T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİNİN YAPAY ZEKÂ İLE YORDANMASI, ÖĞRENCİLER VE ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERDEKİ ETKİLİLİĞİ

DOKTORA TEZİ

Serhan SARIOĞLU
0000-0003-3587-2266

BURSA- 2023

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİNİN YAPAY ZEKÂ İLE YORDANMASI, ÖĞRENCİLER VE ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERDEKİ ETKİLİLİĞİ

DOKTORA TEZİ

Serhan SARIOĞLU
0000-0003-3587-2266

Danışman
Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

BURSA - 2023

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim.

Serhan SARIOĞLU

14/09/2023

YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

"Bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ ile yordanması, öğrenciler ve üstün yetenekli öğrencilerdeki etkililiği" adlı Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan	Danışman
Serhan SARIOĞLU	Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi ABD Başkanı

Prof. Dr. Rıdvan EZENTAŞ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA BENZERLİK YAZILIM RAPORU

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

14/09/2023

Tez Başlığı / Konusu: Bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ ile yordanması, öğrenciler ve üstün yetenekli öğrencilerdeki etkililiği

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç, Tartışma ve Öneriler kısımlarından oluşan toplam 256 sayfalık kısmına ilişkin, 14/09/2023 tarihinde şahsım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 5'tir.

Uygulanan filtrelemeler:
1- Kaynakça hariç
2- Alıntılar dahil
3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı : Serhan SARIOĞLU
Öğrenci No : 811951001
Anabilim Dalı : Fen ve Matematik Alanları Eğitimi
Programı : Fen Bilgisi Eğitimi
Statüsü : ☐ Yüksek lisans ✖ Doktora

Danışman : Prof. Dr. Salih ÇEPNİ
Tarih : 14/09/2023

T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

İlköğretim Anabilim Dalı'nda 811951001 numara ile kayıtlı Serhan SARIOĞLU'nun hazırladığı "Bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ ile yordanması, öğrenciler ve üstün yetenekli öğrencilerdeki etkililiği" konulu Doktora Tez çalışması ile ilgili tez savunma sınavı, 14/09/2023 günü 09.00 - 11.00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin/çalışmasının başarılı olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu Başkanı)

Prof. Dr. Salih ÇEPNİ
Bursa Uludağ Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Emine ÇİL
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Ali Kürşat ERÜMİT
Trabzon Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Dilek ZEREN ÖZER
Bursa Uludağ Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Ümmühan ORMANCI
Bursa Uludağ Üniversitesi

ÖN SÖZ

Tez süreci boyunca değerli fikirleri ile bana yol gösteren, ilgisi, desteği ve motivasyonu ile böyle bir çalışmayı tamamlamama vesile olan, birlikte attığım her adımdan gurur duyduğum ve öğrencisi olma onurunu bir nişan gibi ömrümce göğsümde taşıyacağım önder büyüğüm, danışman hocam Prof. Dr. Salih ÇEPNİ'ye;

Sunmuş oldukları öneri ve fikirler ile tezimin şekillenmesinde önemli rol oynayan jüri üyeleri sayın Prof. Dr. Emine ÇİL, Doç. Dr. Dilek ZEREN ÖZER, Doç. Dr. Ümmühan ORMANCI ve Doç. Dr. Ali Kürşat ERÜMİT hocalarıma;

Bu çalışma esnasında her türlü görüş ve yardımına başvurduğum, sonsuz desteğini her zaman yanımda hissettiğim değerli eşim Burcu IŞIK SARIOĞLU'ya;

Çalışmalarımda her daim imdadıma yetişen, destekleriyle ve emekleriyle olmazsa olmazlarım, değerli dostlarım ve meslektaşlarım Onur ACUN, Gökhan YILDIZ, Bulut DEMİR, İsmail ÇELİK, Mustafa SORKUN ve sabır, anlayış ve sonsuz desteklerinden ötürü Bursa Ölçme Değerlendirme Merkezi'ndeki ve Bursa İnovasyon Merkezindeki Tüm birbirinden değerli ekip arkadaşlarıma;

Hayatımın her döneminde bana inanan ve desteklerini esirgemeyen annem Fikriye ÖZGAN'a;

Verdiği öneri ve fikirler ile tezime katkı sağlayan, her anımda her zaman yardımlarına başvurduğum, yol gösteren, destek olan ve ışık olan değerli hocalarım ve dostlarım Doç. Dr. Buğra ÜLGER, Doç. Dr. Ümmühan ORMANCI ve Dr. Öğr. Üy. Tuğçe KOZAKLI ÜLGER'e;

Çalışmamın veri toplama aşamasında emek veren tüm okul ve kurum yetkilileri ve değerli meslektaşlarıma;

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde önemli rol oynayan hem maddi hem de manevi anlamda destek aldığım, zorlandığımda kendime bu programla desteklenmenin kıymetini hatırlatarak güç bulduğum TÜBİTAK ve BİDEB 2211 programına;

Eğitim ve öğrenim hayatımın her aşamasında bana katkı sağlamış tüm öğretmenlerime teşekkürlerimi sunarım.

Serhan SARIOĞLU

ÖZET

Yazar	Serhan SARIOĞLU
Üniversite	Bursa Uludağ Üniversitesi
Anabilim Dalı	İlköğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı
Bilim Dalı	Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
Tezin Niteliği	Doktora Tezi
Sayfa Sayısı	xxiii + 243
Mezuniyet Tarihi	14/09/2023
Tez	Bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ ile yordanması, öğrenciler ve üstün yetenekli öğrencilerdeki etkililiği
Danışmanı	Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİNİN YAPAY ZEKÂ İLE YORDANMASI, ÖĞRENCİLER VE ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERDEKİ ETKİLİLİĞİ

Bilimsel süreç becerileri, bilimsel bir araştırmayı yürütme sürecinde kullanılması gereken ve bu nedenle öğrencilere kazandırılması gereken en önemli becerilerin başında gelmektedir. Bilimsel süreç becerileri fen bilimlerinin öğretiminde ve bilimle ilgili tüm mesleklerin edinilmesi sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle Türk eğitim sisteminde sıklıkla kullanılan çoktan seçmeli sorular, bilimsel süreç becerileri gibi işe vuruk becerilere odaklanmaması, öğretim programının vurguladığı kazanımlarla sınırlı kalması nedeniyle bu becerilerin ölçülmesini ve değerlendirilmesini, dolayısıyla da bu noktadaki eksikliklerin ortaya çıkarılarak bu eksikliklere yönelik önlemler almak suretiyle geliştirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, araştırma "Geliştirilen sınıflama modelinin beceri temelli sorularla 8. sınıf öğrencilerinin ve fen alanında üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada etkililiği nasıldır?" sorusuna yanıt aramaktadır.

Araştırmada kullanılan veri toplama araçları çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi ve 40 sorudan oluşan çoktan seçmeli beceri temelli sorulardan oluşmaktadır. Veri toplama araçlarının uygunluğu, ölçmeyi hedeflediği bilimsel süreç becerilerinin standartlarıyla uyumsama durumları gözetilerek geliştirilmiş ve öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerini ortaya çıkarmak amacıyla kullanılan bilimsel süreç beceri ölçeği ile birlikte araştırmanın veri toplama araçlarını oluşturmuştur. Bu aşamadan sonra 292 öğrenciden elde edilen veriler yardımıyla beceri temelli maddelerin bilimsel süreç becerilerini yordama durumlarını ortaya

çıkarmak için 11 farklı makine öğrenmesi sınıflama modeli oluşturulmuş, bu modellerin etkililikleri yine nicel metriklerden yararlanılarak değerlendirilmiştir. Eğitilen sınıflama modeli daha sonra 34 fen alanında üstün yetenekli tanısı almış öğrencilerin verileri üzerinde test edilmiş ve sonuçları raporlanmıştır.

Araştırma sonucunda geliştirilen farklı modeller değerlendirilmiş ve öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada en iyi performansı gösteren modelin Adaboost modeli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca modelin performansı üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yordanmasında da incelenmiş, sonuçta kabul edilebilir düzeyde bir başarı ortaya çıkarılmıştır. Araştırma sonucunda yapay zekâ uygulamalarının eğitimde ölçme değerlendirme alanında, özellikle de bilimsel süreç becerileri gibi özel bir alanda bile kullanılabileceği sonucuna ulaşılmış, daha farklı örneklemlerle farklı öğrenci özelliklerinin de yordanması için daha fazla çalışmanın yapılması önerilmiştir. Bununla birlikte, sınıflama modelinin eğitilmesi sürecinde kullanılan veri noktası sayısının mümkün olduğunca fazla olmasının modelin performansını olumlu yönde etkileyeceği önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: *Adaboost, bilimsel süreç becerileri, makine öğrenmesi, üstün yetenekliler, yapay zekâ.*

ABSTRACT

Author	Serhan SARIOĞLU
University	Bursa Uludağ University
Field	Mathematics and Science Education
Branch	Department of Science Education
Degree Awarded	PhD
Page Number	xxiii + 243
Degree Date	14/09/2023
Thesis	Predicting science process skills with artificial intelligence and its effectiveness in students and gifted students
Supervisor	Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

PREDICTING SCIENCE PROCESS SKILLS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS EFFECTIVENESS IN STUDENTS AND GIFTED STUDENTS

Science process skills are one of the most important skills to be used in the process of conducting scientific research and should therefore be acquired by students. Science process skills play an important role in the teaching of science and in the acquisition of all science-related professions. Multiple-choice questions, which are frequently used in the Turkish education system, do not focus on hands-on skills such as science process skills and are limited to the outcomes emphasised by the curriculum, which makes it difficult to measure and evaluate these skills and therefore to identify the deficiencies at this point and to improve them by taking measures to address these deficiencies. Therefore, the research seeks to answer the question "What is the effectiveness of the developed classification model in predicting the science process skills of students and gifted students with skill-based questions?

The data collection tools used in the study consisted of an online science process skills test and 40 multiple-choice skill-based questions. The data collection instruments were developed considering the appropriateness of the data collection instruments, their compatibility with the standards of the scientific process skills that were to be measured, and together with the Science Process Skills Scale, which was used to reveal the level of students' scientific process skills, constituted the data collection instruments of the study. After this phase, using the data obtained from 292 students, 11 different machine-learning classification models were developed to reveal the predictive status of items based on scientific process skills,

and the effectiveness of these models was evaluated using quantitative measures. The trained classification model was then tested on data from 34 students diagnosed as gifted in science and the results reported.

As a result of the research, different models were evaluated, and it was found that the Adaboost model was the best performing model in predicting students' science process skills. In addition, the performance of the model in predicting the science process skills of gifted students was also investigated and an acceptable level of success was found. As a result of the research, it was concluded that artificial intelligence applications can be used in the field of measurement and evaluation in education, especially in a specialised area such as science process skills, and it is recommended that further studies should be carried out to predict different student characteristics with different samples. In addition, it is suggested that the number of data points used in the training process of the classification model should be as large as possible, as this will have a positive effect on the performance of the model.

Keywords: *Adaboost, artificial intelligence, gifted students, machine learning, science process skills.*

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... **viii**

YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI ..... **ix**

ÖN SÖZ ..... **xii**

ÖZET ..... **xiii**

ABSTRACT ..... **xv**

İÇİNDEKİLER ..... **xvii**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **xxii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xxv**

KISALTMALAR ..... **xxvi**

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Problem Durumu 4

1.2. Araştırmanın Önemi 6

1.3. Problem Cümlesi 9

1.4. Araştırmanın Varsayımları 9

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları 9

1.6. Tanımlar 10

İKİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Beceri Kavramı 11

2.2. Bilimsel Süreç Becerileri 14

2.2.1. Temel Süreçler: 18

2.2.2. Nedensel Süreçler 20

2.2.3. Deneysel Süreçler 21

2.2.4. Bilimsel Süreç Becerilerinin Ölçülmesi: 25

2.3. Üstün Yetenekli Öğrenciler 26

2.3.1. Zekâ, Üstün Zekâ ve Üstün Yetenek Kavramları: 26

2.3.2. Türkiye'de Üstün Yetenekli Öğrencilere Yönelik Uygulamalar: 26

2.3.3. Üstün Yetenekli Öğrencilerin Özellikleri: 27

2.3.4. Fen Alanında Üstün Yetenekli Öğrenciler: 28
2.4. Webb'in Uyumsama Süreci 31
2.4.1. Kategorik Birlik Ölçütü: 31
2.4.2. Bilgi Tutarlılığının Derinliği Ölçütü: 32
2.4.2.1. Seviye 1- Hatırlama (Duyarlılık): 32
2.4.2.2. Seviye 2- Beceri/Kavram (Skill/Concept): 32
2.4.2.3. Seviye 3- Stratejik Düşünme (Strategic Thinking): 33
2.4.2.4. Seviye 4- Genişletilmiş Düşünme (Extended Thinking): 33
2.4.3. Bilgi Uygunluk Aralığı Ölçütü: 33
2.4.4. Temsilin Dengesi Ölçütü: 34
2.5. Yapay Zekâ 35
2.5.1. Eğitimde Yapay Zekâ 43
2.5.2. Ölçme Değerlendirmede Yapay Zekâ 44
2.6. İlgili Araştırmalar 46

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. Araştırma Deseni 89
3.2. Veri Toplama Araçları 91
3.2.1. Çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi: 93
3.2.1.1. Kategorik birlik ölçütü: 93
3.2.1.2. Bilgi derinliğinin tutarlılığı ölçütü: 94
3.2.1.3. Bilgi uygunluk aralığı ölçütü: 94
3.2.1.4. Temsilin dengesi ölçütü: 94
3.2.2. Beceri temelli çoktan seçmeli sorular: 94
3.3. Çalışma Grubu 110
3.4. Verilerin Analizi 110

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE YORUMLAR

4.1. Örneklemdeki 8. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerileri 119
4.2. Makine Öğrenmesi ile Geliştirilen Sınıflama Modelinin 8. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerilerini Yordamadaki Etkililiği 123

4.3. Makine Öğrenmesi ile Geliştirilen Sınıflama Modelinin Üstün Yetenekli Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerini Yordamadaki Etkililiği 135

