RAW.4	206	WEALTH	1,532	K1_A4
145	ST177Q01HA	2,800	KSIZ_DEG_RAW.3	207	ST161Q03HA	1,524	KSIZ_DEG_RAW.2
146	ST211Q02HA	2,771	KSIZ_DEG_RAW.1	208	ST006Q02TA	1,503	K1_A3
147	ST160Q03IA	2,692	KSIZ_DEG_RAW.2	209	ADAPTIVITY	1,500	KSIZ_DEG_RAW.4
148	ST207Q05HA	2,692	KSIZ_DEG_RAW.4	210	ST153Q08HA	1,496	KSIZ_DEG_RAW.1
149	ST104Q04NA	2,679	K8_A2	211	ST160Q02IA	1,492	KSIZ_DEG_RAW.2
150	ST188Q03HA	2,646	KSIZ_DEG_RAW.3	212	ST205Q03HA	1,430	KSIZ_DEG_RAW.3
151	COMPETE	2,625	KSIZ_DEG_RAW.4	213	ST181Q03HA	1,412	KSIZ_DEG_RAW.3
152	ST160Q01IA	2,600	KSIZ_DEG_RAW.2	214	ST062Q01TA	1,386	K8_A3
153	ST100Q03TA	2,589	K8_A2	215	ST186Q02HA	1,369	KSIZ_DEG_RAW.3
154	MISCED_D	2,587	KSIZ_DEG_RAW.4	216	ST213Q02HA	1,343	KSIZ_DEG_RAW.1
155	ST206Q03HA	2,572	KSIZ_DEG_RAW.4	217	ST185Q03HA	1,338	KSIZ_DEG_RAW.3
156	ST161Q06HA	2,560	KSIZ_DEG_RAW.2	218	ST038Q03NA	1,315	K8_A1
157	ST161Q01HA	2,550	KSIZ_DEG_RAW.2	219	ST181Q02HA	1,299	KSIZ_DEG_RAW.3
158	ST175Q01IA	2,537	KSIZ_DEG_RAW.2	220	ST097Q01TA	1,294	K8_A3
159	ST207Q04HA	2,500	KSIZ_DEG_RAW.4	221	ST102Q04TA	1,283	KSIZ_DEG_RAW.1
160	ST102Q02TA	2,480	KSIZ_DEG_RAW.1	222	ST161Q07HA	1,277	KSIZ_DEG_RAW.2
161	REPEAT	2,459	K1_A1	223	ST034Q05TA	1,275	K8_A1
162	ST213Q04HA	2,438	KSIZ_DEG_RAW.1	224	ST153Q09HA	1,271	KSIZ_DEG_RAW.1
163	ST205Q01HA	2,434	KSIZ_DEG_RAW.3	225	ST211Q01HA	1,254	KSIZ_DEG_RAW.1
164	PERCOOP	2,432	KSIZ_DEG_RAW.4	226	ST186Q08HA	1,252	KSIZ_DEG_RAW.3
165	ST152Q06IA	2,425	KSIZ_DEG_RAW.1	227	ST036Q08TA	1,204	KSIZ_DEG_RAW.2
166	SCREADCOMP	2,424	KSIZ_DEG_RAW.4	228	ST152Q08IA	1,156	KSIZ_DEG_RAW.1
167	ST158Q06HA	2,420	KSIZ_DEG_RAW.1	229	ST034Q03TA	1,142	K8_A1
168	ST161Q02HA	2,353	KSIZ_DEG_RAW.2	230	ST177Q03HA	1,118	KSIZ_DEG_RAW.3
169	ST176Q02IA	2,318	KSIZ_DEG_RAW.2	231	ST212Q03HA	1,078	KSIZ_DEG_RAW.1
170	ST011Q07TA	2,303	K1_A4	232	ST225Q04HA	1,074	KSIZ_DEG_RAW.3
171	ST012Q09NA	2,253	K1_A4	233	ST181Q04HA	1,009	KSIZ_DEG_RAW.3
172	ST164Q02IA	2,221	KSIZ_DEG_RAW.2	234	ST153Q02HA	0,970	KSIZ_DEG_RAW.1
173	ST186Q09HA	2,187	KSIZ_DEG_RAW.3	235	ST034Q01TA	0,938	K8_A1
174	ST038Q06NA	2,182	K8_A1	236	ST023Q03TA	0,929	KSIZ_DEG_RAW.1
175	ST167Q03IA	2,171	KSIZ_DEG_RAW.2	237	ST177Q02HA	0,849	KSIZ_DEG_RAW.3
176	ST188Q02HA	2,166	KSIZ_DEG_RAW.3	238	ST011Q16NA	0,825	K1_A4
177	HEDRES	2,161	K1_A4	239	CULTPOSS	0,811	K1_A4
178	ST176Q06IA	2,156	KSIZ_DEG_RAW.2	240	ST206Q04HA	0,788	KSIZ_DEG_RAW.4
179	EFFORT2	2,129	KSIZ_DEG_RAW.4	241	EFFORT1	0,779	KSIZ_DEG_RAW.4
180	ST176Q07IA	2,116	KSIZ_DEG_RAW.2	242	ST127Q02TA	0,745	K1_A1
181	ST186Q10HA	2,084	KSIZ_DEG_RAW.3	243	ST153Q01HA	0,732	KSIZ_DEG_RAW.1
182	ST061Q01NA	2,082	KSIZ_DEG_RAW.3	244	ST188Q07HA	0,668	KSIZ_DEG_RAW.3
183	ST167Q05IA	2,055	KSIZ_DEG_RAW.2	245	ST188Q06HA	0,610	KSIZ_DEG_RAW.3
184	BEINGBULLIED	2,053	KSIZ_DEG_RAW.4	246	ST186Q01HA	0,594	KSIZ_DEG_RAW.3
185	ST038Q08NA	2,053	K8_A1	247	ST062Q02TA	0,501	K8_A3
186	ST167Q01IA	2,046	KSIZ_DEG_RAW.2	248	ST207Q01HA	0,496	KSIZ_DEG_RAW.3

Ek Tablo 23. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST006Q01TA	0,444	K1_A3				
250	ST012Q08NA	0,426	K1_A4				
251	ST008Q01TA	0,415	K1_A3				
252	ST012Q01TA	0,409	K1_A4				
253	ST019AQ01T	0,359	K1_A2				
254	ST153Q10HA	0,342	KSIZ_DEG_RAW.1				
255	ST012Q03TA	0,341	K1_A4				
256	ST019BQ01T	0,334	K1_A2				
257	ST158Q07HA	0,328	KSIZ_DEG_RAW.1				
258	ST158Q02HA	0,327	KSIZ_DEG_RAW.1				
259	ST012Q07NA	0,291	K1_A4				
260	ST022Q01TA	0,279	K1_A2				
261	ST019CQ01T	0,199	K1_A2				
262	ST011Q02TA	0,186	K1_A4				
263	ST012Q02TA	0,179	K1_A4				
264	IMMIG	0,139	K1_A2				
265	ST011Q01TA	0,135	K1_A4				
266	ST011Q12TA	0,059	K1_A4				
267	ST127Q03TA	0,049	K1_A1				
268	ST011Q05TA	0	K1_A4				
269	ST011Q03TA	0	K1_A4				
270	ST011Q08TA	0	K1_A4				
271	ST011Q09TA	0	K1_A4				
272	ST011Q04TA	0	K1_A4				
273	ST011Q11TA	0	K1_A4				