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma ve Sonuç 146
5.1.1. Birinci alt probleme ilişkin tartışma ve sonuç 146
5.1.2. İkinci alt probleme ilişkin tartışma ve sonuç 149
5.1.2.1. Gözlem yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 150
5.1.2.2. Ölçme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 151
5.1.2.3. Sınıflama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 152
5.1.2.4. Sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 153
5.1.2.5. Çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 153
5.1.2.6. Önceden kestirme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 154
5.1.2.7. Değişken belirleme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 155
5.1.2.8. Hipotez kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç. 155
5.1.2.9. Veri yorumlama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 156
5.1.2.10. Verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 157
5.1.2.11. Deney yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç. 158
5.1.2.12. Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 158
5.1.2.13. Karar verme becerisinin yaranmasına ilişkin tartışma ve sonuç 159
5.1.2.14. Verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 160
5.1.2.15. Adaboost modelinin bilimsel süreç becerilerini yordamada ortalama performans göstergelerine ilişkin tartışma ve sonuç 160

5.1.3. Üçüncü alt probleme ilişkin tartışma ve sonuç 161
5.1.3.1. Üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 162
5.1.3.2. Üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 162
5.1.3.3. Üstün yetenekli öğrencilerin sınıflama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 163
5.1.3.4. Üstün yetenekli öğrencilerin sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 164
5.1.3.5. Üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 165
5.1.3.6. Üstün yetenekli öğrencilerin önceden kestirme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: 165
5.1.3.7. Üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 166
5.1.3.8. Üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 167
5.1.3.9. Üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 167
5.1.3.10. Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 168
5.1.3.11. Üstün yetenekli öğrencilerin deney yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 169
5.1.3.12. Üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 170
5.1.3.13. Üstün yetenekli öğrencilerin karar verme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 170
5.1.3.14. Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç 171

5.1.3.15. Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada ortalama performans göstergelerine ilişkin tartışma ve sonuç 172
5.2. Öneriler 173
KAYNAKÇA 176
Ek 1. Çevrimiçi Bilimsel Süreç Becerileri Testi 205
Ek 2. Beceri Temelli Sorular 219
Ek 3. Beceri Temelli Sorularda Bulunan Bilimsel Süreç Becerilerini Değerlendirme Rubriği 239
Ek 4. Araştırma İzni 241
Ek 5. Özgeçmiş 243

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo *Sayfa*

1. Bilimsel süreç becerilerinin sınıflandırılması. 15
2. Bilimsel süreç becerileri ve öğrenme çıktıları (Chiappetta vd., 2015). 17
3. Fen alanında üstün yetenekli öğrencilerin özellikleri 28
4. Örnek bir hata matrisi. 41
5. Sınıflama modelinin değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler. 42
6. Bilimsel süreç becerilerinin ölçümü konusunda yapılan çalışmaların analizi. 48
7. Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi ile ilgili yapılan çalışmalar. 59
8. Ölçme değerlendirme konusunda yapay zekâ kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar. 63
9. Webb'in uyumsama süreci ile ilgili yapılan çalışmalar. 82
10. İlk testte bulunan maddelerin kazanımlara ve uzman görüşü sonucu belirlenen bilimsel süreç becerilerine göre dağılımı 96
11. 1. testte bulunan beceri temelli maddelerin güçlük ve ayırt edicilik değerleri 98
12. 1. testte bulunan beceri temelli maddelerin çeldirici analizleri 99
13. İkinci testte bulunan maddelerin kazanımlara ve uzman görüşü sonucu belirlenen bilimsel süreç becerilerine göre dağılımı 102
14. Beceri temelli soruların öğretim programındaki kazanımlara göre dağılımları. 104
15. 2. testte bulunan beceri temelli maddelerin güçlük ve ayırt edicilik değerleri 106
16. 2. testte bulunan beceri temelli maddelerin çeldirici analizleri 107
17. Farklı sınıflandırma modellerinin güçlü ve zayıf yönleri. 112
18. Farklı farklı makine öğrenmesi algoritmalarıyla yapılan öğrenme denemelerinin test verisi üzerinde test edilmesine ait sonuçlar. 113
19. Makine öğrenmesi modelinin değerlendirilmesinde kullanılan metriklerin yorumlanmasına ilişkin rubrik. 117
20. Öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanlarına ait betimsel istatistikler 119
21. Öğrencilerin her bir bilimsel süreç beceri için puanlarına ait betimsel istatistikler 120

22. Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanlarına ait betimsel istatistikler 121
23. Üstün yetenekli öğrencilerin her bir bilimsel süreç beceri için puanlarına ait betimsel istatistikler 121
24. Öğrencilerin ve üstün yetenekli tanısı alan öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanlarını karşılaştırılması 122
25. Orange veri madenciliği yazılımı kullanılarak öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordayan makine öğrenimi modellerinin sınıflandırma performansı. 124
26. Gözlem yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 127
27. Ölçme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 128
28. Sınıflama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 129
29. Sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 129
30. Çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 130
31. Önceden kestirme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 130
32. Değişken belirleme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 131
33. Hipotez kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 131
34. Veri yorumlama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 132
35. Verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 132
36. Deney yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 133
37. Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 133
38. Karar verme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 134
39. Verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 134
40. Adaboost modelinin bilimsel süreç becerileri için ortalama performans göstergeleri 135
41. Üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 135
42. Üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar .. 136
43. Sınıflama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 137
44. Üstün yetenekli öğrencilerin sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 137

45. Üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 138
46. Üstün yetenekli öğrencilerin önceden kestirme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 138
47. Üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 139
48. Üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 139
49. Üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 140
50. Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 141
51. Deney yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 141
52. Üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 142
53. Üstün yetenekli öğrencilerin karar verme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 142
54. Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar 143
55. Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileri için ortalama performans göstergeleri 143
56. Adaboost modelinin normal öğrencilerin bilimsel süreç becerileri için yordama başarısı 144
57. Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileri için yordama başarısı 145

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil *Sayfa*

1. Araştırmanın kavramsal çerçevesi. 11
2. Bilimsel süreç becerilerinin sınıflandırılması. 15
3. Dört kategoride yapay zekâ tanımları (Russell ve Norwig, 2014). 36
4. Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme ilişkisi (Nabiyev ve Erümit, 2020). 37
5. Makine öğrenmesi tekniklerinin gruplandırılması. 38
6. DataRobot uygulamasına ait örnek bir ekran görüntüsü 39
7. DataRobot ile seçilen bir makine öğrenmesi yönteminin yordama geçerliliğinin değerlendirilmesi örneği 39
8. Orange yazılımı ile geliştirilmiş farklı makine öğrenmesi modelleri örneği. 40
9. Araştırmanın modeli 91
10. Veri toplama araçlarının hazırlanması 92
11. Yapay sinir ağı modeli için hata matrisi. 114
12. AdaBoost modeli için hata matrisi. 115
13. AdaBoost sınıflama modeli. 116
14. Eğitilen makine öğrenmesi modellerine ait Orange veri madenciliği yazılımı ekran görüntüsü. 124

KISALTMALAR

MEB: Millî Eğitim Bakanlığı

LGS: Liselere Giriş Sınavı

PISA: Programme for International Student Assessment (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı)

BSB: Bilimsel Süreç Becerileri

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

Bilim eğitimi, topluma katılan her bireyin çeşitli temel ve karmaşık bilişsel özelliklere, bilinç, tutum ve değerlere sahip olmasını amaç edinir. Bu doğrultuda bireylerin topluma sorgulayabilen, araştırabilen, bilimsel temellere dayalı çıkarımlarda bulunabilen ve bu çıkarımlar doğrultusunda karar verebilen; bilim ve teknolojiyi kullanabilen, uygulayabilen ve geliştirebilen bireyler olarak katılmalarını sağlamak, okullarda sunulan fen eğitiminin kalitesiyle ilgilidir. Ülkelerin ihtiyaç duyduğu yetişmiş iş gücü, ancak eğitim sisteminden çıkan bireylerin gerekli becerilere sahip olması ile sağlanabilir. Ülkelerin kalkınma düzeyleri, ekonomik durumları, sosyal refah düzeyleri de iş gücüne katılan bireylerin becerileriyle ve bu becerilerin sahada kullanılmasıyla doğrudan ilişkilidir (Avrupa Eğitim Vakfı, 2014; International Labour Organization [ILO], 2021; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2019b; Sodexo, 2018). Fen eğitiminin en temel amaçlarının başında fen okuryazarı bireyler yetiştirmek gelir (American Assocsiation for the Advancement of Science, 2001; OECD, 2018, 2019a). Bu doğrultuda hazırlanan fen bilimleri öğretim programı (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018, s. 9) da tüm bireylerin fen okuryazarı olarak yetişmesini amaçladığını belirtmektedir. Bu amaçlar öğretim programında (MEB, 2018, s. 9) belirtilmiştir. Bu amaçların üçünde direkt olarak, diğerlerinde de dolaylı olarak bilimsel süreç becerilerine atıf yapılması fen okuryazarlığının en önemli bileşenlerinden birinin öğretim programının temel felsefesi olan bilimsel süreç becerileri ve bu becerilerin öğrencilere kazandırılması olduğunu gösterir. Bireylerin fen okuryazarı olarak yetiştirilebilmeleri için bilimsel süreçlerin işleyiş mekanizmasına dair becerileri bilimsel bilginin doğası ve bilimsel sorgulama ile birleştirmeleri gerekir (W. McComas, 2014; Padalkar vd., 2022; Wellington, 1989).

Fen eğitiminde beceri kavramı öğretim programında bilimsel süreç becerileri, mühendislik tasarım becerileri ve yaşam becerileri olarak yerini almıştır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018). Bilimsel süreç becerileri, genel anlamıyla bilim için kullanılan düşünce ve davranış süreçlerini ifade eder. Bu beceriler temel beceriler, nedensel beceriler ve deneysel beceriler olarak üç grupta incelenmektedir (Ayas vd., 1993; Çepni, 2014; Çepni vd., 1997). Beceri kavramının işe vuruk doğası ile birlikte ele alındığında, "bilimsel süreç" becerilerinin bilimsel bir araştırmayı yürütmek için gerekli olan zihinsel ve fiziksel faaliyetleri kapsadığından öğrencilere kazandırılmasının fen eğitimi kapsamındaki önemi daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Bununla birlikte bu becerilerin öğrencilere ne düzeyde kazandırıldığının da irdelenmesi, eğitim öğretim sürecinin en önemli adımlarından biridir. Bu adım ölçme değerlendirme olarak adlandırılır. Ölçme, bir nesnenin bir özelliğe sahip olma durumunu ve miktarını sayılarla ifade etme işlemi; değerlendirme ise ölçme sonucunda elde edilen verileri anlamlandırma ve yorumlama işlemi şeklinde tanımlanabilir (Can, 1998; Çepni, 2014). Ölçme değerlendirme öğretim sürecinin en önemli adımlarından biri olarak, fen eğitiminde de bilimsel süreç becerilerinin öğrencilere ne düzeyde kazandırıldığının belirlenmesinde kullanılması son derece önemlidir. Fen eğitiminde önemli bir yer tutan bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi, öğrencilerde potansiyel eksiklerin ya da güçlü yönlerin ortaya çıkarılmasına yardımcı olarak gerekli dönüt düzeltme çalışmalarının yapılabilmesini ve öğrencilerin gelecek planlamalarının daha doğru bir şekilde yapılabilmesinin önünü açacaktır.

Bilimsel süreç becerilerinin tüm bireylere kazandırılması, bireylerin verdikleri kararlarda rasyonel bir bakış açısı kullanabilmeleri, veri ve gerçeklerden yararlanabilmeleri, olay ve durumları bilimsel bir bakış açısıyla değerlendirebilmeleri bakımından önemlidir. Bunun yanı sıra bireylerin bilimsel süreç becerilerine sahip olmaları fen, teknoloji ve bilimle ilgili mesleklere yönelmelerini de kolaylaştırarak ülke ekonomisine de yüksek katma değerli iş gücü sağlar (Hamarat ve Arkan, 2018; ILO, 2021; OECD, 2019b). Bu nedenle bireylerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi, eksik varsa tamamlanması ve geliştirilmesi hem birey açısından hem de ülkenin geleceği açısından önemli olarak görülebilir.

Fen bilimleri öğretim programında bilimsel süreç becerilerine yer verilmiş olmakla birlikte, bu beceriler "gözlem yapma, ölçme, sınıflama, verileri kaydetme, hipotez kurma, verileri kullanma ve model oluşturma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, deney yapma gibi bilim insanlarının çalışmaları sırasında kullandıkları becerileri kapsamaktadır." (MEB, 2018, s. 9) şeklinde belirtilmiştir. Bunun haricinde program içerisinde öğrencilere nerede, hangi konu içinde ne zaman ve ne şekilde kazandırılacağı açıkça belirtilmemiş; kazanımlarda örtük şekilde verilmiştir. Örneğin "*F.8.3.1.1. Katı basıncını etkileyen değişkenleri deneyerek keşfeder."* kazanımında bilimsel süreç becerilerine açıkça vurgu yapılmamış olsa da katı basıncı konusunda öğrencilerin deney yapma ve değişkenleri değiştirme gibi bilimsel süreç becerilerini kullanmaları beklenmektedir. Aynı durum ölçme değerlendirme yaklaşımı için de geçerlidir. Öğretim programında becerilerin ölçülmesi ve değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım açıkça bulunmamaktadır. Bilimsel süreç becerilerinin kazanımlarda açık bir şekilde bulunmaması, doğal olarak, sınıf içi ölçme değerlendirme süreçlerinde bilimsel süreç becerilerinin ölçümüne değil kazanımların bilişsel olarak ölçümüne odaklanılmasına yol açmaktadır (Duruk vd., 2017; Wellington, 1989; J. Wu, 1994). Her ne kadar kazanımların ölçülmesinin eğitimin kalitesinin

değerlendirilmesi bakımından önemi sabit olsa da bilişsel faaliyetleri kapsayan (L. W. Anderson ve Krathwohl, 2001) kazanımların içerdiği beceri gibi işe vuruk özelliklerin geri planda kalması öğrencilerin bu eksikliklerinin gizil kalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da öğretmenlerin, velilerin ya da kurumların genel olarak bile olsa öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeyleriyle ilgili gerekli takip, değerlendirme ve geliştirme faaliyetlerini gerçekleştirmesi zorlaşmaktadır. Bu durum, bilimsel süreç becerileri gibi fen okuryazarlığı açısından önemi iyi bilinen bir konuda pratik bir eksikliğe işaret etmektedir.