Ek Tablo 24. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC001Q01TA	16,200	K5_A0	63	SC002Q01TA	0,896	KSIZ_DEG_RAW.1
2	SC012Q01TA	14,722	K10_A3K11K12	64	SC064Q01TA	0,892	KSIZ_DEG_RAW.1
3	SC018Q06NA01	11,903	KSIZ_DEG_RAW.1	65	SC061Q03TA	0,761	K8_A45
4	CREACTIV	11,670	K10_A3K11K12	66	TEACHBEHA	0,761	K8_A45
5	SC012Q05TA	9,634	K10_A3K11K12	67	SC154Q05WA	0,756	KSIZ_DEG_RAW.1
6	SC012Q06TA	8,797	K10_A3K11K12	68	SC048Q02NA	0,747	KSIZ_DEG_RAW.1
7	SCHLTYPE	8,237	K5_A0	69	SC064Q03TA	0,709	KSIZ_DEG_RAW.1
8	SC017Q02NA	8,110	K6_A1	70	SC017Q07NA	0,675	K6_A1
9	SC053Q03TA	7,207	K10_A3K11K12	71	SC061Q06TA	0,666	K8_A45
10	SC048Q03NA	7,204	KSIZ_DEG_RAW.1	72	SC161Q04SA	0,646	KSIZ_DEG_RAW.1
11	SCHSIZE	6,666	K5_A0	73	SC061Q08TA	0,593	K8_A45
12	SC013Q01TA	6,346	K5_A0	74	SC017Q01NA	0,593	K6_A1
13	SC042Q01TA	6,308	K5_A0	75	SC004Q06NA	0,546	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC012Q03TA	5,224	K10_A3K11K12	76	SC004Q05NA	0,457	KSIZ_DEG_RAW.1
15	SC037Q04TA	5,165	K10_A3K11K12	77	SC053Q15IA	0,452	KSIZ_DEG_RAW.1
16	SC052Q01NA	5,053	K6_A1	78	SC037Q06NA	0,448	K10_A3K11K12
17	STAFFSHORT	4,980	K6_A1	79	SC064Q02TA	0,448	KSIZ_DEG_RAW.1
18	SC037Q08TA	4,657	K10_A3K11K12	80	SC017Q06NA	0,439	K6_A1
19	SC037Q03TA	4,625	K10_A3K11K12	81	EDUSHORT	0,433	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC018Q05NA02	4,176	KSIZ_DEG_RAW.1	82	SC053Q13IA	0,414	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC018Q01TA02	3,877	KSIZ_DEG_RAW.1	83	SC061Q10TA	0,390	K8_A45
22	SC053Q01TA	3,777	K10_A3K11K12	84	SC018Q02TA02	0,385	KSIZ_DEG_RAW.1
23	SC053Q02TA	3,698	K10_A3K11K12	85	SC061Q11HA	0,383	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC003Q01TA	3,658	K5_A0	86	SC036Q03NA	0,358	K8_A45
25	SC037Q09TA	3,541	K10_A3K11K12	87	SC161Q03SA	0,352	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SC037Q05NA	3,391	K10_A3K11K12	88	SC061Q07TA	0,334	K8_A45
27	SC037Q10NA	3,338	K10_A3K11K12	89	SC064Q04NA	0,322	KSIZ_DEG_RAW.1
28	CLSIZE	3,331	K5_A0	90	SC017Q08NA	0,298	K6_A1
29	SC018Q07NA01	3,153	KSIZ_DEG_RAW.1	91	SC061Q04TA	0,277	K8_A45
30	SC018Q02TA01	2,992	KSIZ_DEG_RAW.1	92	SC053Q16IA	0,248	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC002Q02TA	2,878	KSIZ_DEG_RAW.1	93	SC161Q02SA	0,247	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC012Q07TA	2,429	K10_A3K11K12	94	SC004Q04NA	0,206	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC037Q02TA	2,373	K10_A3K11K12	95	SC154Q03WA	0,188	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC017Q04NA	2,355	K6_A1	96	SC061Q09TA	0,183	K8_A45
35	SC012Q02TA	2,345	K10_A3K11K12	97	SC155Q05HA	0,173	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SC004Q02TA	2,340	KSIZ_DEG_RAW.1	98	SC154Q10WA	0,162	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC004Q07NA	2,236	KSIZ_DEG_RAW.1	99	SC155Q09HA	0,153	KSIZ_DEG_RAW.1
38	STUBEHA	2,220	K8_A45	100	SC155Q07HA	0,143	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SC004Q01TA	2,218	KSIZ_DEG_RAW.1	101	SC155Q11HA	0,140	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC037Q01TA	2,202	K10_A3K11K12	102	SC155Q08HA	0,138	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC061Q01TA	2,179	K8_A45	103	SC155Q03HA	0,131	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC018Q01TA01	2,128	KSIZ_DEG_RAW.1	104	SC160Q01WA	0,123	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC052Q02NA	1,842	K6_A1	105	SC156Q07HA	0,110	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC018Q05NA01	1,685	KSIZ_DEG_RAW.1	106	SC152Q01HA	0,108	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC004Q03TA	1,659	KSIZ_DEG_RAW.1	107	SC011Q01TA	0,100	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC053Q09TA	1,656	K10_A3K11K12	108	SC155Q01HA	0,093	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC042Q02TA	1,630	K5_A0	109	SC155Q06HA	0,083	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC016Q02TA	1,606	KSIZ_DEG_RAW.1	110	SC155Q04HA	0,081	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC164Q01HA	1,418	KSIZ_DEG_RAW.1	111	SC161Q05SA	0,081	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC159Q01HA	1,416	KSIZ_DEG_RAW.1	112	SC052Q03HA	0,076	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC017Q05NA	1,367	K6_A1	113	SC048Q01NA	0,075	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC061Q02TA	1,359	K8_A45	114	SC154Q04WA	0,074	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC036Q02TA	1,244	K8_A45	115	SC150Q01IA	0,072	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC037Q07TA	1,243	K10_A3K11K12	116	SC156Q02HA	0,069	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC017Q03NA	1,238	K6_A1	117	SC016Q04TA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC012Q04TA	1,132	K10_A3K11K12	118	SC155Q10HA	0,066	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC016Q01TA	1,112	KSIZ_DEG_RAW.1	119	SC150Q02IA	0,062	KSIZ_DEG_RAW.1
58	W_FSTUWT_SCH_Su	1,077	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC156Q01HA	0,062	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SENWT	1,044	KSIZ_DEG_RAW.1	121	SC155Q02HA	0,058	KSIZ_DEG_RAW.1
60	W_SCHGRNRABWT	1,027	KSIZ_DEG_RAW.1	122	SC156Q04HA	0,052	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC061Q05TA	0,913	K8_A45	123	SC162Q01SA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC025Q01NA	0,897	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC150Q05IA	0,050	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 24. PISA-2018 Çin örneklemi fen okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC156Q06HA	0,049	KSIZ_DEG_RAW.1				
126	SC156Q03HA	0,047	KSIZ_DEG_RAW.1				
127	SC154Q11HA	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1				
128	SC156Q08HA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1				
129	SC150Q03IA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1				
130	SC150Q04IA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
131	SC053D11TA	0,034	KSIZ_DEG_RAW.1				
132	SC156Q05HA	0,023	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 25. PISA-2018 Çin örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ST225Q06HA	24,195	KSIZ_DEG_RAW.3	63	ST097Q05TA	4,690	K8_A3
2	ESCS	22,342	K1_A3	64	ST059Q01TA	4,617	KSIZ_DEG_RAW.3
3	ST013Q01TA	17,329	K1_A4	65	MISCED	4,601	K1_A3
4	ISCEDD	17,323	K1_A1	66	GFOFAIL	4,597	KSIZ_DEG_RAW.4
5	ISCEDL	15,195	K1_A1	67	RESILIENCE	4,587	KSIZ_DEG_RAW.4
6	ST059Q03TA	14,411	KSIZ_DEG_RAW.3	68	ST011Q16NA	4,529	K1_A4
7	METASPAM	13,406	KSIZ_DEG_RAW.4	69	ST059Q02TA	4,523	KSIZ_DEG_RAW.3
8	ST166Q03HA	12,521	KSIZ_DEG_RAW.2	70	PERCOMP	4,491	KSIZ_DEG_RAW.4
9	ST225Q02HA	11,836	KSIZ_DEG_RAW.2	71	ST186Q07HA	4,475	KSIZ_DEG_RAW.3
10	ST001D01T	10,124	KSIZ_DEG_RAW.1	72	ST003D02T	4,461	KSIZ_DEG_RAW.1
11	ISCEDO	9,946	K1_A1	73	ST183Q01HA	4,437	KSIZ_DEG_RAW.3
12	LANGN	9,836	K1_A2	74	MASTGOAL	4,417	KSIZ_DEG_RAW.4
13	ST154Q01HA	9,323	KSIZ_DEG_RAW.1	75	JOYREAD	4,338	KSIZ_DEG_RAW.4
14	ST102Q03TA	9,014	KSIZ_DEG_RAW.1	76	ST207Q05HA	4,301	KSIZ_DEG_RAW.4
15	EMOSUPS	8,895	K10_A2	77	ST167Q03IA	4,280	KSIZ_DEG_RAW.2
16	ST123Q02NA	8,796	K10_A2	78	ST100Q02TA	4,189	K8_A2
17	METASUM	8,308	KSIZ_DEG_RAW.4	79	ST225Q05HA	4,159	KSIZ_DEG_RAW.3
18	EUDMO	8,220	KSIZ_DEG_RAW.4	80	ST185Q02HA	4,094	KSIZ_DEG_RAW.3
19	ST104Q02NA	7,981	K8_A2	81	ST182Q03HA	3,988	KSIZ_DEG_RAW.3
20	ST034Q04TA	7,800	K8_A1	82	TEACHSUP	3,987	K8_A2
21	HISEI	7,757	KSIZ_DEG_RAW.4	83	ST062Q03TA	3,978	K8_A3
22	ST104Q03NA	7,734	K8_A2	84	ADAPTIVITY	3,964	KSIZ_DEG_RAW.4
23	ST036Q06TA	7,692	KSIZ_DEG_RAW.2	85	TEACHINT	3,949	KSIZ_DEG_RAW.4
24	DIRINS	7,426	KSIZ_DEG_RAW.4	86	DURECEC	3,949	K1_A1
25	ST150Q01IA	7,387	KSIZ_DEG_RAW.1	87	ST186Q06HA	3,937	KSIZ_DEG_RAW.3
26	PISADIFF	7,163	KSIZ_DEG_RAW.4	88	ST023Q03TA	3,934	KSIZ_DEG_RAW.1
27	ST004D01T	7,012	K1_A1	89	ST012Q09NA	3,860	K1_A4
28	BELONG	6,633	K8_A1	90	ST185Q01HA	3,758	KSIZ_DEG_RAW.3
29	ST225Q03HA	6,599	KSIZ_DEG_RAW.2	91	ST176Q05IA	3,743	KSIZ_DEG_RAW.2
30	ST152Q05IA	6,597	KSIZ_DEG_RAW.1	92	ST208Q04HA	3,735	KSIZ_DEG_RAW.3
31	WEALTH	6,583	K1_A4	93	ST150Q03IA	3,734	KSIZ_DEG_RAW.1
32	ST153Q06HA	6,507	KSIZ_DEG_RAW.1	94	ST164Q04IA	3,655	KSIZ_DEG_RAW.2
33	ST023Q01TA	6,440	KSIZ_DEG_RAW.1	95	ST167Q04IA	3,635	KSIZ_DEG_RAW.2
34	ST125Q01NA	6,407	K1_A1	96	ST100Q01TA	3,623	K8_A2
35	ST023Q05TA	6,348	KSIZ_DEG_RAW.1	97	ATTLNACT	3,583	KSIZ_DEG_RAW.4
36	ST126Q01TA	6,276	K1_A1	98	ST038Q05NA	3,577	K8_A1
37	ST097Q03TA	6,212	K8_A3	99	ST166Q04HA	3,568	KSIZ_DEG_RAW.2
38	ST165Q02IA	6,186	KSIZ_DEG_RAW.2	100	ST225Q01HA	3,562	KSIZ_DEG_RAW.2
39	ST038Q04NA	5,844	K8_A1	101	ST023Q04TA	3,523	KSIZ_DEG_RAW.1
40	ST034Q06TA	5,811	K8_A1	102	ST207Q02HA	3,394	KSIZ_DEG_RAW.3
41	DISCLIMA	5,771	KSIZ_DEG_RAW.4	103	ST186Q03HA	3,354	KSIZ_DEG_RAW.3
42	ST168Q01HA	5,713	KSIZ_DEG_RAW.2	104	ST213Q03HA	3,346	KSIZ_DEG_RAW.1
43	ST060Q01NA	5,694	KSIZ_DEG_RAW.3	105	ST186Q05HA	3,333	KSIZ_DEG_RAW.3
44	ST165Q04IA	5,590	KSIZ_DEG_RAW.2	106	ST184Q01HA	3,273	KSIZ_DEG_RAW.3
45	ST059Q04HA	5,510	KSIZ_DEG_RAW.3	107	ST182Q05HA	3,240	KSIZ_DEG_RAW.3
46	ST205Q02HA	5,287	KSIZ_DEG_RAW.3	108	SCREADCOMP	3,221	KSIZ_DEG_RAW.4
47	ST183Q02HA	5,224	KSIZ_DEG_RAW.3	109	ST100Q04TA	3,217	K8_A2
48	ST007Q01TA	5,219	K1_A3	110	ST153Q04HA	3,206	KSIZ_DEG_RAW.1
49	ST161Q01HA	5,132	KSIZ_DEG_RAW.2	111	ST164Q05IA	3,196	KSIZ_DEG_RAW.2
50	ST165Q01IA	5,080	KSIZ_DEG_RAW.2	112	ST161Q08HA	3,194	KSIZ_DEG_RAW.2
51	ST163Q02HA	5,080	KSIZ_DEG_RAW.2	113	FISCED_D	3,165	KSIZ_DEG_RAW.4
52	ST182Q06HA	5,048	KSIZ_DEG_RAW.3	114	ST102Q01TA	3,155	KSIZ_DEG_RAW.1
53	ST012Q06NA	5,047	K1_A4	115	ST160Q05IA	3,092	KSIZ_DEG_RAW.2
54	ST097Q04TA	4,953	K8_A3	116	SCREADDIFF	3,087	KSIZ_DEG_RAW.4
55	ST005Q01TA	4,915	K1_A3	117	ST165Q05IA	3,073	KSIZ_DEG_RAW.2
56	ST011Q10TA	4,842	K1_A4	118	ST012Q05NA	3,054	K1_A4
57	ST158Q05HA	4,826	KSIZ_DEG_RAW.1	119	ST036Q05TA	3,007	KSIZ_DEG_RAW.2
58	ST176Q01IA	4,821	KSIZ_DEG_RAW.2	120	ST185Q03HA	2,970	KSIZ_DEG_RAW.3
59	ST166Q02HA	4,770	KSIZ_DEG_RAW.2	121	BOOKID	2,954	KSIZ_DEG_RAW.1
60	ICTRES	4,769	K1_A4	122	ST167Q02IA	2,938	KSIZ_DEG_RAW.2
61	ST166Q05HA	4,759	KSIZ_DEG_RAW.2	123	ST188Q02HA	2,914	KSIZ_DEG_RAW.3
62	ST176Q02IA	4,749	KSIZ_DEG_RAW.2	124	ST158Q03HA	2,860	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 25. PISA-2018 Çin örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST016Q01NA	2,827	KSIZ_DEG_RAW.2	187	ST008Q02TA	1,753	K1_A3
126	ST188Q01HA	2,819	KSIZ_DEG_RAW.3	188	ST008Q03TA	1,730	K1_A3
127	UNDREM	2,814	KSIZ_DEG_RAW.4	189	ST177Q03HA	1,723	KSIZ_DEG_RAW.3
128	ST097Q01TA	2,804	K8_A3	190	BEINGBULLIED	1,722	KSIZ_DEG_RAW.4
129	ST163Q04HA	2,772	KSIZ_DEG_RAW.2	191	ST161Q02HA	1,714	KSIZ_DEG_RAW.2
130	REPEAT	2,754	K1_A1	192	ST181Q04HA	1,696	KSIZ_DEG_RAW.3
131	ST182Q04HA	2,752	KSIZ_DEG_RAW.3	193	ST186Q01HA	1,671	KSIZ_DEG_RAW.3
132	ST158Q04HA	2,741	KSIZ_DEG_RAW.1	194	ST012Q08NA	1,669	K1_A4
133	ST212Q01HA	2,708	KSIZ_DEG_RAW.1	195	HEDRES	1,587	K1_A4
134	ST183Q03HA	2,701	KSIZ_DEG_RAW.3	196	ST034Q02TA	1,579	K8_A1
135	PAREDINT	2,634	KSIZ_DEG_RAW.4	197	SWBP	1,560	KSIZ_DEG_RAW.4
136	ST175Q01IA	2,600	KSIZ_DEG_RAW.2	198	ST160Q02IA	1,553	KSIZ_DEG_RAW.2
137	ST207Q03HA	2,600	KSIZ_DEG_RAW.3	199	ST211Q02HA	1,550	KSIZ_DEG_RAW.1
138	ST165Q03IA	2,582	KSIZ_DEG_RAW.2	200	ST062Q01TA	1,546	K8_A3
139	ST208Q01HA	2,580	KSIZ_DEG_RAW.3	201	ST152Q06IA	1,520	KSIZ_DEG_RAW.1
140	ST212Q03HA	2,556	KSIZ_DEG_RAW.1	202	ST152Q07IA	1,510	KSIZ_DEG_RAW.1
141	HOMEPOS	2,554	K1_A4	203	ST188Q06HA	1,455	KSIZ_DEG_RAW.3
142	ST160Q03IA	2,532	KSIZ_DEG_RAW.2	204	ST034Q05TA	1,441	K8_A1
143	ST158Q06HA	2,515	KSIZ_DEG_RAW.1	205	ST181Q03HA	1,377	KSIZ_DEG_RAW.3
144	ST123Q04NA	2,477	K10_A2	206	ST212Q02HA	1,330	KSIZ_DEG_RAW.1
145	ST011Q06TA	2,452	K1_A4	207	ST153Q05HA	1,314	KSIZ_DEG_RAW.1
146	ST011Q07TA	2,436	K1_A4	208	ST153Q08HA	1,290	KSIZ_DEG_RAW.1
147	ST164Q02IA	2,431	KSIZ_DEG_RAW.2	209	ST158Q01HA	1,274	KSIZ_DEG_RAW.1
148	ST164Q03IA	2,406	KSIZ_DEG_RAW.2	210	ST177Q01HA	1,256	KSIZ_DEG_RAW.3
149	ST102Q04TA	2,397	KSIZ_DEG_RAW.1	211	ST181Q02HA	1,229	KSIZ_DEG_RAW.3
150	ST163Q03HA	2,383	KSIZ_DEG_RAW.2	212	ST188Q03HA	1,217	KSIZ_DEG_RAW.3
151	ST150Q02IA	2,377	KSIZ_DEG_RAW.1	213	ST206Q04HA	1,207	KSIZ_DEG_RAW.4
152	WORKMAST	2,340	KSIZ_DEG_RAW.4	214	ST038Q08NA	1,200	K8_A1
153	HISCED	2,319	K1_A3	215	ST012Q01TA	1,199	K1_A4
154	ST164Q06IA	2,291	KSIZ_DEG_RAW.2	216	ST213Q01HA	1,197	KSIZ_DEG_RAW.1
155	EFFORT2	2,273	KSIZ_DEG_RAW.4	217	ST152Q08IA	1,182	KSIZ_DEG_RAW.1
156	ST061Q01NA	2,196	KSIZ_DEG_RAW.3	218	ST211Q03HA	1,179	KSIZ_DEG_RAW.1
157	STIMREAD	2,190	KSIZ_DEG_RAW.4	219	ST205Q04HA	1,178	KSIZ_DEG_RAW.3
158	ST164Q01IA	2,188	KSIZ_DEG_RAW.2	220	ST205Q03HA	1,177	KSIZ_DEG_RAW.3
159	HISCED_D	2,170	KSIZ_DEG_RAW.4	221	ST207Q04HA	1,149	KSIZ_DEG_RAW.4
160	ST186Q10HA	2,148	KSIZ_DEG_RAW.3	222	ST038Q03NA	1,141	K8_A1
161	ST186Q08HA	2,140	KSIZ_DEG_RAW.3	223	CULTPOSS	1,121	K1_A4
162	ST006Q02TA	2,095	K1_A3	224	ST167Q05IA	1,094	KSIZ_DEG_RAW.2
163	PERFEED	2,090	K8_A2	225	EFFORT1	1,089	KSIZ_DEG_RAW.4
164	ST177Q02HA	2,083	KSIZ_DEG_RAW.3	226	ST153Q03HA	1,068	KSIZ_DEG_RAW.1
165	ST161Q06HA	2,060	KSIZ_DEG_RAW.2	227	ST176Q03IA	1,046	KSIZ_DEG_RAW.2
166	ST012Q03TA	2,049	K1_A4	228	ST166Q01HA	1,028	KSIZ_DEG_RAW.2
167	ST161Q07HA	2,045	KSIZ_DEG_RAW.2	229	ST036Q08TA	1,013	KSIZ_DEG_RAW.2
168	FISCED	2,033	K1_A3	230	MISCED_D	0,968	KSIZ_DEG_RAW.4
169	ST176Q06IA	2,008	KSIZ_DEG_RAW.2	231	ST038Q07NA	0,965	K8_A1
170	ST176Q07IA	2,007	KSIZ_DEG_RAW.2	232	ST158Q02HA	0,937	KSIZ_DEG_RAW.1
171	ST213Q04HA	1,989	KSIZ_DEG_RAW.1	233	ST213Q02HA	0,924	KSIZ_DEG_RAW.1
172	ST038Q06NA	1,976	K8_A1	234	ST012Q07NA	0,923	K1_A4
173	ST097Q02TA	1,971	K8_A3	235	ST012Q02TA	0,905	K1_A4
174	ST160Q01IA	1,931	KSIZ_DEG_RAW.2	236	ST206Q02HA	0,901	KSIZ_DEG_RAW.4
175	ST167Q01IA	1,896	KSIZ_DEG_RAW.2	237	ST188Q07HA	0,825	KSIZ_DEG_RAW.3
176	PARED	1,884	K1_A3	238	ST160Q04IA	0,816	KSIZ_DEG_RAW.2
177	PERCOOP	1,883	KSIZ_DEG_RAW.4	239	ST023Q02TA	0,801	KSIZ_DEG_RAW.1
178	ST123Q03NA	1,880	K10_A2	240	ST225Q04HA	0,792	KSIZ_DEG_RAW.3
179	ST208Q02HA	1,872	KSIZ_DEG_RAW.3	241	ST206Q01HA	0,757	KSIZ_DEG_RAW.4
180	ST211Q01HA	1,826	KSIZ_DEG_RAW.1	242	ST153Q10HA	0,708	KSIZ_DEG_RAW.1
181	ST186Q09HA	1,816	KSIZ_DEG_RAW.3	243	ST011Q01TA	0,696	K1_A4
182	ST127Q01TA	1,811	K1_A1	244	ST153Q02HA	0,682	KSIZ_DEG_RAW.1
183	COMPETE	1,799	KSIZ_DEG_RAW.4	245	ST011Q02TA	0,657	K1_A4
184	ST161Q03HA	1,798	KSIZ_DEG_RAW.2	246	ST153Q09HA	0,656	KSIZ_DEG_RAW.1
185	ST205Q01HA	1,798	KSIZ_DEG_RAW.3	247	ST102Q02TA	0,641	KSIZ_DEG_RAW.1
186	ST150Q04HA	1,770	KSIZ_DEG_RAW.1	248	ST153Q01HA	0,615	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 25. PISA-2018 Çin örneklemi matematik okuryazarlığı alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
249	ST207Q01HA	0,598	KSIZ_DEG_RAW.3				
250	ST186Q02HA	0,553	KSIZ_DEG_RAW.3				
251	ST206Q03HA	0,534	KSIZ_DEG_RAW.4				
252	ST062Q02TA	0,531	K8_A3				
253	ST127Q02TA	0,518	K1_A1				
254	ST100Q03TA	0,476	K8_A2				
255	ST034Q01TA	0,426	K8_A1				
256	ST158Q07HA	0,426	KSIZ_DEG_RAW.1				
257	ST006Q01TA	0,400	K1_A3				
258	ST011Q03TA	0,346	K1_A4				
259	ST008Q01TA	0,317	K1_A3				
260	ST011Q11TA	0,302	K1_A4				
261	ST019BQ01T	0,294	K1_A2				
262	ST104Q04NA	0,237	K8_A2				
263	ST011Q04TA	0,224	K1_A4				
264	ST019AQ01T	0,184	K1_A2				
265	ST022Q01TA	0,175	K1_A2				
266	ST011Q12TA	0,153	K1_A4				
267	ST011Q08TA	0,143	K1_A4				
268	IMMIG	0,112	K1_A2				
269	ST019CQ01T	0,095	K1_A2				
270	ST011Q05TA	0,031	K1_A4				
271	ST011Q09TA	0,028	K1_A4				
272	ST127Q03TA	0	K1_A1				
273	ST034Q03TA	0	K8_A1				