Üzerinde durulması önemli olan bir diğer konu da üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişiminin izlenmesidir. Üstün yetenekli olarak tanımlanan gençler, azimli çalışmaları ve alanlarında uzmanlaşmaları şartıyla, gelecek nesiller için en önemli eser ve katkıları bırakabilecek potansiyele sahip öğrencilerdir (Graham, 2023; Inman, 2022; Watters ve Diezmann, 2003). Ülger (2019), çalışmasında üstün yetenekli öğrencilerin karşılaşabileceği zorlukların en aza indirgenebilmesi için alınması gereken tedbirleri şu şekilde özetlemiştir:

1. Bu bireylerin yeteneklerinin farkında olmak, anlamak ve kabul etmek;
2. Ortalama/değişken yetenekleri olan akranları ile etkileşime girmek;
3. Benzer becerilere sahip bireyler ile etkileşime girmek;
4. Her iki etkileşim türüne de fırsat tanıyan organizasyonlar/programlar uygulamak;
5. Bir arkadaş grubuna dahil olmalarını sağlamak;
6. İzole bir şekilde toplumdan ayrı kalmalarına engel olmak;
7. Yetenekleriyle birlikte topluma karşı yükümlülüklerinin de olduğunu kabul etmelerini sağlamak (Ülger, 2019, s.2).

Bu tedbirler göz önünde bulundurulduğunda anlaşılacağı üzere, üstün yetenekli olarak anılan öğrencilerin yetenek ve becerileri de önemsenmesi gereken konular arasındadır. Öğrencilerin bu hususlarda yaşadıkları bu zorlukları en aza indirgemenin önemli yollarından birinin de becerilerinin ölçülmesinin ve bu beceriler açısından hangi akranlarla benzerlikler içerdiğinin, hangi alanlarda daha üstün yeteneklere dönüştürülebileceğinin ve bu öğrencilerin hangi alanlarda hem sosyal hem de ekonomik alanda kabul göreceğinin tespit edilmesinde yararlı olacağı açıktır.

Tüm bu nedenler göz önüne alındığında fen eğitiminin amaçlarından yola çıkılarak üstün yetenekli öğrencilerin karşılaştıkları zorlukların en aza indirgenmesine kadar olan süreçte öğrencilerin bilimsel süreç becerileri hakkında bir değerlendirme yapılabilmesi öğrencilerin fen okuryazarı bireyler olarak yetişmesinde ve daha sonra bilimsel araştırmalar yürütebilme kapasitelerinin yükseltilmesi bakımından önemlidir (Çil, 2021; Jevons, 2022; Tippett ve

Milford, 2023; Watts ve Dillon, 2022). Bu sürecin kolaylaştırılabilmesi, ekonomikleştirilmesi ve otonom hale getirilebilmesi için yapay zekâ teknolojisinden yararlanılması (Ariely vd., 2022; Fahd vd., 2022; Gardner vd., 2021; González-Calatayud vd., 2021; Paek ve Kim, 2021; Sheik Abdullah vd., 2021; Zeineddine vd., 2021; Zhai, 2021; Zhai, Shi, vd., 2021), bu teknolojinin geliştirilmesi için Webb uyumsama sürecinin kullanılabilirliği (Ariely vd., 2022; Fahd vd., 2022; Gardner vd., 2021; González-Calatayud vd., 2021; Paek ve Kim, 2021; Sheik Abdullah vd., 2021; Zeineddine vd., 2021; Zhai, 2021; Zhai, Shi, vd., 2021) ve sonuçta öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yordanması amacıyla geliştirilen sınıflama modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamadaki etkililiğinin incelenmesi adımlarının takip edilmesi bu amaca yönelik olarak olası iyi sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle bir sonraki bölümde bu bahsedilen alanlara yönelik olarak problem durumu ortaya konmaya çalışılmıştır.

1.1. Problem Durumu

Beceri ölçümü, yapısı itibariyle davranış barındıran bir işlem olduğundan sınıf içinde yürütülmesi bilgi, kazanım ya da duyuşsal durumlara nazaran karmaşık bir süreçtir (Harlen, 1999; Rezba vd., 1995). Özellikle bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi bilgiyi de ihtiva edeceğinden, bilgiyi bilimsel süreç becerisinden ayırt etmek özel bir çaba gerektirmektedir (Harlen, 1999). Kimi araştırmacılar (Dillashaw vd., 1980; Guevara, 2015; Ostlund, 1998; J. Wu, 1994) bu durumla başa çıkabilmek amacıyla çeşitli ölçme değerlendirme tekniklerini kombine ederek ve birden fazla ölçme aracından yararlanarak ölçümler yapmışlar, kimi araştırmacılar (Brotherton ve Preece, 1996; Dökme ve Aydınlı, 2009; Indri vd., 2020; Irwanto vd., 2017) ise çoktan seçmeli sorularla da yeterli düzeyde bir beceri ölçümünün gerçekleştirilebileceğini düşünmüştür. Çoktan seçmeli maddelerle geliştirilen beceri testlerinin de alanyazında geçerlilik güvenilirlik çalışmaları sonucu kullanılabilirliği yine bu araştırmacılar tarafından ortaya koyulmuştur. Beceri ölçümü konusunda, özellikle yapay zekânın bu alana entegresine ilişkin alanyazın incelendiğinde, öğretmen adaylarının bilgi işlemsel düşünme becerilerinin (Graham, 2023), cerrahların cerrahi becerilerinin (Dials vd., 2023; Lavanchy vd., 2021; Yibulayimu vd., 2022), sporcuların alanlarına özgü becerilerinin (Yao ve Li, 2022) ya da öğrencilerin çeşitli yönlerden performanslarının (Al Amin vd., 2022; Altabrawee vd., 2019; Amjad vd., 2022; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Livieris vd., 2016; Mahboob vd., 2017; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020) yordanmasının yapay zekâ yardımıyla yapıldığı çalışmalar mevcut olmasına karşın, yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada etkili olup olmadığı sorusu henüz alanyazında yanıt bulmamış bir açıklık olarak göze çarpmaktadır. Buradan yola çıkarak,

günümüzde bu tür zorlu ya da zaman alıcı işlemlerin birer birer otomasyona uğradığı, yapay zekâ gibi tekniklerden yararlanılarak kolaylaştırıldığı göz önüne alındığında, bilimsel süreç becerilerinin bilgiden arındırılarak öğrencilerin bilimsel süreç becerileri hakkında bir değerlendirmede bulunmak için yapay zekânın kullanılması olası iyi sonuçlar verebilir. Bunun en önemli nedenlerinden biri, fen bilimleri öğretim programında bilimsel süreç becerilerinin yalnızca "Alana Özgü Beceriler" başlığı altında kazandırılması gereken beceriler olarak verilmesi ve bunun dışında öğretim programı konu ve kazanımları içerisinde açıkça ifade edilmemiş olmasıdır. Kazanımlarda açıkça ifade edilmeme sorunu, öğretmenlerin de sınıf içi ölçme değerlendirmelerinde bu becerileri dikkate almamasına, böylelikle bu özelliklerin ölçme ve değerlendirmesinin eksik kalmasına neden olmaktadır (Ar vd., 2023). Kazanım odaklı yapılan ölçme değerlendirme çalışmaları, standartlar (öğretim programının açıkça vurguladığı kazanımlar) ile uyum gösteriyor ve hatta kapsam geçerliliği kriterini sağlıyor olsa da bilimsel süreç becerileri bakımından eksik kalabilmektedir (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022). Bu durumun nedeni, kazanımlar içerisinde geliştirilmesi gereken bilimsel süreç becerilerinin açıkça ifade edilmemesinin yanı sıra, beceri odaklı ölçme değerlendirme faaliyetlerinin işe vuruk yapısını destekleyecek alternatif ölçme değerlendirme tekniklerine yeterince yer verilmemesi (Karaaslan vd., 2023; Mutlu ve Özden, 2017) de literatürde bir diğer neden olarak rapor edilmektedir. Hatta bilimsel süreç becerilerinin ölçme araçlarındaki varlığının sorgulanması ihtiyacı bile çoğu durumda zaman yetersizliği, ekstra iş gücü oluşturması gibi nedenlerle göz ardı edilebilmektedir (Ar vd., 2023). Bu nedenle sınıf içi ölçme değerlendirme süreçlerinde kullanılabilecek ve öğrencilerin bilimsel süreç becerileri hakkında fikir verebilecek uygulamalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Yapay zekâ sistemleri, bu gibi konularda iş yükünü azaltması ve zamandan önemli düzeyde tasarruf sağlaması bakımından kullanışlılığını ispat etmiş uygulamalardır (Beggrow vd., 2014; Zeineddine vd., 2021).

Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri hakkında nispeten kolayca ve hızlı bir şekilde fikir verme amacına yönelik olarak geliştirilen bir yapay zekâ uygulamasının hangi verileri ne şekilde işleyeceği büyük bir önem arz etmektedir. Sınıflama modellerinde kullanılan yapay zekâ ve makine öğrenmesi yazılımları kendi kendilerine derinlemesine analiz yapabilen, yine de eğitilmesi sürecinde kullanılan verinin kalitesiyle sınırlı algoritmalardır (Luckin, 2017; Zewe, 2022). Bu sınırlılıktan ötürü, yapay zekânın yordaması istenen verilerin toplandığı ölçme araçlarının bilimsel süreç becerilerini bilgiden ayırt edebilmesi için mümkün olduğunca bilgiden bağımsız olması, ya da aynı becerileri farklı maddelerde yineleyerek ölçmeleri gerekmektedir. Bu da Webb (1997) tarafından ortaya konulan ve daha sonra da güncellenerek geliştirilen (Webb, 2007; 2015) uyumsama süreci (alignment process) ile sağlanabilir. Webb

uyumsama süreci, belirli standartlarla ölçme aracının özelliklerinin uyumlu olması için takip edilmesi gereken adımları ve alınması gereken önlemleri derleyen bir süreçtir. Bu süreç, kategorik birlik, bilgi tutarlığının derinliği, bilgi uygunluk aralığı ve temsilin dengesi ölçütlerinin takip edilmesiyle sağlanır. (Webb, 2015).

Bilimsel süreç becerilerinin gerçek hayatta kullanım durumları göz önünde bulundurulduğunda, özellikle fen alanında üstün yetenekli tanısı almış öğrenciler için bu becerilerin kazanılmasının ve kullanılmasının önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Adams ve Callahan, 1995; Ülger ve Çepni, 2021; VanTassel-Baska vd., 1998). Bilim sanat merkezleri, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi ve ileri düzeydeki ilgi alanlarının keşfedilmesi için kritik bir rol oynamaktadır. Üstün yetenekli öğrenciler, genellikle akademik yeteneklerinde ve potansiyellerinde yaşıtlarından farklılık göstermektedirler. Bu öğrenciler, derinlemesine düşünme, eleştirel analiz, problem çözme ve yaratıcılık gibi bilişsel yeteneklerde olağanüstü bir potansiyele sahiptirler. Bu nedenle, onların bilimsel süreç becerilerini desteklemek ve ilgi alanlarını geliştirmek, gelecekteki başarıları için kritik önem taşımaktadır.

Bilimsel süreç becerisi ölçümünde en sık kullanılan testler arasında Fowler Cain (1990) tarafından geliştirilen Diet Cola Testi ve Burns vd. (1985) tarafından geliştirilen Bilimsel Süreç Becerileri Testi bulunmaktadır. Ancak, literatürde daha yeni ve güncel testlerin mevcut olmasına rağmen, bu testlerin yeterince tercih edilmediği gözlemlenmektedir. Bu durum, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini daha doğru ve kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için daha uygun ve güvenilir testlere ihtiyaç duyduklarını göstermektedir.

Bu çalışmada da amaçlanan, araştırmacı tarafından hazırlanan beceri temelli fen sorularının Webb uyumsama süreci gözetilerek uyumsamalarının sağlanması, bu sayede toplanan veriler yardımıyla da öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ yardımıyla yordanmasıdır. Son olarak, geliştirilen sınıflama modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordama konusunda ne kadar etkili olduğunun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

1.2. Araştırmanın Önemi

Bu araştırma, bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi için yapay zekâ kullanımının potansiyelini ele almaktadır. Bilimsel süreç becerileri fen bilimlerinin öğretiminde ve bilimle ilgili tüm mesleklerin edinilmesi sürecinde önemli bir rol oynamaktadır ve bu becerilerin klasik yöntemlerle ölçülmesi de oldukça zordur. Özellikle Türk eğitim sisteminde sıklıkla kullanılan çoktan seçmeli sorular, bilimsel süreç becerileri gibi işe vuruk becerilerin ölçülmesini ve değerlendirilmesini, dolayısıyla da bu noktadaki eksikliklerin ortaya çıkarılarak bu eksikliklere

yönelik önlemler almak suretiyle geliştirilmesini zorlaştırmaktadır. Okullarda da yine sınıf içi ölçme değerlendirme çalışmalarının beceriden ziyade kazanım odaklı olduğu, öğrencilerin hazırlandığı sınavın yapısının yanı sıra, öğretim programı kazanımlarında da öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine doğrudan bir atıf yapılmadan örtük bir şekilde barındırılması da bilimsel süreç becerilerinin sınıf içinde ölçme değerlendirmenin amaçlarından biri olmasını zorlaştırmaktadır. Bu çalışma, özellikle yapay zekâ tekniklerinin kullanılmasıyla öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesinde daha hızlı, ekonomik ve önemli sonuçlar elde edilebileceğini, böylelikle öğrencilerin bilimsel süreç becerilerindeki potansiyel eksikliklerin ortaya çıkarılarak gerekli önlemlerin alınmasının önünün açılabileceğini öne sürmektedir. Araştırmanın problem durumu başlığı altında ifade edilen, beceri ölçümümde karşılaşılan sınırlılıklar ve ihtiyaç durumu göz önüne alındığında, çalışmanın yapay zekânın fen eğitiminde beceri ölçümünde kullanılmasını sağlayarak alana önemli bir katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Araştırmacılar, makine öğrenmesi tekniklerinin verileri ne şekilde işleyeceğine dikkat çekmektedirler. Yapay zekâ uygulamaları yardımıyla geliştirilen makine öğrenmesi modellerinin yordaması istenen verilerin toplandığı ölçme araçlarının bilimsel süreç becerilerini bilgiden ayırt edebilmesi için mümkün olduğunca bilgiden bağımsız olması gerekmektedir. Bu araştırmada çoktan seçmeli sorular kullanılarak toplanan verilerin daha sağlıklı ve gerçekçi veriler olmaları Webb uyumsama süreci (Webb, 2007) kullanılarak sağlanmıştır. Çalışma, Webb uyumsama sürecinin yapay zekâ uygulamalarında kullanılması bakımından alana bir yenilik getirmektedir. Bunun yanı sıra, çalışma fen alanında üstün yetenekli öğrencilerin, üstün yetenekli oldukları alandaki en önemli özelliklerinden biri olan bilimsel süreç becerilerinin (Inman, 2022; Kılıç Bulut, 2021; Tanık Onal ve Buyuk, 2021; Ülger ve Çepni, 2021) yapay zekâ ile yordanması bakımından da bir yenilik getirmekte ve sonraki çalışmalar için de öneriler sunmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın fen alanında üstün yetenekli olduğu kabul edilen 8. sınıf düzeyindeki öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini incelemeyi hedeflemesi önemlidir. Bu çalışma, alanyazına yeni bir bilimsel süreç beceri testi sunmak ve yapay zekâ kullanarak üstün yetenekli öğrencilerin bu becerilerini tahmin etmeyi amaçlayacaktır. Böylelikle, çalışma üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileri hakkında hızlı, ekonomik ve güvenilir sonuçlar sağlamasıyla öne çıkacak ve alanyazına önemli katkılar sunacaktır. Bilim sanat merkezlerindeki öğrenciler için bu çalışmanın önemi, onların bilimsel süreç becerilerini geliştirme ve ilgi alanlarını keşfetme ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynayabilmesidir. Bu çalışma, bilim sanat merkezlerinin üstün yetenekli

öğrencilerin özel gereksinimlerine uygun ortamlar sağlayarak, onların potansiyellerini tam anlamıyla gerçekleştirebilecekleri destek ve fırsatlar sunabileceğini vurgulamaktadır.

Ek olarak, bu çalışma, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordama performansının da değerlendirilmesi açısından önemlidir. Üstün yetenekli öğrenciler okullarda zenginleştirilmiş eğitim planlarıyla desteklenen, Türkiye'de BİLSEM adı verilen Bilim ve Sanat Merkezleri bünyesinde okul dışı eğitim öğretim faaliyetleriyle desteklenen, öğretmenler ve eğitim kurumları tarafından özel bir ilgi alanına sahiptirler ve bu nedenle ölçme ve değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi, onların öğrenme ve başarı potansiyellerini tam olarak ortaya çıkarmanın önemli bir adımıdır. Ancak, yapılan literatür taramaları, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileriyle ilgili çalışmaların sayısının sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır (Adams ve Callahan, 1995; Başkurt Sayhan, 2019; Çalıkoğlu, 2014; Özdemir ve Gürlen, 2019; Özdeniz, 2021; Ülger ve Çepni, 2021). Bu durum, bu öğrenci grubunun özel gereksinimlerinin ve potansiyelinin yeterince anlaşılmadığını ve desteklenmediğini göstermektedir. Özellikle 4. ve 5. sınıf düzeyindeki üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileri üzerinde yoğunlaşan çalışmaların daha yaygın olduğu görülmektedir (Başkurt Sayhan, 2019; Çalıkoğlu, 2014; Kılıç Bulut, 2021; Özdeniz, 2021; Shin ve Lee, 2012; Ülger ve Çepni, 2021; VanTassel-Baska vd., 1998). Bu dönemde, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirebilecekleri ve ilgi alanlarını keşfedebilecekleri uygun bir ortam sunulması, gelecekteki başarıları için temel oluşturabilir. Buna ek olarak, ulusal ve uluslararası alanyazında 8. sınıf düzeyindeki üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine yönelik yeterli çalışma olmaması dikkat çekicidir. Bu, 8. sınıf düzeyindeki öğrencilerin kritik bir dönemde olduğunu ve bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi için ihtiyaç duydukları destek ve fırsatların sınırlı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, üstün yetenekli öğrencilerin zenginleştirilmiş eğitim planlarının yanı sıra ölçme değerlendirmede de zenginleştirilmiş bir yaklaşıma hizmet edilmesi bakımından bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesinde de yapay zekâ tabanlı bir modelin kullanılabilirliğini göstermektedir. Bu modelin, öğretmenlere ve eğitim kurumlarına, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin hızlı ve doğru bir şekilde ölçülmesi için etkili bir araç sunma potansiyeli bakımından önemli olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçümü ve değerlendirmesi konusunda yapay zekâ tabanlı yöntemlerin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Yapay zekâ tabanlı modeller, öğrencilerin becerilerinin hızlı ve doğru bir şekilde ölçülmesine olanak tanıyarak öğretmenlere ve eğitim kurumlarına değerli bir araç sunar. Özellikle üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi ve

değerlendirilmesi açısından bu yöntemlerin kullanımı önemlidir. Ayrıca, geliştirilen yapay zekâ uygulamasının üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordama konusunda ne kadar etkili olduğunun ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Bu araştırma, eğitimde yapay zekâ kullanımı konusunda ilginç bir örnek oluşturmaktadır. Bu araştırma, bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ yardımıyla yordanması ve çeşitli yapay zekâ algoritmalarının yordama başarısının değerlendirilmesi bakımından alanında yapılan ilk çalışma olması bakımından, bilimsel süreç becerilerinin öğrencilerin fen bilimleri dersindeki akademik başarı düzeyleriyle ilişkisine dair bir fikir vermesi bakımından, evreni temsil gücü yüksek bir araştırma olması bakımından ve sonucunda ortaya çıkan yapay zekâ uygulamasının alanda önemli bir sorunu giderme potansiyeline sahip olması bakımından önemlidir. Bununla birlikte, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi hususunda üstün yetenekli olmayan öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçümünde geçerli olan zaman, kullanışlılık ve öğretim programı kazanımlarında yeterince açık bir şekilde vurgulanmamasından kaynaklı sınırlılıklar geçerliliğini korumaktadır. Bu nedenle üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin belirlenmesi için daha kullanışlı bir araç gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

1.3. Problem Cümlesi

Araştırmanın problem cümlesi "Geliştirilen sınıflama modelinin beceri temelli sorularla 8. sınıf öğrencilerinin ve fen alanında üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada etkililiği nasıldır?" olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda yanıtlanması gereken alt problemler ise şöyledir:

1. Örnekleme dahil edilen 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ne düzeydedir?

2. Makine öğrenmesi ile geliştirilen sınıflama modeli, 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada ne kadar etkilidir?

3. Makine öğrenmesi ile geliştirilen sınıflama modeli, fen alanında üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada ne kadar etkilidir?

1.4. Araştırmanın Varsayımları

Araştırma kapsamında öğrencilerin testleri içtenlik ve ciddiyetle yanıtladıkları, toplanan uzman görüşlerinin geçerli ve yeterli olduğu, araştırmacının veri toplama, analiz ve yorumlama süreçlerinde yeterince yansız davrandığı, yapay zekâ uygulamasının %60'tan daha yüksek bir başarı oranı yakalaması durumunda yordama işleminde başarılı sayılacağı (Webb, 2007), varsayımları yapılmıştır.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırma, Bursa ilindeki altı ortaokulda öğrenim görmekte olan ve araştırmaya gönüllü olarak katılan öğrencilerle, Bursa ilindeki Bilim Sanat Merkezlerinde öğrenim görmekte olan üstün yetenekli öğrencilerle ve öğrencilerin verdiği yanıtların güvenilirliği ile sınırlıdır. Bunun yanı sıra, bu araştırma öğrencilerin soruları okuma ve anlama düzeyiyle, içtenlikle yanıtlamalarıyla, benzer sorularla daha önce karşılaşıp karşılaşmamış olmalarıyla da sınırlıdır. Ayrıca çalışma sonuçları veri toplama araçlarının geçerliği ve güvenilirliği, uzman görüşlerinin doğruluğu, analizlerin tarafsızlığı, 8. sınıf fen bilimleri öğretim programı ve kullanılan beceri temelli sorularla da sınırlıdır.

1.6. Tanımlar

Beceri temelli sorular: MEB tarafından 2018 yılından itibaren kullanılmaya başlanan, bir bağlam çerçevesinde öğrencilerin bilgilerini kullanmalarını amaçlayan ve becerilerini ön plana çıkarmayı önemseyen soru tarzıdır.

Bilimsel süreç becerileri: Bilimsel bir araştırmayı gerçekleştirmek için kullanılan ya da gerekli olan becerilere verilen genel isimdir.

Uyumsama: Ölçülmek istenen standartlarla ölçek arasındaki uyumun sağlanması amacıyla uygulanan süreç.

Üstün yetenekli: Zekâ, yaratıcılık, sanat, liderlik kapasitesi, motivasyon veya özel akademik alanlarda yaşıtlarına göre yüksek düzeyde performans gösteren birey.

Yapay zekâ: İnsan eylemlerini taklit eden algoritma ve makine işlemleridir.

Yordama: Bir işlemin ya da sonucunun önceden kestirilmesi, eğitilmiş ve verilere dayanarak tahmin edilmesi.

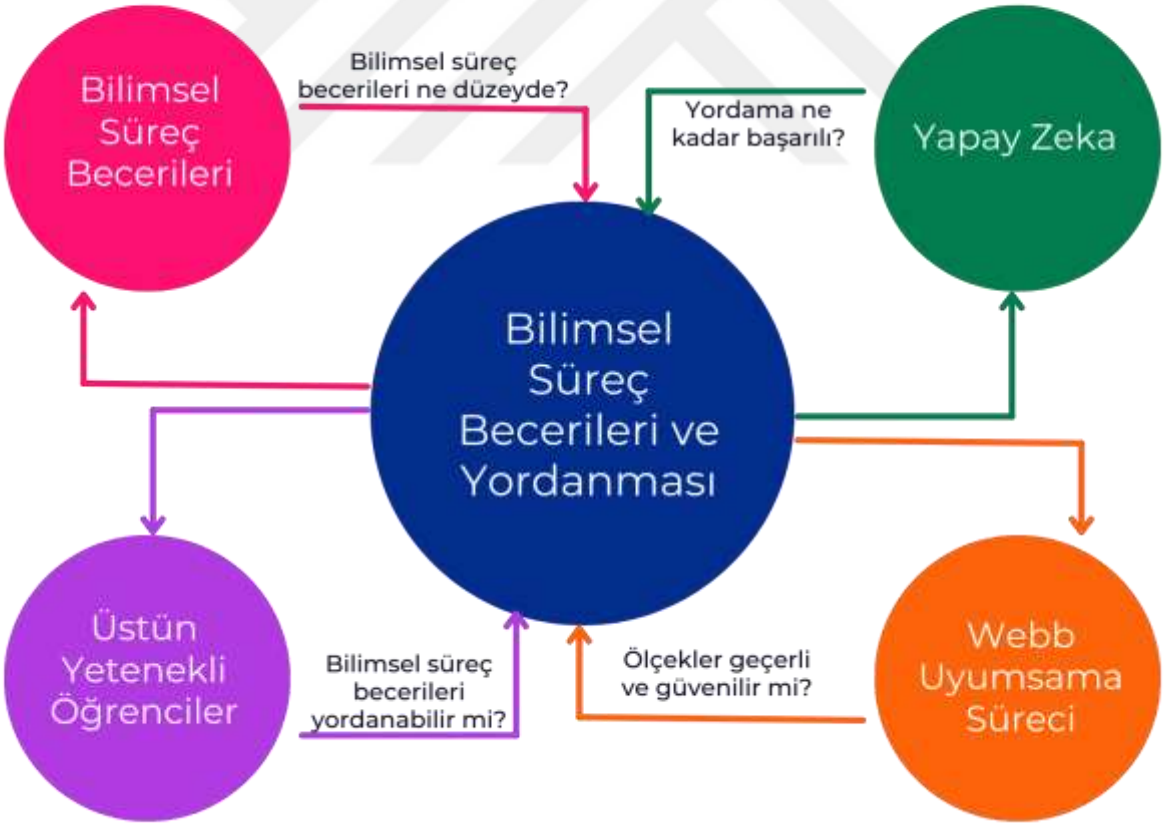
İKİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Çalışma kapsamında ele alınan konunun kapsamı, amaçlar doğrultusunda beceri ölçümü ve yordanmasıyla ilgilidir. Bu kapsamda hedeflenen beceriler bilimsel süreç becerileri olup, bu becerilerin ölçülmesinde uyumsama sürecinden yararlanılmış (Webb, 2007), becerisi daha önce ölçülmemiş öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin yordanması için ise yapay zekâ kavramı üzerinde durulmuştur. Bu yolla geliştirilen sınıflama modelinin etkinliği değerlendirilmiş ve bununla birlikte yapay zekânın üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamadaki etkililiği ölçülmüştür. Araştırmanın kapsadığı kavramların oluşturduğu kavramsal çerçeve, Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1

Araştırmanın kavramsal çerçevesi.