Ek Tablo 26. PISA-2018 Çin örneklemi Matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SCHLTYPE	62,413	K5_A0	63	SC025Q01NA	1,114	KSIZ_DEG_RAW.1
2	SC013Q01TA	59,969	K5_A0	64	SC037Q07TA	1,084	K10_A3K11K12
3	SC001Q01TA	16,283	K5_A0	65	SC002Q01TA	1,033	KSIZ_DEG_RAW.1
4	SC018Q06NA01	11,183	KSIZ_DEG_RAW.1	66	SC042Q02TA	0,985	K5_A0
5	SC012Q01TA	10,482	K10_A3K11K12	67	TEACHBEHA	0,973	K8_A45
6	SC012Q03TA	9,078	K10_A3K11K12	68	SC154Q05WA	0,937	KSIZ_DEG_RAW.1
7	SC012Q05TA	8,047	K10_A3K11K12	69	SC061Q03TA	0,895	K8_A45
8	SC003Q01TA	7,970	K5_A0	70	SC017Q01NA	0,882	K6_A1
9	CREACTIV	7,696	K10_A3K11K12	71	EDUSHORT	0,881	KSIZ_DEG_RAW.1
10	CLSIZE	6,665	K5_A0	72	SC064Q01TA	0,869	KSIZ_DEG_RAW.1
11	SC012Q06TA	6,445	K10_A3K11K12	73	SC004Q06NA	0,844	KSIZ_DEG_RAW.1
12	SC048Q03NA	6,287	KSIZ_DEG_RAW.1	74	SC048Q02NA	0,790	KSIZ_DEG_RAW.1
13	SC037Q10NA	6,046	K10_A3K11K12	75	SC064Q03TA	0,738	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC012Q04TA	5,930	K10_A3K11K12	76	SC061Q08TA	0,736	K8_A45
15	SC042Q01TA	5,387	K5_A0	77	SC161Q04SA	0,640	KSIZ_DEG_RAW.1
16	SC018Q01TA02	5,184	KSIZ_DEG_RAW.1	78	SENWT	0,560	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC012Q02TA	5,164	K10_A3K11K12	79	SC061Q04TA	0,526	K8_A45
18	SCHSIZE	5,067	K5_A0	80	SC004Q05NA	0,522	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC037Q03TA	5,017	K10_A3K11K12	81	W_SCHGRNRABWT	0,507	KSIZ_DEG_RAW.1
20	SC012Q07TA	4,381	K10_A3K11K12	82	SC161Q03SA	0,491	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC018Q05NA02	4,375	KSIZ_DEG_RAW.1	83	SC036Q03NA	0,480	K8_A45
22	SC037Q01TA	4,235	K10_A3K11K12	84	SC061Q10TA	0,447	K8_A45
23	SC037Q04TA	4,206	K10_A3K11K12	85	SC064Q02TA	0,439	KSIZ_DEG_RAW.1
24	SC052Q01NA	4,205	K6_A1	86	SC064Q04NA	0,432	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC017Q02NA	4,115	K6_A1	87	SC053Q15IA	0,403	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SC018Q02TA01	3,777	KSIZ_DEG_RAW.1	88	SC061Q11HA	0,392	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC053Q03TA	3,672	K10_A3K11K12	89	SC061Q09TA	0,369	K8_A45
28	STUBEHA	3,540	K8_A45	90	SC161Q02SA	0,365	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC037Q02TA	3,307	K10_A3K11K12	91	SC053Q13IA	0,351	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SC061Q02TA	3,240	K8_A45	92	SC061Q07TA	0,289	K8_A45
31	SC037Q09TA	3,167	K10_A3K11K12	93	SC053Q16IA	0,266	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC037Q06NA	3,050	K10_A3K11K12	94	SC155Q01HA	0,247	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC018Q07NA01	3,033	KSIZ_DEG_RAW.1	95	SC155Q07HA	0,218	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC061Q01TA	3,010	K8_A45	96	SC018Q02TA02	0,200	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC017Q05NA	2,902	K6_A1	97	SC154Q03WA	0,193	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SC002Q02TA	2,823	KSIZ_DEG_RAW.1	98	SC004Q04NA	0,192	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC037Q05NA	2,792	K10_A3K11K12	99	SC155Q11HA	0,174	KSIZ_DEG_RAW.1
38	SC004Q02TA	2,715	KSIZ_DEG_RAW.1	100	SC154Q10WA	0,157	KSIZ_DEG_RAW.1
39	SC053Q02TA	2,374	K10_A3K11K12	101	SC155Q08HA	0,146	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC004Q07NA	2,343	KSIZ_DEG_RAW.1	102	SC160Q01WA	0,143	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC004Q01TA	2,260	KSIZ_DEG_RAW.1	103	SC155Q02HA	0,129	KSIZ_DEG_RAW.1
42	STAFFSHORT	2,186	K6_A1	104	SC152Q01HA	0,127	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC052Q02NA	2,182	K6_A1	105	SC155Q05HA	0,119	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC004Q03TA	2,180	KSIZ_DEG_RAW.1	106	SC155Q03HA	0,118	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC017Q04NA	1,987	K6_A1	107	SC150Q02IA	0,116	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC053Q01TA	1,933	K10_A3K11K12	108	SC155Q04HA	0,103	KSIZ_DEG_RAW.1
47	SC037Q08TA	1,753	K10_A3K11K12	109	SC155Q06HA	0,101	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC017Q03NA	1,702	K6_A1	110	SC155Q09HA	0,098	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC036Q02TA	1,617	K8_A45	111	SC156Q08HA	0,098	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC061Q05TA	1,552	K8_A45	112	SC011Q01TA	0,097	KSIZ_DEG_RAW.1
51	W_FSTUWT_SCH_SUM	1,520	KSIZ_DEG_RAW.1	113	SC150Q01IA	0,094	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC053Q09TA	1,520	K10_A3K11K12	114	SC156Q04HA	0,085	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC159Q01HA	1,505	KSIZ_DEG_RAW.1	115	SC154Q04WA	0,085	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC016Q02TA	1,488	KSIZ_DEG_RAW.1	116	SC016Q04TA	0,070	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SC164Q01HA	1,442	KSIZ_DEG_RAW.1	117	SC048Q01NA	0,069	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC018Q05NA01	1,350	KSIZ_DEG_RAW.1	118	SC155Q10HA	0,067	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC017Q06NA	1,283	K6_A1	119	SC052Q03HA	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1
58	SC017Q08NA	1,224	K6_A1	120	SC150Q04IA	0,065	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC018Q01TA01	1,216	KSIZ_DEG_RAW.1	121	SC156Q07HA	0,057	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC061Q06TA	1,214	K8_A45	122	SC154Q11HA	0,054	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC016Q01TA	1,145	KSIZ_DEG_RAW.1	123	SC150Q03IA	0,049	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC017Q07NA	1,133	K6_A1	124	SC156Q01HA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 26. PISA-2018 Çin örneklemi Matematik okuryazarlığı alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC156Q05HA	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1				
126	SC161Q05SA	0,043	KSIZ_DEG_RAW.1				
127	SC156Q02HA	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1				
128	SC156Q06HA	0,041	KSIZ_DEG_RAW.1				
129	SC156Q03HA	0,036	KSIZ_DEG_RAW.1				
130	SC162Q01SA	0,036	KSIZ_DEG_RAW.1				
131	SC150Q05IA	0,025	KSIZ_DEG_RAW.1				
132	SC053D11TA	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1				

Ek Tablo 27. PISA-2018 Çin örneklemi Okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	ST225Q06HA	28,655	KSIZ_DEG_RAW.3	63	ICTRES	4,855	K1_A4
2	ESCS	27,734	K1_A3	64	DURECEC	4,843	K1_A1
3	ST013Q01TA	18,759	K1_A4	65	STIMREAD	4,836	KSIZ_DEG_RAW.4
4	ISCEDL	18,619	K1_A1	66	ST182Q06HA	4,831	KSIZ_DEG_RAW.3
5	METASPAM	17,887	KSIZ_DEG_RAW.4	67	ST011Q06TA	4,794	K1_A4
6	ISCEDD	16,772	K1_A1	68	ST185Q02HA	4,735	KSIZ_DEG_RAW.3
7	ST059Q03TA	12,704	KSIZ_DEG_RAW.3	69	ST034Q02TA	4,734	K8_A1
8	LANGN	12,385	K1_A2	70	ST205Q02HA	4,728	KSIZ_DEG_RAW.3
9	ST005Q01TA	12,341	K1_A3	71	ST225Q05HA	4,728	KSIZ_DEG_RAW.3
10	HISCED	11,662	K1_A3	72	ST208Q04HA	4,694	KSIZ_DEG_RAW.3
11	ST123Q02NA	11,627	K10_A2	73	ST100Q03TA	4,490	K8_A2
12	EMOSUPS	11,509	K10_A2	74	ST100Q02TA	4,387	K8_A2
13	WEALTH	10,970	K1_A4	75	ST205Q01HA	4,360	KSIZ_DEG_RAW.3
14	ST034Q04TA	10,914	K8_A1	76	ST183Q02HA	4,351	KSIZ_DEG_RAW.3
15	ISCEDO	10,504	K1_A1	77	ST184Q01HA	4,246	KSIZ_DEG_RAW.3
16	EUDMO	10,122	KSIZ_DEG_RAW.4	78	ST183Q01HA	4,198	KSIZ_DEG_RAW.3
17	ST125Q01NA	9,992	K1_A1	79	ST186Q05HA	4,157	KSIZ_DEG_RAW.3
18	JOYREAD	9,840	KSIZ_DEG_RAW.4	80	SCREADDIFF	4,147	KSIZ_DEG_RAW.4
19	PISADIFF	9,765	KSIZ_DEG_RAW.4	81	GFOFAIL	4,048	KSIZ_DEG_RAW.4
20	METASUM	9,647	KSIZ_DEG_RAW.4	82	PERCOMP	3,785	KSIZ_DEG_RAW.4
21	ST104Q02NA	9,558	K8_A2	83	ST123Q04NA	3,748	K10_A2
22	ST007Q01TA	9,392	K1_A3	84	ST004D01T	3,670	K1_A1
23	BELONG	9,240	K8_A1	85	ST188Q02HA	3,665	KSIZ_DEG_RAW.3
24	PERFEED	9,113	K8_A2	86	ST059Q02TA	3,636	KSIZ_DEG_RAW.3
25	ST100Q01TA	8,209	K8_A2	87	ST034Q01TA	3,607	K8_A1
26	HISEI	7,969	KSIZ_DEG_RAW.4	88	ST038Q03NA	3,568	K8_A1
27	HOMEPOS	7,940	K1_A4	89	ST012Q05NA	3,504	K1_A4
28	TEACHSUP	7,863	K8_A2	90	FISCED_D	3,399	KSIZ_DEG_RAW.4
29	ST034Q06TA	7,838	K8_A1	91	ST183Q03HA	3,394	KSIZ_DEG_RAW.3
30	ST097Q03TA	7,791	K8_A3	92	ST185Q03HA	3,380	KSIZ_DEG_RAW.3
31	ST012Q06NA	7,639	K1_A4	93	ST182Q05HA	3,363	KSIZ_DEG_RAW.3
32	MISCED	7,351	K1_A3	94	ST011Q07TA	3,341	K1_A4
33	ST060Q01NA	7,206	KSIZ_DEG_RAW.3	95	ST182Q03HA	3,318	KSIZ_DEG_RAW.3
34	ST207Q03HA	6,999	KSIZ_DEG_RAW.3	96	WORKMAST	3,299	KSIZ_DEG_RAW.4
35	ST012Q09NA	6,922	K1_A4	97	ST208Q01HA	3,285	KSIZ_DEG_RAW.3
36	ST104Q03NA	6,798	K8_A2	98	ST104Q04NA	3,281	K8_A2
37	ST062Q03TA	6,771	K8_A3	99	ST182Q04HA	3,164	KSIZ_DEG_RAW.3
38	ST012Q03TA	6,725	K1_A4	100	PARED	3,115	K1_A3
39	ST126Q01TA	6,613	K1_A1	101	CULTPOSS	3,087	K1_A4
40	ST097Q05TA	6,552	K8_A3	102	ST188Q01HA	3,064	KSIZ_DEG_RAW.3
41	FISCED	6,415	K1_A3	103	TEACHINT	3,063	KSIZ_DEG_RAW.4
42	ST059Q04HA	6,260	KSIZ_DEG_RAW.3	104	ST207Q04HA	3,022	KSIZ_DEG_RAW.4
43	DIRINS	6,177	KSIZ_DEG_RAW.4	105	ST038Q06NA	2,999	K8_A1
44	ST038Q04NA	6,123	K8_A1	106	ST012Q02TA	2,964	K1_A4
45	ST034Q03TA	6,077	K8_A1	107	ST186Q06HA	2,882	KSIZ_DEG_RAW.3
46	ST186Q07HA	5,846	KSIZ_DEG_RAW.3	108	RESILIENCE	2,881	KSIZ_DEG_RAW.4
47	ST008Q03TA	5,836	K1_A3	109	ST038Q05NA	2,795	K8_A1
48	UNDREM	5,813	KSIZ_DEG_RAW.4	110	SCREADCOMP	2,669	KSIZ_DEG_RAW.4
49	PAREDINT	5,674	KSIZ_DEG_RAW.4	111	ST188Q03HA	2,558	KSIZ_DEG_RAW.3
50	ST123Q03NA	5,617	K10_A2	112	ST186Q09HA	2,465	KSIZ_DEG_RAW.3
51	ST185Q01HA	5,539	KSIZ_DEG_RAW.3	113	ST061Q01NA	2,449	KSIZ_DEG_RAW.3
52	ST011Q10TA	5,441	K1_A4	114	ATTLNACT	2,362	KSIZ_DEG_RAW.4
53	DISCLIMA	5,421	KSIZ_DEG_RAW.4	115	ST207Q05HA	2,304	KSIZ_DEG_RAW.4
54	ST034Q05TA	5,414	K8_A1	116	ST038Q07NA	2,300	K8_A1
55	MASTGOAL	5,269	KSIZ_DEG_RAW.4	117	ST208Q02HA	2,254	KSIZ_DEG_RAW.3
56	ST059Q01TA	5,141	KSIZ_DEG_RAW.3	118	ST012Q01TA	2,251	K1_A4
57	ST207Q02HA	5,117	KSIZ_DEG_RAW.3	119	ST186Q03HA	2,239	KSIZ_DEG_RAW.3
58	ST011Q16NA	5,070	K1_A4	120	PERCOOP	2,189	KSIZ_DEG_RAW.4
59	ST097Q04TA	5,013	K8_A3	121	ST038Q08NA	2,170	K8_A1
60	ST100Q04TA	5,012	K8_A2	122	COMPETE	2,143	KSIZ_DEG_RAW.4
61	ST127Q01TA	5,008	K1_A1	123	MISCED_D	2,066	KSIZ_DEG_RAW.4
62	HEDRES	4,880	K1_A4	124	ST012Q08NA	2,066	K1_A4