2.1. Beceri Kavramı

Beceri kavramını detaylı bir şekilde incelemeden önce, beceri ile en çok karıştırılan kavramlardan olan yeterlik ve yetkinlik kavramlarına değinmek yararlı olabilir. Yeterlik kavramı beceriden daha geniş bir anlam taşır ve bir ya da genellikle daha fazla becerinin bilgi, davranış ve değerlerle harmanlandığı, beceriyi kullanma kapasitesini kapsar (OECD, 2018, s. 7). Yetkinlik kavramı ise bir beceri ya da yeterlikte gerekli olgunluğa erişme anlamına gelir (TDK, 2021). Kişinin sahip olduğu yetkinlikler yüksek performansını sağlayabilecek olan, kişinin ayırt edici nitelik ve özelliklerinin bir bütünüdür (Develi ve Çavuş, 2021). Beceri kavramı belirli bir iş ya da özellikle ilgili olduğundan bu diğer kavramlardan ayırt edilmelidir.

Beceri; sosyolojiden eğitime, mühendislikten ekonomiye pek çok alanda irdelenen geniş bir kavramdır. Disiplinler arası tüm kavramlar gibi beceri kavramının da zihinde oluşturduğu anlamlar kullanıldığı alana göre farklı yansımalar gösterebilir. Başlangıç olarak beceri kavramı üzerinde yoğunlaşan bu kavramsal ve epistemolojik sis bulutunu biraz dağıtabilmek ve anlayabilmek için bu kavramı farklı açılardan incelemek iyi olacaktır. Türk Dil Kurumu'nun (TDK) beceri kavramı için kullandığı "Elinden iş gelme durumu, ustalık, maharet.", "Kişinin yatkınlık ve öğrenime bağlı olarak bir işi başarma ve bir işlemi amaca uygun olarak sonuçlandırma yeteneği, maharet." ve "Vücudun, yapılması güç alıştırmalara yatkın olması durumu." gibi tanımlamalar, beceri kavramının farklı kavramsal çerçeveleri ve derin anlamları barındırdığını göstermektedir.

OECD, "bir amaca ulaşmak için gerekli süreçleri yürütme ve bilgiyi sorumlu bir şekilde kullanma yetenek ve kapasitesi" şeklinde tanımladığı beceri kavramını üç ayrı alt başlıkta incelemektedir. Bunlar: (1) bilişsel ve üstbilişsel beceriler, (2) sosyal ve duygusal beceriler ve (3) pratik ve fiziksel becerilerdir (OECD, 2019b, s. 4). Bilişsel beceriler; dili, sayıları, bilgileri ve çıkarımları kullanabilmeyi sağlayan bir dizi düşünme stratejileri olarak tanımlanmaktadır. Üstbilişsel beceriler ise kişinin kendi bilgi, beceri, tutum ve değerlerinin farkında olmasını sağlayan, öğrenmeyi destekleyen becerileri içerir. Sosyal ve duygusal beceriler ise tutarlı düşünce, duygu ve davranış kalıplarında kendini gösteren; insanların kişisel gelişimlerini, evde, okulda, iş yerinde ve toplum içerisinde ilişkilerini geliştirmelerini ve toplumsal işlevlerini yerine getirmelerini sağlayan beceri dizilerini kapsar. Fiziksel beceriler ise alet, işlem ve işlevleri kullanmayı sağlayan kabiliyet dizisini ifade eder. Bu beceriler bilgi ve iletişim cihazlarını ve makineleri kullanma, müzikal enstrüman çalma, resim, heykel yapabilme gibi yetenekleri; kendi kendini giydirebilme, yemek hazırlama, temiz olma ve kendini temiz tutma (öz bakım) gibi yaşam becerilerini; güç, dayanıklılık gibi özelliklerini gerektiğinde kullanabilme becerilerini içerir (OECD, 2019b, s.4). Buradan hareketle becerinin, karmaşık ihtiyaçlara cevap vermek için kullanılan, bilginin harekete geçirilmesini kapsayan yeterlilik

kavramının bütünsel bir parçası olduğu söylenebilir. Türkiye'de ise Türkiye İş Kurumu, beceri kavramını "genel olarak iş ve görevleri başarabilmek için gerekli olan sistematik zihinsel ve fiziksel eylemler, yatkınlıklar ve etkinlikler" olarak tanımlamaktadır (Türkiye İş Kurumu (İŞKUR), 2020, s. 108).

Çağımızda sürekli gelişen ve değişen teknoloji ve endüstri, toplumda ihtiyaç duyulan becerilerin de değişmesini ve gelişmesini gerekli kılmaktadır. Avrupa Komisyonu da bu değişimleri incelemek amacıyla ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations [Avrupa Beceri, Yeterlilik, Özellik ve Meslek]) projesini hayata geçirmiş ve beceri kavramını "görevleri tamamlamak ve sorunları çözmek için bilgiyi uygulama ve teknik bilgiyi kullanma yeteneği" şeklinde tanımlamıştır. ESCO'ya göre bazen eş anlamlı olarak kullanılsa da beceri ve yeterlilik kavramları kapsamlarına göre ayırt edilebilir (ESCO, 2020, 2021). Beceri kavramı, belirli bir ortamda ve tanımlanmış görevlerle ilgili olarak yöntemlerin veya araçların kullanımını ifade eder.

Attewell (1990), beceri kavramını bir işi yapabilme yeteneği olarak tanımlamış ve pozitivist düşünceye göre ölçülebilir, sayılarla ifade edilebilir ve geliştirilebilir bir özellik olduğunu tartışmıştır. SSCR ise beceri ve süreç kavramlarını ayrı ayrı ele almış; beceri kavramını "öğrencilerin yapmak için eğitilebileceği belirli bir etkinlik" olarak, süreç kavramını ise "bir dizi beceri içeren mantıklı bir etkinlik" olarak tanımlamıştır (Akt. Wellington, 1989, s.99). Burada önem atfedilen nokta ise beceri kavramının bilgi ve yapabilme yeteneklerini bir arada bulundurmasından dolayı bütünleşik bir yapıya sahip olmasıdır. Bilginin söylemeye dayalı (deklaratif) bilgiden süreçsel (prosedürel) bilgiye dönüştürülmesini gerektiren (DeKeyser, 2015) bu bütünleşik yapıyı ölçmek ve sayılarla ifade edebilmek için ölçülmek istenen beceriye ilişkin birden fazla boyutun birlikte incelenerek değerlendirilmesi gerekmektedir (Balanay ve Roa, 2013; Brookhart, 2010; Brotherton ve Preece, 1996; Čipková ve Karolčík, 2019; Paine, 2020). Dolayısıyla öğrencinin bilgiyi bilmekten öte, o bilgiyi bir işlemde kullanabilme yeteneği öğrencinin o konudaki becerisine işaret etmektedir. Öyle ki beceri yapısının devinimsel olarak tekrarlanması da kavramın sadece işi ya da eylemi gerçekleştirmekten öte, o işi iyi yapabilmeyi ve o işte ustalaşmayı da işaret etmektedir. Bu durum da beceri kavramının farklı bağlamlarda farklı ve özelleştirilmiş açılardan irdelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu beceriler, günümüzde 21. yüzyıl becerileri, yaşam becerileri, problem çözme becerileri, bilimsel süreç becerileri gibi çok farklı çeşitlerde incelenmekte ve gün geçtikçe değişen dünya ile birlikte yeni beceriler de tanımlanmaktadır.

2.2. Bilimsel Süreç Becerileri

Bu araştırma kapsamında incelenen beceriler, bilimsel süreç becerileridir. Bilimsel süreç becerileri öğrencilerin fen bilimlerini daha kolay öğrenmelerini sağlayan (Social Environmental and Scientific Education [SESE], 1999), bilgiyi kendi kendilerine edinmelerinde sorumluluk duygusunu artıran, bilginin kalıcılığını artıran ve öğrencilerin araştırma yol ve yöntemlerini edinmelerini sağlayan becerilerdir (Çepni vd., 1997, s. 31). Bu beceriler bilim insanlarının bilimsel araştırma yaparken başvurdukları ve sıklıkla kullandıkları becerilerdir (Rezba vd., 1995; Tan ve Temiz, 2003). Bu becerilerin tanımlanması için NTSA'nın fen öğretim programı geliştirme raporu hedeflerinden yola çıkılarak (Carleton, 1964), günümüze kadar çok farklı sınıflandırılmalar yapılmıştır. Tablo 1'de bu becerilerin bazı önemli sınıflandırılmaları gösterilmiştir.

Tablo 1

Bilimsel süreç becerilerinin sınıflandırılması.

(Padilla, 1990)	**(Gabel, 1993)**	**(Rezba vd., 1995)**	**(Smith, 2016)**	**(Çepni vd., 1997)**	**(SESE, 1999)**	**(Chiappetta vd., 2015)**
Temel Beceriler	Gözlem yapma	**Temel Beceriler**	Gözlem yapma	**Temel Süreçler**	**Bilimsel Çalışma**	**Temel Beceriler**
Gözlem yapma	Sınıflama	Gözlem yapma	Sınıflama	Gözlem yapma	Soru sorma	Gözlem yapma
İletişim kurma	Ölçme	İletişim kurma	Ölçme	Ölçme	Gözlem yapma	Çıkarım yapma
Sınıflama	Çıkarım ve	Sınıflama	Çıkarım yapma	Sınıflama	Önceden kestirme	Sayı uzay
Ölçme	tahminlerde	Ölçme	Tahmin etme	Verileri kaydetme	Araştırma ve	ilişkileri kurma
Çıkarım yapma	bulunma	Çıkarım yapma	İletişim kurma	Sayı uzay ilişkileri	deney yapma	İletişim kurma
Tahmin etme	Değişkenleri	Tahmin etme	Sayı uzay ilişkileri	kurma	Tahmin etme ve	Ölçme
Bütünleştirilmiş	kontrol etme ve	**Bütünleştirilmiş**	kurma	**Nedensel Süreçler**	ölçme	Tahmin etme
Beceriler	hipotez test etme	**Beceriler**	İşlevsel tanımlama	Önceden kestirme	Analiz etme	Sayıları
Değişkenleri	İşlevsel tanımlama	Değişkenleri	Hipotez kurma	Değişkenleri	(Ayırma ve	kullanma
kontrol etme	Hipotez kurma ve	belirleme	Deney yapma	belirleme	sınıflandırma,	**Bütünleştirilmiş**
Değişkenleri	deney yapma	Veri tablosu	Değişkenleri ayırt	Verileri	kalıpları tanıma,	**Beceriler**
işlevsel olarak	Büyük ya da	oluşturma	etme	yorumlama	yorumlama)	Terimleri
belirleme	küçük sayıları	Grafik çizme	Verileri	Sonuç çıkarma	Kayıt ve iletişim	işlevsel olarak
Hipotez kurma	kullanma	Değişkenler	yorumlama	**Deneysel Süreçler**	Değerlendirme	tanımlama
Verileri	Oranlama ve	arasında ilişki	Model oluşturma	Hipotez kurma	**Tasarım ve**	Model oluşturma
yorumlama	grafik çizme	kurma			**Yapma**	

Deney yapma Model oluşturma	Problem çözme Model ve teorileri kullanma	Verilerini işleme ve yorumlama Araştırmayı analiz etme Hipotez kurma Değişkenleri işlevsel olarak belirleme Araştırmayı tasarlama Deney yapma	Verileri kullanma ve model oluşturma Deney yapma Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme Karar verme	Keşfetme Planlama Yapma Tasarımı değerlendirme	Değişkenleri kontrol etme Verileri yorumlama Hipotez kurma Deney yapma

Tablo 1'de görüldüğü üzere, 21. yüzyıl başlarken konuya çok sayıda araştırmacı birbirinden farklı açılardan yaklaşmış ve bilimsel süreç becerilerini farklı açılardan sınıflandırmıştır. Araştırmacıların bakış açılarının yanında, bilimin teknolojiyle kol kola geçirdiği evrim de bilimsel süreç becerilerinin güncellenmesi ihtiyacı doğurmaktadır. Bilimsel süreç becerileri bilim insanlarının izlediği yol ve yöntemler olarak değerlendirildiğinde, bir bilim insanının zamanın şartlarına göre farklı özellikler edinmeleri gerektiği düşünülebilir. Nitekim Wellington (1989, s.49), bilimsel süreç becerileri içerisinde kabul edilen birçok becerinin bilimle ilişkisinin çok zayıf olduğunu, herhangi bir eğitime gerek duyulmaksızın edinilebileceğini ve bu becerilerin bağlamdan bağımsız olarak gelişimine bir kanıt olmadığını tartışmaktadır. Bu durumun yanı sıra, bilimsel süreç becerilerinin birbirinden ayrı olarak (Gabel, 1993) ya da bütünleşik yapıda (Çepni vd., 1997; Chiappetta vd., 2015; Rezba vd., 1995) süreçler olarak ya da bilim insanlarının kullanım şekline göre (Ostlund, 1998; Padilla, 1990; Wellington, 1989) değerlendirilmesi de bu sınıflandırmada çeşitliliğe neden olmuştur.

Alanyazında yer alan sınıflandırmalar ve Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) fen bilimleri öğretim programı (MEB, 2018) değerlendirildiğinde, ortaokul düzeyinde öğrencilerden beklenen bilimsel süreç becerileri temel ve bütünleşik beceriler olarak iki grupta incelenmiştir. Temel beceriler, daha çok ilkokul seviyesinde edinilmesi gereken ve deneysel ve tümevarımsal çıkarımlar yapmaya yarayan becerileri (Ramesh, 2014; Rezba vd., 1995; Wellington, 1989), bütünleşik beceriler ise tümdengelimsel çıkarım yapmada kullanılan, temel becerilerin bir ya da birkaçını içinde barındıran ve bu becerilerin üzerine inşa edilen becerileri ifade eder (Wellington, 1989). Bu bilimsel süreç becerileri ve becerilere ilişkin beklenen öğrenme çıktıları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 2

Bilimsel süreç becerileri ve öğrenme çıktıları (Chiappetta vd., 2015).

Bilimsel süreç becerisi	**Öğrenme Çıktısı**
Temel Beceriler	
Gözlem yapma	Nesne ve olayların özelliklerini beş duyuyu kullanarak fark etme.
Çıkarım yapma	Bir nesne veya olaya direkt olarak gözlenemeyen bir açıklama getirme.
Sayı uzay ilişkileri kurma	Bağımlı ve bağımsız değişkenleri görsel sunumlarla ifade etme. Grafikleri kullanma.

İletişim kurma	Verileri ve yazılı raporları grafik, tablo, şema ve diyagram gibi farklı yollarla etkili bir şekilde sunma.
Ölçme	Uzunluk, kütle ve hacim gibi özelliklerin doğru ölçümlerini yapma.
Tahmin etme	Gelecekte olması beklenen bir durum hakkında gözlem ve çıkarımlar yoluyla önceden yorumlama.
Sayıları kullanma	Nesne ve olayları ifade etmek için nicel ilişkilerden faydalanma.
Bütünleştirilmiş Beceriler	
Terimleri işlevsel olarak tanımlama	Bir nesne veya olayla ilgili ne yapılacağını veya gözlemleneceğini somut bir şekilde tanımlama.
Model oluşturma	Bilimsel fikirleri göstermek ve açıklamak için şekiller, nesneler ya da matematiksel formüller oluşturma.
Değişkenleri kontrol etme	Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirleme.
Verileri yorumlama	Veriye dayalı sonuçlar oluşturmak için argümantasyon kullanma.
Hipotez kurma	Test edilmek üzere geçici genellemeler oluşturma.
Deney yapma	İlişkileri ortaya çıkarmak için kontrollü bir laboratuvar ortamında değişkenleri değiştirerek hipotez test etme ve soruları yanıtlama.

İlgili alanyazın incelendiğinde öğrencilerin ilkokul seviyesinde kazanmaları beklenen temel bilimsel süreç beceri düzeylerinin düşük olduğuna ve geliştirilmesi gerektiğine (Aydoğdu, 2017; Fathonah vd., 2018; Keskinkılıç Yumuşak, 2017; Özçelik, 2019; Özgelen, 2012; Singhal vd., 2012; Şıvgın, 2019), bilimsel süreç becerilerinin bilişsel süreçlerle (Çepni ve Kara, 2019; Özgelen, 2012; Uysal ve Cebesoy, 2020), çeşitli öğrenme yaklaşımlarıyla (Lederman ve Stefanich, 2007; Şensoy ve Yıldırım, 2017; Türkmen ve Kandemir, 2011) ilişkisini inceleyen çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır. Bu çalışmada fen bilimleri öğretim programında da vurgulanan şekliyle, Çepni vd. (1997) tarafından geliştirilen bilimsel süreç beceri sınıflandırması kullanılmıştır. Bu beceriler aşağıda detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

2.2.1. Temel Süreçler:

2.2.1.1. Gözlem Yapma: Gözlem yapma becerisi, bir obje, durum, olgu ya da olayın duyu organları yardımıyla algılanması sürecini ifade eden en temel bilimsel süreç becerisidir. Bu beceri beş duyu organı yardımıyla direkt olarak uygulanabileceği gibi, ikincil veri kaynaklarından da yararlanabilir (Rezba vd., 1995), gözlemler için teleskop, mikroskop vb. araçlar da kullanılabilir. Bilimsel süreç, en temel becerilerden biri olan gözlem ile başlar ve bu gözlem bir soruyu doğurur ki bu sorunun yanıtı da yine öncelikli olarak gözlem ile aranır

(Ostlund, 1998; Şıvgın, 2019). Gözlemler duyu organlarından alınan verinin beyinde anlamlandırılması sürecinde önceki yaşantılardan da etkilenebilir olması yönüyle nispeten öznel bir veri kaynağı olarak kabul edilebilir (Wellington, 1989). Bununla birlikte gözlem yapmak duyu organlarının rast geldiği bir özelliği fark etme işleminden ziyade, gözlenen nesne, durum ya da olayın belirlenebilen tüm yönlerinin irdelenmesini içerir ve bu yönüyle basit bir fark etme durumundan ayrılır (Rezba vd., 1995). Yeni ya da şaşırtıcı gözlemlerin doğru şekilde yorumlanması, bilimsel bilgiye önemli katkılar bulunma potansiyeli taşımaktadır (Ostlund, 1998).

2.2.1.2. Ölçme: Bu beceri, bilinmeyen bir büyüklüğün aynı türden olan, ancak bilinen bir büyüklükle kıyaslanması, bir nesnenin ya da olayın nicel olarak değerlendirilmesi, özelliklerinin belirlenmesi ya da sayılarla ifade edilmesi sürecidir (Chiappetta vd., 2015; Rezba vd., 1995). Ölçme, bilimsel araştırmaların temel bir parçasıdır ve bilimsel sonuçların doğruluğunu arttırmak için önemli bir adımdır. Ölçme, gözlemlerin ve sonuçların güvenilirliğini arttırmakta ve araştırmacıların sonuçları daha objektif bir şekilde yorumlamalarını sağlamakla beraber farklı özelliklerin karşılaştırılması ve sınıflandırılması için önemli bir gereksinimdir (Ostlund, 1998; Rezba vd., 1995).

2.2.1.3. Sınıflama: Sınıflama, nesnelerin ya da olayların belirli özelliklerine göre gruplandırılması ve farklı kategorilere ayrılması işlemidir. Biyoloji, kimya, fizik, coğrafya ve tarih gibi birçok disiplinde sınıflama yöntemi kullanılmaktadır. Örneğin, biyolojide canlılar türlerine göre gruplandırılırken, kimyada elementler ve bileşikler özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Sınıflama yöntemi, bilimsel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde oldukça önemlidir ve öğrencilerin bilimsel araştırma sürecinde veri toplama, analiz etme ve sonuçlandırma işlemlerinde başarılı olmalarına yardımcı olur (Chiappetta vd., 2015).

2.2.1.4. Verileri Kaydetme: Verileri kaydetme, öğrencilere verileri doğru bir şekilde kaydetme, düzenleme ve analiz etme becerisi kazandırır. Verileri kaydetme, öğrencilerin laboratuvar ortamında deneyler yaparken, doğal ortamda gözlemler yaparken veya anketler yaparken kullanabilecekleri bir beceridir. Verileri kaydetme becerisi, öğrencilerin bilimsel araştırma sürecinde başarılı olmaları için önemlidir. Ayrıca, bu beceri öğrencilerin diğer araştırmacılarla iletişim kurmalarına ve sonuçlarını paylaşmalarına yardımcı olur. Bu beceri, öğrencilerin verileri doğru bir şekilde kaydetmelerini, düzenlemelerini ve analiz etmelerini sağlar (Çepni, 2014).

2.2.1.5. Sayı Uzay İlişkileri Kurma: Sayı-uzay ilişkileri kurma, matematiksel düşünme becerilerini geliştirmek için kullanılan bir terimdir. Bu beceri, öğrencilerin sayılar arasındaki ilişkileri keşfetmeleri ve bu ilişkileri uzayda görselleştirerek anlamaları için yardımcı olur

(Çepni, 2014; Çepni vd., 1997). Sayı-uzay ilişkileri kurma becerisi, matematik, bilim ve teknoloji gibi alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu beceri, matematiksel problemleri çözmek, bilimsel verileri analiz etmek ve mühendislik projelerinde kullanmak için önemli bir beceridir (Çepni, 2014).

2.2.2. Nedensel Süreçler

2.2.2.1. Önceden Kestirme: Önceden kestirme, bir olay ya da durum hakkında tahmin yürütme, uygun verileri toplama ve analiz etme kabiliyetlerini kapsar. Bilimde, hipotez oluşturma ve test etme sürecinin bir parçası olarak değerlendirilen önceden kestirme becerileri, öğrencilerin bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Wellington, 1989). Önceden kestirme becerileri, öğrencilerin kavramsal anlayışlarının geliştirilmesine ve öğrenme hedeflerinin belirlenmesine yardımcı olur. Bu becerilerin ölçülmesi, öğrencilerin hipotezlerinin uygunluğunu ve doğruluğunu değerlendirmelerine olanak sağlar (Rezba vd., 1995; Smith, 2016).

2.2.2.2. Değişkenleri Belirleme: Değişkenleri belirleme, bir deney ya da araştırma sürecinde, incelenen olay ya da durumda farklı sonuçlara neden olan faktörlerin belirlenmesini ifade eder (Chiappetta vd., 2015). Değişkenleri belirleme süreci, bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bilimde, bir hipotezin test edilebilmesi için, değişkenlerin belirlenmesi gerekir. Bu süreç, bilim insanlarının olay veya durumda farklı sonuçlara neden olan faktörleri anlamasına ve sonuçları etkileyen faktörleri kontrol ederek hipotezlerini test etmelerine olanak sağlar (Rezba vd., 1995). Öğrencilerin değişkenleri belirleme becerisi, bilimsel düşünme sürecinde, hipotez oluşturma ve test etme aşamalarında kritik bir rol oynar. Değişkenleri belirleme becerisi, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerinin yanı sıra kavramsal anlayışlarının geliştirilmesine de yardımcı olur. Öğrencilerin bu beceriyi kullanarak, bir olay ya da durumda farklı sonuçlara neden olan faktörleri tanımlaması, sonuçları etkileyen faktörleri kontrol etmesi ve hipotezlerini test etmesi mümkün olur. Böylece, öğrencilerin bilimsel düşünme becerileri güçlendirilir ve problem çözme yetenekleri geliştirilir (Smith, 2016).

2.2.2.3. Verileri Yorumlama: Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri arasında önemli bir yere sahip olan verileri yorumlama becerisi, elde edilen verilerin analiz edilerek sonuçların çıkarılmasını ifade eder (Çepni, 2014). Bu beceri, bir araştırma sürecinde, verilerin toplanması ve analiz edilmesi ile sonuçların yorumlanması aşamalarında kullanılır. Verilerin doğru bir şekilde yorumlanması, hipotezlerin doğrulanması ya da reddedilmesi sürecinde büyük bir öneme sahiptir. Verilerin yorumlanması, bilim insanlarının araştırmaları ile birlikte, elde edilen sonuçların doğru bir şekilde anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlar (Chiappetta vd., 2015). Bu

nedenle, verilerin doğru bir şekilde yorumlanması, bilim insanlarının doğru kararlar vermesinde büyük bir rol oynar. Verileri yorumlama becerisi, öğrencilerin matematik ve istatistik becerilerinin geliştirilmesine yardımcı olacağı için, öğrencilerin verileri yorumlama becerisini geliştirmeleri, grafikler ve tablolar gibi görsel araçlarla verileri analiz etmeleri ve sonuçları yorumlamaları açısından da önemlidir (Çepni, 2014). Bu nedenle, öğrencilerin matematik ve istatistik becerilerinin geliştirilmesi, bilimsel düşünme becerilerinin güçlendirilmesi açısından son derece önemlidir.

2.2.2.4. Sonuç Çıkarma: Sonuç çıkarma becerisi, bir araştırma sürecinde elde edilen verilerin analizi ile oluşan sonuçların doğru bir şekilde yorumlanarak yeni bir bilgiye dönüştürülmesi anlamına gelir (Çepni, 2014). Örneğin, bir öğrenci bitkilerin büyümesi üzerine bir araştırma yaptığında, elde edilen verileri analiz ederek bitkilerin büyümesi ile ilgili yeni bir bilgiye ulaşabilir. Bu beceri ayrıca, öğrencilerin hipotezleri doğrulama veya reddetme sürecinde de kullanılır (Rezba vd., 1995). Sonuç çıkarma becerisinin önemi, bilimsel düşünme becerilerinin geliştirilmesi yanında, günlük hayatta karşılaşılan sorunların çözülmesinde de büyük bir rol oynar. Bu beceri, öğrencilerin doğru kararlar vermelerinde ve hayatları boyunca karşılaşacakları sorunları çözmelerinde kritik bir rol oynar. Örneğin, bir öğrenci günlük hayatta bir sorunla karşılaştığında, sonuç çıkarma becerisini kullanarak sorunu çözebilir ve doğru bir karar verebilir.

2.2.3. Deneysel Süreçler

2.2.3.1. Hipotez Kurma: Hipotez kurma, bir araştırmanın sonucu hakkında eğitimli bir tahmin veya öngörü formüle etmeyi içeren önemli bir bilimsel süreç becerisidir (Chiappetta vd., 2015). Daha fazla araştırma ve deney yürütebilmek için bir başlangıç noktası sağladığından, bilimsel sorgulamanın önemli bir adımıdır.

Hipotez, gözlemlenen bir olgu veya problem için bilimsel araştırma yoluyla test edilebilecek muhtemel bir açıklamadır. İyi bir hipotez açık, belirgin ve test edilebilir bir önermedir. Ayrıca önceki bilgilere, gözlemlere veya bilimsel ilkelere dayanmalıdır. Bir hipotez oluşturmak için bir bilim insanı öncelikle araştırmak istediği bir sorunu veya soruyu belirlemelidir. Daha sonra sorun veya olgu hakkında bilgi toplar ve bu bilgileri bir hipotez oluşturmak için kullanırlar. Hipotez, bir deney veya gözlem yoluyla test edilebilir olmalı ve yanlış olması halinde yanlışlığı kanıtlanabilecek şekilde tasarlanmalıdır (Wellington, 1989).

Bir hipotez formüle edildikten sonra, deney veya gözlem yoluyla test edilir. Deney sırasında toplanan veriler, hipotezin desteklenip desteklenmediğini ya da çürütülüp çürütülmediğini belirlemek için analiz edilir. Veriler hipotezi destekliyorsa, hipotez gözlemlenen olgu için geçerli bir açıklama olarak kabul edilebilir. Veriler hipotezi çürütüyorsa,

bilim insanının hipotezi değiştirmesi veya düzeltmesi ve yeni hipotezi test etmek için deneyi tekrarlaması gerekebilir.

Hipotez kurma, bilim insanları için kritik bir beceridir çünkü bilim insanlarının bilinçli tahminlerde bulunmalarına ve bu tahminleri deneysel kanıtlarla test etmelerine olanak tanır. Eleştirel düşünmeyi ve problem çözmeyi teşvik eder ve bilim insanlarının doğal dünya hakkında daha derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olur (Çepni, 2014). İyi formüle edilmiş bir hipotez, daha fazla araştırma için bir temel oluşturabilir ve bir hipotezi test etme ve iyileştirme süreci, yeni teorilerin ve bilimsel bilginin geliştirilmesine yol açabilir.