Ek Tablo 27. PISA-2018 Çin örneklemi Okuma becerisi alt alanı öğrenci odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	ST205Q04HA	2,035	KSIZ_DEG_RAW.3				
126	ADAPTIVITY	2,005	KSIZ_DEG_RAW.4				
127	SWBP	1,906	KSIZ_DEG_RAW.4				
128	ST181Q02HA	1,871	KSIZ_DEG_RAW.3				
129	ST181Q03HA	1,868	KSIZ_DEG_RAW.3				
130	EFFORT2	1,864	KSIZ_DEG_RAW.4				
131	ST012Q07NA	1,826	K1_A4				
132	EFFORT1	1,821	KSIZ_DEG_RAW.4				
133	ST205Q03HA	1,763	KSIZ_DEG_RAW.3				
134	ST008Q02TA	1,726	K1_A3				
135	ST177Q01HA	1,705	KSIZ_DEG_RAW.3				
136	ST206Q02HA	1,650	KSIZ_DEG_RAW.4				
137	ST062Q01TA	1,552	K8_A3				
138	ST186Q02HA	1,552	KSIZ_DEG_RAW.3				
139	ST011Q11TA	1,510	K1_A4				
140	ST011Q02TA	1,468	K1_A4				
141	ST186Q10HA	1,450	KSIZ_DEG_RAW.3				
142	ST097Q01TA	1,439	K8_A3				
143	ST177Q02HA	1,339	KSIZ_DEG_RAW.3				
144	ST177Q03HA	1,323	KSIZ_DEG_RAW.3				
145	ST188Q06HA	1,315	KSIZ_DEG_RAW.3				
146	ST181Q04HA	1,312	KSIZ_DEG_RAW.3				
147	HISCED_D	1,297	KSIZ_DEG_RAW.4				
148	ST186Q01HA	1,284	KSIZ_DEG_RAW.3				
149	ST206Q03HA	1,278	KSIZ_DEG_RAW.4				
150	ST207Q01HA	1,247	KSIZ_DEG_RAW.3				
151	BEINGBULLIED	1,162	KSIZ_DEG_RAW.4				
152	ST188Q07HA	1,095	KSIZ_DEG_RAW.3				
153	ST206Q01HA	1,070	KSIZ_DEG_RAW.4				
154	ST225Q04HA	0,943	KSIZ_DEG_RAW.3				
155	ST186Q08HA	0,942	KSIZ_DEG_RAW.3				
156	ST127Q02TA	0,937	K1_A1				
157	REPEAT	0,866	K1_A1				
158	ST097Q02TA	0,746	K8_A3				
159	ST011Q09TA	0,717	K1_A4				
160	ST206Q04HA	0,695	KSIZ_DEG_RAW.4				
161	ST011Q04TA	0,634	K1_A4				
162	ST011Q01TA	0,557	K1_A4				
163	ST062Q02TA	0,538	K8_A3				
164	ST011Q08TA	0,493	K1_A4				
165	ST011Q05TA	0,457	K1_A4				
166	ST011Q03TA	0,369	K1_A4				
167	ST011Q12TA	0,331	K1_A4				
168	ST022Q01TA	0,323	K1_A2				
169	ST008Q01TA	0,317	K1_A3				
170	ST006Q01TA	0,284	K1_A3				
171	ST019BQ01T	0,284	K1_A2				
172	ST019AQ01T	0,201	K1_A2				
173	IMMIG	0,144	K1_A2				
174	ST019CQ01T	0,090	K1_A2				
175	ST127Q03TA	0,067	K1_A1				
176	ST006Q02TA	0,014	K1_A3				

Ek Tablo 28. PISA-2018 Çin örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
1	SC001Q01TA	18,011	K5_A0	63	SC017Q01NA	0,790	K6_A1
2	SC012Q01TA	15,847	K10_A3K11K12	64	SC016Q01TA	0,788	KSIZ_DEG_RAW.1
3	SC018Q06NA01	14,369	KSIZ_DEG_RAW.1	65	SC061Q07TA	0,768	K8_A45
4	CREACTIV	11,625	K10_A3K11K12	66	SC061Q08TA	0,754	K8_A45
5	SC017Q02NA	10,655	K6_A1	67	SC061Q04TA	0,742	K8_A45
6	SCHLTYPE	9,419	K5_A0	68	SC004Q06NA	0,736	KSIZ_DEG_RAW.1
7	SC013Q01TA	8,178	K5_A0	69	TEACHBEHA	0,714	K8_A45
8	SCHSIZE	7,342	K5_A0	70	SC154Q05WA	0,701	KSIZ_DEG_RAW.1
9	SC012Q04TA	7,047	K10_A3K11K12	71	SC048Q02NA	0,671	KSIZ_DEG_RAW.1
10	SC048Q03NA	7,028	KSIZ_DEG_RAW.1	72	SC061Q09TA	0,625	K8_A45
11	SC012Q06TA	7,013	K10_A3K11K12	73	SC017Q07NA	0,569	K6_A1
12	SC052Q01NA	6,859	K6_A1	74	SC053Q02TA	0,553	K10_A3K11K12
13	SC042Q01TA	6,587	K5_A0	75	SC161Q04SA	0,547	KSIZ_DEG_RAW.1
14	SC012Q03TA	5,786	K10_A3K11K12	76	SC053Q15IA	0,546	KSIZ_DEG_RAW.1
15	SC037Q03TA	5,284	K10_A3K11K12	77	SC017Q03NA	0,525	K6_A1
16	SC037Q10NA	4,815	K10_A3K11K12	78	SC064Q03TA	0,517	KSIZ_DEG_RAW.1
17	SC012Q07TA	4,627	K10_A3K11K12	79	SC061Q10TA	0,513	K8_A45
18	STAFFSHORT	4,565	K6_A1	80	SC161Q03SA	0,506	KSIZ_DEG_RAW.1
19	SC053Q03TA	4,537	K10_A3K11K12	81	SC037Q08TA	0,478	K10_A3K11K12
20	SC018Q05NA02	4,221	KSIZ_DEG_RAW.1	82	EDUSHORT	0,455	KSIZ_DEG_RAW.1
21	SC003Q01TA	4,048	K5_A0	83	SC064Q02TA	0,431	KSIZ_DEG_RAW.1
22	SC018Q07NA01	3,886	KSIZ_DEG_RAW.1	84	SC017Q06NA	0,365	K6_A1
23	CLSIZE	3,655	K5_A0	85	SC017Q08NA	0,344	K6_A1
24	SC018Q02TA01	3,429	KSIZ_DEG_RAW.1	86	SC064Q04NA	0,330	KSIZ_DEG_RAW.1
25	SC018Q01TA02	3,417	KSIZ_DEG_RAW.1	87	SC004Q05NA	0,317	KSIZ_DEG_RAW.1
26	SC002Q02TA	3,333	KSIZ_DEG_RAW.1	88	SC061Q11HA	0,316	KSIZ_DEG_RAW.1
27	SC004Q07NA	3,268	KSIZ_DEG_RAW.1	89	SC053Q13IA	0,310	KSIZ_DEG_RAW.1
28	SC061Q02TA	3,253	K8_A45	90	SC018Q02TA02	0,196	KSIZ_DEG_RAW.1
29	SC017Q04NA	2,901	K6_A1	91	SC155Q07HA	0,183	KSIZ_DEG_RAW.1
30	SC061Q01TA	2,794	K8_A45	92	SC053Q16IA	0,180	KSIZ_DEG_RAW.1
31	SC012Q05TA	2,780	K10_A3K11K12	93	SC154Q03WA	0,171	KSIZ_DEG_RAW.1
32	SC012Q02TA	2,660	K10_A3K11K12	94	SC004Q04NA	0,170	KSIZ_DEG_RAW.1
33	SC004Q02TA	2,607	KSIZ_DEG_RAW.1	95	SC155Q09HA	0,155	KSIZ_DEG_RAW.1
34	SC036Q02TA	2,459	K8_A45	96	SC161Q02SA	0,153	KSIZ_DEG_RAW.1
35	SC053Q01TA	2,257	K10_A3K11K12	97	SC154Q10WA	0,138	KSIZ_DEG_RAW.1
36	SC004Q01TA	2,195	KSIZ_DEG_RAW.1	98	SC155Q05HA	0,135	KSIZ_DEG_RAW.1
37	SC042Q02TA	2,181	K5_A0	99	SC154Q11HA	0,110	KSIZ_DEG_RAW.1
38	SC164Q01HA	2,014	KSIZ_DEG_RAW.1	100	SC155Q03HA	0,109	KSIZ_DEG_RAW.1
39	STUBEHA	1,968	K8_A45	101	SC048Q01NA	0,107	KSIZ_DEG_RAW.1
40	SC016Q02TA	1,894	KSIZ_DEG_RAW.1	102	SC160Q01WA	0,106	KSIZ_DEG_RAW.1
41	SC159Q01HA	1,874	KSIZ_DEG_RAW.1	103	SC155Q11HA	0,104	KSIZ_DEG_RAW.1
42	SC037Q05NA	1,759	K10_A3K11K12	104	SC155Q01HA	0,098	KSIZ_DEG_RAW.1
43	SC037Q04TA	1,475	K10_A3K11K12	105	SC155Q08HA	0,097	KSIZ_DEG_RAW.1
44	SC017Q05NA	1,428	K6_A1	106	SC152Q01HA	0,087	KSIZ_DEG_RAW.1
45	SC061Q06TA	1,410	K8_A45	107	SC154Q04WA	0,084	KSIZ_DEG_RAW.1
46	SC004Q03TA	1,391	KSIZ_DEG_RAW.1	108	SC011Q01TA	0,070	KSIZ_DEG_RAW.1
47	W_FSTUWT_SCH_Sum	1,349	KSIZ_DEG_RAW.1	109	SC150Q01IA	0,070	KSIZ_DEG_RAW.1
48	SC052Q02NA	1,315	K6_A1	110	SC155Q04HA	0,066	KSIZ_DEG_RAW.1
49	SC036Q03NA	1,219	K8_A45	111	SC150Q04IA	0,060	KSIZ_DEG_RAW.1
50	SC037Q02TA	1,179	K10_A3K11K12	112	SC155Q10HA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1
51	SC061Q05TA	1,178	K8_A45	113	SC156Q08HA	0,056	KSIZ_DEG_RAW.1
52	SC018Q05NA01	1,161	KSIZ_DEG_RAW.1	114	SC156Q07HA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1
53	SC018Q01TA01	1,118	KSIZ_DEG_RAW.1	115	SC016Q04TA	0,053	KSIZ_DEG_RAW.1
54	SC002Q01TA	1,046	KSIZ_DEG_RAW.1	116	SC161Q05SA	0,051	KSIZ_DEG_RAW.1
55	SENWT	0,993	KSIZ_DEG_RAW.1	117	SC156Q02HA	0,045	KSIZ_DEG_RAW.1
56	SC061Q03TA	0,986	K8_A45	118	SC156Q06HA	0,042	KSIZ_DEG_RAW.1
57	SC064Q01TA	0,982	KSIZ_DEG_RAW.1	119	SC156Q01HA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
58	W_SCHGRNRABWT	0,920	KSIZ_DEG_RAW.1	120	SC155Q02HA	0,038	KSIZ_DEG_RAW.1
59	SC037Q06NA	0,905	K10_A3K11K12	121	SC155Q06HA	0,037	KSIZ_DEG_RAW.1
60	SC037Q01TA	0,875	K10_A3K11K12	122	SC150Q02IA	0,032	KSIZ_DEG_RAW.1
61	SC037Q09TA	0,837	K10_A3K11K12	123	SC053D11TA	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1
62	SC025Q01NA	0,831	KSIZ_DEG_RAW.1	124	SC150Q05IA	0,030	KSIZ_DEG_RAW.1