2.2.3.2. Verileri Kullanma ve Model Oluşturma: Model geliştirmek için verileri kullanmak, bilimsel verilere ve gözlemlere dayalı olarak gerçek dünya fenomenlerinin temsillerini oluşturmayı içeren bir bilimsel süreç becerisidir. Model, tahminlerde bulunmak veya hipotezleri test etmek için kullanılabilecek karmaşık bir sistemin veya sürecin basitleştirilmiş bir versiyonudur (Çepni, 2014).

Modeller, binaların veya köprülerin ölçekli kopyaları gibi fiziksel modellerden, karmaşık sistemleri temsil etmek için matematiksel denklemler kullanan bilgisayar simülasyonlarına kadar birçok şekilde olabilir. Modeller, moleküllerin davranışı, hastalıkların yayılması ve iklim değişikliğinin etkisi de dahil olmak üzere çok çeşitli olguları araştırmak için kullanılabilir (Chiappetta vd., 2015).

Bir model oluşturmak için, bir bilim insanı önce incelemek istediği olgu hakkında veri ve gözlem toplar. Daha sonra bu verileri, olguyu basitleştirilmiş bir şekilde temsil eden matematiksel veya kavramsal bir çerçeve geliştirmek için kullanır. Model, tahminleri gerçek dünya verileri ve gözlemleriyle karşılaştırılarak test edilir ve bu testlerin sonuçlarına göre değiştirilebilir veya geliştirilebilir. Bir model oluşturma ve iyileştirme süreci, üzerinde çalışılan olgunun daha derinlemesine anlaşılmasını sağlayabilir. Modeller, bilim insanlarının sistemi etkileyen en önemli değişkenleri belirlemelerine yardımcı olabilir ve sistemin farklı koşullar altında nasıl davranacağı hakkında tahminlerde bulunmak için kullanılabilir. Modeller ayrıca bilim insanlarının daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulan alanları belirlemelerine yardımcı olabilir ve bilimsel kavramları daha geniş bir kitleye iletmek için kullanılabilir.

Model geliştirmek için verileri kullanmak, bilim insanları için kritik bir beceridir. Bilim insanlarının kontrollü ve sistematik bir şekilde tahminlerde bulunmalarına ve hipotezleri test etmelerine olanak tanır. Eleştirel düşünmeyi ve problem çözmeyi teşvik eder ve bilim insanlarının doğal dünya hakkında daha derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olur. Model geliştirme ve iyileştirme süreci sürekli devam eder ve yeni veriler ve gözlemler yeni kavrayışlara ve mevcut modellerde revizyonlara yol açabilir.

2.2.3.3. Deney Yapma: Deney yapma, hipotezleri test etmek ve doğal olayları araştırmak için deneyler tasarlamayı ve yürütmeyi içeren bir bilimsel süreç becerisidir (Çepni, 2014). Deneyler bilimde ampirik kanıt toplamak ve bilimsel teori ve hipotezlerin geçerliliğini test etmek için kullanılır. Deney yapma süreci, bir hipotez veya araştırma sorusunun formüle edilmesiyle başlar. Bilim insanları daha sonra hipotezi test etmek için, sonucu etkileyebilecek diğer faktörleri kontrol ederken tipik olarak bir veya daha fazla değişkenin manipülasyonunu içeren bir deney tasarlar. Deneyde manipüle edilen veya ölçülen değişkenler bağımsız ve bağımlı değişkenler olarak belirlenir.

İyi tasarlanmış bir deney, açık ve test edilebilir bir hipoteze, karşılaştırma için bir temel oluşturacak bir kontrol grubuna, yeterli bir örneklem büyüklüğüne ve yanlılığı en aza indirip doğruluğu en üst düzeye çıkaran bir metodolojiye sahip olmalıdır (Rezba vd., 1995). Deney tasarlandıktan sonra yürütülür ve hipotezin desteklenip desteklenmediğini veya çürütülüp çürütülmediğini belirlemek için veriler toplanır ve analiz edilir. Deneyler, araştırılan bilimsel soruya bağlı olarak birçok şekilde gerçekleştirilebilir: kapalı uçlu, açık uçlu ya da yarı açık uçlu olabilir. Deneyler karmaşık ekipman ve teknoloji kullanımını içerebilir veya sadece temel malzeme ve teknikler kullanılarak nispeten basit olabilir.

Deney yapmak bilim insanları için kritik bir beceridir çünkü hipotezleri test etmelerine ve doğal olayları sistematik ve kontrollü bir şekilde incelemelerine olanak tanır. Eleştirel düşünmeyi ve problem çözmeyi teşvik eder ve bilim insanlarının doğal dünya hakkında daha derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olur. Deney yapma süreci aynı zamanda yeni olguların keşfedilmesine ve yeni teorilerin ve bilimsel bilginin geliştirilmesine de yol açabilir.

2.2.3.4. Değişkenleri Değiştirme ve Kontrol Etme: Değişkenlerin tanımlanması ve kontrol edilmesi, bir deneyin sonucunu etkileyebilecek değişkenlerin belirlenmesini ve deneyin bu değişkenlerin kontrol edileceği veya hesaba katılacağı şekilde tasarlanmasını içeren önemli bir bilimsel süreç becerisidir (Çepni, 2014). Değişkenler, bir deneyin sonucunu değiştirebilen veya etkileyebilen herhangi bir faktördür ve bağımsız, bağımlı veya kontrollü değişkenler olarak kategorize edilebilirler.

Bağımsız değişkenler, bağımlı değişken üzerindeki etkilerini belirlemek için deneyci tarafından manipüle edilen değişkenlerdir. Örneğin, sıcaklığın bitki büyümesi üzerindeki etkisini test etmek için yapılan bir deneyde, sıcaklık bağımsız değişken olacaktır. Bağımlı değişkenler, bağımsız değişkene yanıt olarak ölçülen veya gözlemlenen değişkenlerdir. Bitki büyümesi örneğinde bağımlı değişken bitkilerin boyu olacaktır. Kontrollü değişkenler, sonucu etkilemediklerinden emin olmak için deney boyunca sabit tutulan veya kontrol edilen

değişkenlerdir. Örneğin, bitki büyüme deneyinde toprak türü, güneş ışığı ve su gibi diğer faktörler kontrollü değişkenler olacaktır.

Değişkenleri tanımlamak ve kontrol etmek için bir bilim insanı öncelikle deneyle ilgili değişkenleri belirlemeli ve ardından deneyi bu değişkenleri hesaba katacak şekilde tasarlamalıdır. Bu, bağımsız değişkene maruz kalmayan bir kontrol grubu gibi deneysel kontrollerin veya birden fazla değişkenin sonuç üzerindeki etkilerini hesaba katan istatistiksel tekniklerin kullanılmasını içerebilir. Değişkenlerin tanımlanması ve kontrol edilmesi, bir deneyin sonuçlarının geçerli ve güvenilir olmasını sağladığı için bilim insanları için kritik bir beceridir. Bilim insanlarının gözlemlenen sonuçtan sorumlu olan belirli faktörleri belirlemelerine yardımcı olur ve deneyin diğer araştırmacılar tarafından tekrarlanmasına olanak tanır. Değişkenleri tanımlama ve kontrol etme süreci aynı zamanda eleştirel düşünmeyi ve problem çözmeyi teşvik eder ve bilim insanlarının doğal dünya hakkında daha derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olur.

2.2.3.5. Karar verme: Karar verme, sonuç çıkarmak ve doğal olaylar hakkında bilinçli yargılarda bulunmak için verileri analiz etmeyi ve yorumlamayı içeren kritik bir bilimsel süreç becerisidir (Smith, 2016). Bilimde kararlar deneysel kanıtlara, mantıksal muhakemeye ve eleştirel düşünceye dayalı olarak alınır. Karar verme süreci, verilerin toplanması ve analiz edilmesiyle başlar. Bilim insanları deney, gözlem ve ölçüm gibi çeşitli yöntemlerle veri toplar. Veriler toplandıktan sonra, ne anlama geldiklerini belirlemek için analiz edilmeli ve yorumlanmalıdır. Bu, istatistiksel analiz, modelleme veya verilerdeki kalıpları veya eğilimleri belirlemek için diğer teknikleri içerebilir.

Verilerin analizi ve yorumlanmasına dayanarak, bilim insanları daha sonra araştırılan doğal olaylar hakkında kararlar verebilirler. Bu, değişkenler arasındaki ilişkiler hakkında sonuçlar çıkarmayı, neden-sonuç ilişkilerini tanımlamayı veya gelecekteki olaylar hakkında tahminlerde bulunmayı içerebilir. Bilimde karar vermek, eldeki kanıtların ve farklı hareket tarzlarının olası sonuçlarının dikkatle değerlendirilmesini gerektirir. Bilim insanları aynı zamanda verilerin sınırlılıklarını ve belirsizliklerini ve analizlerindeki önyargı veya hata potansiyelini de göz önünde bulundurmalıdır. Bilim insanları için bilimsel kararlar alabilmek kritik önem taşımaktadır, nitekim bu sayede doğal fenomenleri doğru bir şekilde temsil eden teoriler ve modeller geliştirebilmektedirler. Ayrıca bilim insanlarının ampirik kanıtlara dayalı politika ve uygulama önerilerinde bulunmalarını sağlar. Bilimde karar verme süreci eleştirel düşünmeyi, problem çözmeyi ve yaratıcılığı teşvik eder ve doğal dünyaya dair daha derin bir anlayış geliştirmeye yardımcı olur.

Bu çalışmada da üstün yetenekli ve diğer öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ortaya çıkarılması, ardından her bir bilimsel süreç becerisinin beceri temelli çoktan seçmeli sorular yardımıyla yordanması amaçlanmıştır. Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin doğru şekilde ortaya çıkarılması, başarılı bir yordama yapılması için ön şart olarak kabul edilmektedir. Bu açıdan bilimsel süreç becerilerinin doğru şekilde ölçülmesi ve değerlendirilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Bu nedenle, bu aşamadan sonra akla gelen ilk sorulardan biri bilimsel süreç becerilerinin nasıl ölçüldüğü ve literatüre göre nasıl ölçülmesi gerektiğidir.

2.2.4. Bilimsel Süreç Becerilerinin Ölçülmesi: Bilimsel süreç becerileri, sınıflandırma biçiminden bağımsız olarak kullanılması ve işe vurulması beklenen süreçlerdir. Alanyazın incelendiğinde (Aydoğdu, 2017; Aydoğdu vd., 2012; Bahşi ve Açıkgül Fırat, 2020; Ergül vd., 2011; Fathonah vd., 2018; Gill, 2019; Özçelik, 2019; Özgelen, 2012; Şensoy ve Yıldırım, 2017; Şıvgın, 2019; Smith, 1995; Uysal ve Cebesoy, 2022), çok sayıda araştırmacı bilimsel süreç becerilerinin ölçümü noktasında yalnızca çoktan seçmeli sorulardan yararlanmıştır. Bununla birlikte bilimsel süreç becerilerinin doğası gereği yalnızca çoktan seçmeli sorularla toplanan verilerin yeterli olmayacağı düşüncesiyle açık uçlu sorulardan ve etkinliklerden de yararlanan çalışmalar da mevcuttur (Azizah vd., 2018; Çepni, 2004; Indri vd., 2022; Rezba vd., 1995; Rillero, 1998; Şahin vd., 2018; Serevina vd., 2018; Strong, 2013; Wu, 1994). Bu noktada araştırmaların sınırlılıkları göz önünde bulundurulduğunda varlığını hissettiren asıl sorun ise tüm bu araştırmaların katılımcılarla yüz yüze ve manüel olarak yürütülmesinden dolayı sınırlı sayıda katılımcı ile gerçekleştirilmesi (Leat ve Nichols, 2000), sürdürülebilir olmaması ve öğrencilerin bilimsel ssüreç becerilerinin zamanla değişimi hakkında yorum yapmak için yeterli veri sağlayamaması olarak görülebilir (Bearman vd., 2020; Harlen, 1999; Lederman ve Stefanich, 2007; Paine, 2022; Richardson ve Clesham, 2021; Webb, 2007). Bu sorunların üstesinden gelmek amacıyla, araştırma kapsamında kullanılan ölçeklerin Webb (2007) tarafından geliştirilen uyumsama sürecine göre değerlendirilmesi ve ölçme değerlendirme işleminde yapay zekâdan yararlanılmasının yerinde olacağı düşünülmüştür. Bununla birlikte, fen alanında üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin önemine alanyazında çeşitli vurgular yapılmaktadır (Robinson vd., 2014; Shin ve Lee, 2012; Ülger ve Çepni, 2021). Bu nedenle, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin de ortaya çıkarılması, bunun yanında yapay zekâ yardımıyla yordanarak potansiyel eksikliklerinin tamamlanmasına olanak sağlanmasının da önemli olduğu değerlendirilmiş, bu da üstün yetenekli öğrencileri araştırmanın temel noktalarından biri haline getirmiştir.

2.3. Üstün Yetenekli Öğrenciler

2.3.1. Zekâ, Üstün Zekâ ve Üstün Yetenek Kavramları: Araştırmacılar zekâ üzerinde uzun süredir çalışmalar yapmaktadır. Yapılan tüm bu araştırmalara rağmen zekâ ile ilgili tek bir tanım bulunmamakla birlikte kabul gören tanımlardan biri; "soyutlama, öğrenme ve uyum sağlama yeteneklerinin toplamı olarak ele alınması"dır (Kanlı, 2021). Zekâ aynı zamanda üstün yetenek kavramının önemli bileşenlerinden biridir. Öyle ki üstün zekâlılık başlarda, bireylerin 130'un üzerinde IQ'ya sahip olmaları şeklinde tanımlanırken, modern yaklaşımlar zekânın yalnızca IQ ile belirlenemeyeceğini ileri sürmektedir (Gerrig ve Zimbardo, 2020). Renzulli (2005), üstün zekâlılığın beceri, yaratıcılık ve görev sorumluluğunun etkileşiminden ortaya çıktığını savunmaktadır. Gardner (2006) da bir takım insan deneyimini kapsayan 8 farklı zekâ türü belirlemiştir. Son yıllarda ise araştırmacılar tarafından zekâ ile ilgili gelişimsel yaklaşımlar öne sürülmüş ve zekânın çevresel faktörlerden de etkilendiği benimsenmiştir (Kaufman ve Sternberg, 2008). Tüm bunlardan zekâ ve üstün zekâ kavramına bakış açısının zamanla değiştiği ve farklı yaklaşımların benimsendiği anlaşılmaktadır.