Ek Tablo 28. PISA-2018 Çin örneklemi okuma becerisi alt alanı okul odaklı değişkenlerin SHAP yöntemi ile belirlenen Shapley değerlerine göre önem sıralaması (Devam ediyor)

ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)	ID	Değişken	Shapley değeri	Kategori (Katman)
125	SC052Q03HA	0,026	KSIZ_DEG_RAW.1				
126	SC156Q03HA	0,024	KSIZ_DEG_RAW.1				
127	SC156Q04HA	0,022	KSIZ_DEG_RAW.1				
128	SC156Q05HA	0,019	KSIZ_DEG_RAW.1				
129	SC150Q03IA	0,018	KSIZ_DEG_RAW.1				
130	SC162Q01SA	0,017	KSIZ_DEG_RAW.1				
131	SC037Q07TA	0,000	K10_A3K11K12				
132	SC053Q09TA	0,000	K10_A3K11K12				

Ek Tablo 29. PISA-2018 geleceğe yönelik tahmin için fen skoru tahmin değişkenleri

Öğrenci odaklı değişkenler				Okul odaklı değişkenler			
ID	**Değişken**	**ID**	**Değişken**	**ID**	**Değişken**	**ID**	**Değişken**
1	ESCS			1	SC004Q05NA	62	SC012Q07TA
2	ST001D01T			2	SC061Q05TA	63	SC018Q05NA01
3	ST013Q01TA			3	SC012Q01TA	64	SC017Q08NA
4	ISCEDD			4	SC017Q01NA	65	SC018Q01TA01
5	ISCEDO			5	SC012Q06TA	66	SC004Q06NA
6	ST059Q03TA			6	STAFFSHORT	67	SC064Q02TA
7	ST100Q01TA			7	SC053Q01TA	68	SC061Q02TA
8	ST012Q07NA			8	SC061Q04TA	69	SC002Q02TA
9	ST060Q01NA			9	SC048Q03NA	70	SC018Q07NA01
10	ST123Q02NA			10	SC042Q01TA	71	SC012Q02TA
11	SMINS			11	STUBEHA	72	SC061Q09TA
12	BSMJ			12	SC017Q04NA	73	SC037Q08TA
13	ST011Q07TA			13	EDUSHORT	74	SC004Q04NA
14	BELONG			14	PROAT5AM	75	SC004Q01TA
15	ST007Q01TA			15	STRATIO	76	SC053Q04TA
16	HISCED			16	SC061Q06TA	77	SC053Q09TA
17	EMOSUPS			17	SC064Q04NA		
18	GRADE			18	CLSIZE		
19	BFMJ2			19	SC003Q01TA		
20	ST097Q03TA			20	SC001Q01TA		
21	MISCED			21	SC061Q01TA		
22	ST005Q01TA			22	SC042Q02TA		
23	TMINS			23	SC017Q03NA		
24	ST097Q04TA			24	CREACTIV		
25	ST011Q05TA			25	SC037Q04TA		
26	REPEAT			26	SC037Q05NA		
27	ST100Q03TA			27	SC017Q06NA		
28	ST123Q04NA			28	SC036Q01TA		
29	ST062Q03TA			29	SC017Q02NA		
30	ST003D02T			30	SC053Q03TA		
31	ST104Q03NA			31	SC061Q08TA		
32	ST059Q01TA			32	SC064Q03TA		
33	TEACHSUP			33	PROAT6		
34	ICTRES			34	SC064Q01TA		
35	ST097Q01TA			35	TOTAT		
36	FISCED			36	SCHSIZE		
37	ST061Q01NA			37	TEACHBEHA		
38	PERFEED			38	SC052Q01NA		
39	ST104Q02NA			39	SC037Q02TA		
40	ST034Q01TA			40	SC037Q09TA		
41	ST034Q06TA			41	SC061Q07TA		
				42	W_SCHGRNRABWT		
				43	SC061Q03TA		
				44	SC025Q01NA		
				45	SENWT		
				46	SC061Q10TA		
				47	SC048Q01NA		
				48	SC017Q05NA		
				49	PROATCE		
				50	SC012Q04TA		
				51	SC036Q03NA		
				52	SC012Q03TA		
				53	SC002Q01TA		
				54	SC004Q02TA		
				55	SCHLTYPE		
				56	SC037Q01TA		
				57	SC048Q02NA		
				58	SC018Q06NA01		
				59	SC013Q01TA		
				60	SC017Q07NA		
				61	SC037Q10NA		

VERİ TABANI BAĞLANTILARI

- **Ek bağlantı linki 1.** 2015 PISA Türkiye örneklemi **Fen Okuryazarlığı alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1EXRQKnVcUOmX9OmseByyDm5WBlzlDBnl/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 2.** 2015 PISA Türkiye örneklemi **Matematik Okuryazarlığı alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1mP48jEqEg-ttMTcCTloYHPGml1xPVD53/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 3.** 2015 PISA Türkiye örneklemi **Okuma Becerisi alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/17GANfXPl4viBKcvXVHWlcSNp8iNFf4EZ/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 4.** 2015 PISA Singapur örneklemi **Fen Okuryazarlığı alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1bn34ye-AOB0VLQWniQdQIWC4VZT9iSwv/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 5.** 2015 PISA Singapur örneklemi **Matematik Okuryazarlığı alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1zg_oRfXx5XiXBKIRdmpKHr0x7WLizSUu/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 6.** 2015 PISA Singapur örneklemi **Okuma Becerisi alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1Lz0O1jxw1piia3rw8oEd6yzjH2wtvWqu/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 7.** 2018 PISA Türkiye örneklemi Fen Okuryazarlığı **alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1feoTi3PAXpmuMgO8U43SC8AYUBvte1fp/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 8.** 2018 PISA Türkiye örneklemi Matematik Okuryazarlığı **alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1ZH15gzpGcJ_H3R2U_1oJ0BJPPI_PG0mZ/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 9.** 2018 PISA Türkiye örneklemi Okuma Becerisi **alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1o-jlCweuEJsIAKyeQRK0QFcg4C1KQw-Q/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki10.** 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemi Fen Okuryazarlığı **alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1Ft6OCZryFdnjddVCeLUxhHiE_AegD9Wq/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 11.** 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemi Matematik Okuryazarlığı **alanı** Modellerin performans metrikler

https://docs.google.com/document/d/1D-Q4dUvT5JwDX9O-Pq_HWFAnGOD3B-Lv/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 12.** 2018 PISA Çin (B-S-J-Z) örneklemi Okuma Becerisi **alanı** Modellerin performans metrikleri

https://docs.google.com/document/d/1U0QYydD9E-gO9FqpX2hlzCrs1VNlo9C8/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

- **Ek bağlantı linki 13.** Kategorik değişkenlerin ülkelere ve yıllara göre listesi

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1fqxcuyS_zP_D_5HWYQgQr7EKh0ccnIcf/edit?usp=sharing&ouid=113953736207709513808&rtpof=true&sd=true

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı:	Gözde Fatma HACIOĞLU
Doğum Yeri:	
Doğum Tarihi:	
Medeni Durumu:	

Derece	**Okulun Adı**	**Program**	**Yer**	**Yıl**
İlköğretim	Söğütlü İlköğretim Okulu		Trabzon	2002
Ortaöğretim	Atatürk Ortaokulu		Düzce	2005
Lise	Akçakoca Lisesi	Sayısal	Düzce	2009
Lisans	Giresun Üniversitesi	Fen Bilimleri Öğretmenliği	Giresun	2013
Yüksek Lisans	Artvin Çoruh Üniversitesi	Fen Bilgisi Eğitimi-Yüksek Lisans (Tezli)	Artvin	2024

İş Deneyimi:	- 2013-2015 Şehit Yüzbaşı Beşir Bayraktar Ortaokulu, Fen Bilimleri Öğretmeni, Düzce/Merkez - 2015-2016 Melenağzı Ortaokulu, Fen Bilimleri Öğretmeni, Düzce/Akçakoca - 2016-2020 Şöhret Cengiz İmam Hatip Ortaokulu, Fen Bilimleri Öğretmeni, Artvin/Murgul - 2020-2024 Seyitler TOKİ Şehit Onur İlhan Ortaokulu, Fen Bilimleri Öğretmeni, Artvin Merkez
Hakkımda Bilgi Almak İçin Önerebileceğim Şahıslar:	Prof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK (Artvin Çoruh Üniversitesi) Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT (Artvin Çoruh Üniversitesi) Canan TEZCAN (MEB'de Matematik Öğretmeni) Merve CANMETİN (MEB'de Türkçe Öğretmeni)
e-posta	
Projeler	TÜBİTAK Projeleri 1. TÜBİTAK 1002 Projesi, Proje No: 222K321, Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak PISA Verilerine Göre Öğrenme Düzeylerine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi, Proje Yürütücüsü: Pof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK, Projedeki Konumu: Bursiyer 2. TÜBİTAK 4004 Projesi, Proje No: 123B690, Doğada Yapay Zeka ve Robotik Yolculuğu, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK, Projedeki Konumu: Rehber
Yayınlarım:	Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında (Proceedings) Basılan Bildiriler 1. Açışlı Çelik, S.; Hacıoğlu, GF; Yeşilkanat, CM (2024). Türkiye'deki Öğrenci Başarısının Multidisipliner Analizi: PISA 2015 Verileri Üzerinden Fen, Matematik ve Okuma Becerileri Arasındaki İlişkilerin Makine Öğrenimi ile İncelenmesi. XI. Uluslararası Avrasya Eğitim Araştırmaları Kongresi (Ejer Congress 2024), (Özet Bildiri/Sözlü Sunum), 21-24 Mayıs, Kocaeli-Türkiye. 2. Açışlı Çelik, S; Hacıoğlu, GF; Yeşilkanat (2024), CM, Makine Öğrenimi Algoritmalarını Kullanarak PISA 2015 Verileri Üzerinden Türkiye'de Kalan Fen Bilimleri Başarısının Tahmini. XI. Uluslararası Avrasya Eğitim Araştırmaları Kongresi (Ejer Congress 2024), (Özet Bildiri/Sözlü Sunum), 21-24 Mayıs, Kocaeli-Türkiye.