Türkiye'de de 2013 yılına kadar üstün yetenek kavramı ve üstün zekâ kavramı birlikte kullanılırken, 15 Ocak 2013 tarihinde yayınlanan Strateji ve Uygulama Planında ilk defa "özel yetenek" kavramı kullanılmıştır. Bu planda yer alan tanıma göre üstün yetenekli birey "Zekâ, yaratıcılık, sanat, liderlik kapasitesi, motivasyon veya özel akademik alanlarda yaşıtlarına göre yüksek düzeyde performans gösteren birey"dir (MEB, 2013). Bu tanımdan yola çıkarak üstün yetenekli bireylerin belirlenmesinde zekâ düzeyinin yanında birçok farklı gelişim alanının da değerlendirilmeye alınmasının önemli olduğu söylenebilir.

2.3.2. Türkiye'de Üstün Yetenekli Öğrencilere Yönelik Uygulamalar: Türkiye'de üstün yetenekli öğrencilerin tanılama süreci, özel ihtiyaçları olan çocukların belirlenmesi ve tanılanması için Rehberlik ve Araştırma Merkezlerinin (RAM) sorumluluğunu içermektedir (Şahin ve Zorlu, 2022). Bu merkezler, üstün yetenekli öğrencilerin istisnai yetenek ve becerilerine göre değerlendirilmesinde ve tanılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. RAM'lar, tanılama sürecini yürütmekten ve öğrencilerin üstün yetenekliler eğitim programlarına uygunluğunu belirlemekten resmi olarak sorumludur. Tanılama süreci tipik olarak tarama, ölçme ve değerlendirme dahil olmak üzere birden fazla adımı içermektedir (Şahin ve Zorlu, 2022). Başlangıçta, potansiyel üstün yetenekli öğrencileri belirlemek için bir tarama süreci yürütülmektedir. Bu, öğretmen önerileri, veli tavsiyeleri veya fen veya sanat gibi belirli alanlarda olağanüstü performans gözlemlerini içerebilmektedir (Çakır & Kocabaş, 2016). Öğrenciler tespit edildikten sonra, üstün yetenekli olup olmadıklarını belirlemek için

kapsamlı bir değerlendirmeye tabi tutulurlar. Bu değerlendirme zekâ testleri, yaratıcılık testleri ve başarı testleri gibi çeşitli ölçümleri içermektedir (Mammadov, 2019).

Eğitim sisteminde üstün yetenekli tanısı alan öğrencilere yönelik çalışmalar, kaynaştırma modeli ile yürütülmekte ve öğrencilere okullarındaki destek eğitim odalarında ya da BİLSEM'lerde (Bilim ve Sanat Merkezleri) destek eğitim hizmetleri verilmektedir (Çitil, 2018). BİLSEM'lerde genel zihinsel alan, müzik ve görsel sanatlar olmak üzere üç farklı kategoride bireysel değerlendirme yapılmaktadır (Leana Taşçılar, 2021). Öğrenciler bu üç alandan en fazla iki alanda aday gösterilebilmektedirler. Bir öğrencinin hangi alanda aday gösterilirse gösterilsin, sınıf düzeyine uygun sorulardan oluşan grup tarama uygulamasından başarılı olması gerekmektedir (MEB, 2019-2020). Her ne kadar öğrencilerin IQ puanları dışında müzik ve görsel yetenek alanlarındaki performanslarının dikkate alındığı görülse de yapılan uygulamanın diğer zekâ türlerini tanılama açısından yeterli olmadığı söylenebilir (Hodges vd., 2018; Sternberg, 2017). Bunun yanı sıra üstün yetenekli öğrencilerin sosyal-duygusal ve davranışsal gelişimlerinin tanılama sürecinde dikkate alınmadığı görülmektedir (Çitil ve Ataman, 2018). Hem tanılama sürecinde hem de eğitim uygulamalarında, üstün yetenekli tanısı almış öğrencilerin akranlarından farklı gelişimsel özellikleri gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

2.3.3. Üstün Yetenekli Öğrencilerin Özellikleri: Yapılan araştırmalar sonucunda üstün yetenekli öğrencilerin onları yaşıtlarından ayıran farklı gelişimsel özellikler gösterdiği görülmektedir (İnci, 2014). Davidson Institute (2022) üstün yetenekli öğrencilere ait bu özellikler şu şekilde özetlemektedir:

- Bir fikir veya kavramda ustalaşmak için daha az uygulamaya ihtiyaç duyarlar.
- Bilgiyi hızlı bir şekilde öğrenme ve işleme konusunda gelişmiş bir yeteneğe sahiptirler.
- Bütünden parçaya doğru öğrenmeyi tercih ederler.
- Yüksek beklentileri vardır. Bu durum bazen hayal kırıklığına uğramalarına yol açabilir.
- Geniş bir hayal gücü ve farklı ilgi alanları vardır. Bu sebeple kendi akranlarıyla etkileşim kurarken zorlanabilirler.
- Düşünce ve ifadelerdeki farklılıkları takdir edebilirler.
- Soruların cevaplarını sebepleriyle açıklayabilirler.
- Materyalleri yaşıtlarına göre daha üst seviyede kavrayabilirler.
- Erken yaşlarda şaşırtıcı duygusal derinliğe ve hassasiyete sahiptirler.
- Güçlü merak duyguları vardır.
- İlginç ve olgun bir mizah anlayışına sahiptirler.
- Problemleri yaratıcı bir şekilde çözebilirler.
- Kendilerinin ve küresel sorunların farkındadırlar.
- Yüksek adalet duygusuna sahiptirler (Ülger, 2019).

Üstün yetenekli öğrencilerin sahip olduğu bu özellikler dikkate alınarak öğretim ortamlarının düzenlenmesi önemlidir. Aksi durumda öğrencilerin ihtiyaçlarının karşılanmasında yetersiz kalınması ve eğitim ortamlarında çeşitli sorunların ortaya çıkması muhtemeldir.

2.3.4. Fen Alanında Üstün Yetenekli Öğrenciler: Üstün yeteneğin fen alanıyla ilişkisi fen, matematik gibi alanlar daha çok bilişsel ve yaratıcı yeteneklerin yer aldığı yetenek faktörünün etkilediği performans alanları içerisinde incelenmektedir. Fen alanında üstün yeteneği açıklamak için ise öncelikle üstün yeteneğin boyutu olan zihinsel beceri ve ardından özel akademik yeteneği irdelemek gereklidir. Çünkü fen alan özellikleri, matematik ve okuma alan özellikleri ile beraber özel akademik yetenek boyutu altında yer almaktadır (Reis ve Hausand, 2008). Fen alanında ise, bu genel karakteristik özelliklere ek olarak, Renzulli ve diğerleri (2002), "bilimsel süreçlere meraklı olma, bilimsel problemler hakkında yaratıcı düşünme, bilimsel tartışma konularına karşı istek/heves duyma, bilimsel olayların veya nesnelerin neden öyle olduklarını merak etme, boş zamanlarında bilimsel konular hakkındaki yazıları okuma, bilimsel proje veya araştırmalara ilgi duyma ve açık bir şekilde veri analizi yapabilme" özelliklerini fen alanında üstün yetenek davranışları olarak belirtmektedirler (Reis ve Hausand, 2008 s.69). Belirtilen bu temel özelliklerin yanında farklı araştırmacılar, odak noktası aynı olan tanımlamalar yapmış, fakat genel olarak kabul gören tek bir tanım üzerinde fikir birliği oluşmamıştır. Bunun sebebi yapılan tanımlamaların farklı üstün yetenek modellemeleri/teorik çerçeveleri üzerinden yapılmış olmasıdır. Kaufman ve Sternberg (2008) üstün yeteneklilik kavramının zamana ve yere bağlı olarak değişen geniş bir kavram olduğunun altını çizmişlerdir. Hatta üstün yeteneklilik motivasyon, yaratıcılık, zekâ ve göreve adanmışlık gibi özel becerilerin sentezi ile oluşan geniş bir kavramdır. Tabloda bilimsel muhakeme temeli kapsamında fen alanında üstün yeteneklilik özellikleri sentezlenmiştir.

Tablo 3

Fen alanında üstün yetenekli öğrencilerin özellikleri

Kavramsal anlayış
Bilimsel bulguları bir durumdan diğerine uygular
Bilimsel olayların nasıl ilişkili olduğunu anlar
Bilim Bilgisi
Bilim ile ilgili konuları araştırmak ve araştırmaktan zevk alır
Bilimsel Süreç Becerileri Bilimsel süreci anlar
Olayları yakından gözlemler, ayrıntıları fark eder

Kanıtlara dayanan sağlam hipotezler formüle eder
Zihin Alışkanlıkları: Merak, Kritik ve Yaratıcı Düşünme
Dünyanın nasıl çalıştığı hakkında merak duyar
Analitik soruları sorar (örneğin, bir problemin unsurları veya bölümleri ile ilgili sorular)
Tümdengelimli akıl yürütmede etkilidir (yani, büyük fikirle başlar ve parçalara ayırır)
Sebep-sonuç ilişkilerini hızlı bir şekilde belirler
Yeni ilişkiler kurmak için bileşenleri kolayca yönetir
Bilim araştırmalarını kendi başlarına başlatır
Bilimsel soruşturma yürütmekte ısrarlı olur

Kaynak: (Bland vd., 2010; National Research Council, 2000; Subotnik vd., 2010)

Tablo 3, fen alanında üstün yetenekli öğrencilerin özelliklerini özetlemektedir. Bu özellikler, kavramsal anlayış, bilim bilgisi ve zihin alışkanlıklarını kapsamaktadır. Kavramsal anlayışa yönelik olarak, üstün yetenekli öğrenciler, bilimsel bulguları bir durumdan diğerine uygulayabilirler ve bilimsel olayların nasıl ilişkili olduğunu anlayabilirler. Bilim bilgisi açısından, bu öğrenciler bilimle ilgili konuları araştırmayı sevmekte ve bilimsel süreç becerilerini anlamaktadırlar. Ayrıca olayları yakından gözlemler ve sağlam hipotezler formüle edebilirler. Zihin alışkanlıkları açısından, üstün yetenekli öğrenciler dünyanın nasıl çalıştığına yönelik merak duyarlar ve analitik sorular sorabilirler. Tümdengelimli akıl yürütme becerilerine sahip oldukları için büyük fikirle başlar ve parçalara ayırarak sebep-sonuç ilişkilerini hızlı bir şekilde belirleyebilirler. Yeni ilişkiler kurmak için bileşenleri kolayca yönetebilirler ve bilim araştırmalarını kendi başlarına başlatarak bilimsel soruşturma yürütmekte ısrarlı olurlar. Bu özellikler, üstün yetenekli öğrencilerin öğrenme ve keşfetme yolculuklarında önemli bir rol oynar. Onların zihin alışkanlıkları, yaratıcı düşünme ve eleştirel analiz yapma becerileri sayesinde, bilimde ve teknolojide yeni keşifler ve yenilikler yapabilirler. Öğretmenler, bu özellikleri fark ederek, bu öğrencilerin potansiyellerini tam olarak kullanmalarına yardımcı olabilirler. Üstün yetenekli öğrenciler bilimde mükemmel olma potansiyeline sahiptir ve bilimsel süreç becerilerini geliştirmek, tam potansiyellerine ulaşmalarına yardımcı olmanın önemli bir parçasıdır. Bu bölümde üstün yetenekli öğrenciler için bilimsel süreç becerilerinin önemi üzerine odaklanılacak ve bu becerileri değerlendirmek için kullanılan yöntemler tartışılacaktır.

Bilimsel süreç becerileri, üstün yetenekli öğrencilerin bilimde başarılı olmaları için gereklidir. Bu beceriler, bilimle ilgili olguları sorgulamak gibi zihinsel risk almayı ve eleştirel düşünme ve sorunları çözme becerisini içerir. Birçok araştırma üstün yetenekli öğrencilerin bu

davranışları sergilediğini ve bu becerileri geliştirmenin onların bilimdeki başarıları için önemli olduğunu göstermiştir (Watters ve Diezmann, 2003). Üstün yetenekli öğrenciler, akademik başarıları ve gelecekteki kariyer beklentileri için önemli olan bilimsel süreç becerilerini geliştirmekten yararlanırlar. Bilimsel süreç becerileri, hipotez kurmayı, fiziksel dünyayı manipüle etmeyi ve verilerden akıl yürütmeyi içerir (Zirkelbach, 2011). Bu beceriler, dünyanın dört bir yanındaki Bilim Deney Merkezlerinde bulunabilen farklılaştırılmış fen dersleri aracılığıyla geliştirilebilir (Watters ve Diezmann, 2003). Ek olarak, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel yaratıcılığını belirlemek için proje tabanlı etkinlikler kullanılabilir (Karademir, 2016). Bilim ayrıca güven oluşturmaya, iletişim becerilerini geliştirmeye ve çevremizdeki dünyayı anlamlandırmaya yardımcı olur (Walden University, 2023). Bu nedenle, üstün yetenekli öğrencilerin akademik ve mesleki arayışlarında başarılı olabilmeleri için bilimsel süreç becerilerini geliştirmeleri önemlidir.

Üstün yetenekli öğrencilerde bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesi çeşitli yöntemlerle yapılabilmektedir. Farklılaştırılmış fen derslerinde üstün yetenekli öğrencilerin becerilerini değerlendirmek için bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesine yönelik bir uyarlama çalışması kullanılabildiği gibi (Ülger, 2021), bilimde üstün yetenekli öğrencilerin belirlenmesi, okuma ve matematik testleri gibi standartlaştırılmış testler ve öğretmen gözlemleri kullanılarak yapılabilmektedir (Zirkelbach, 2011).

Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesi, onların bilişsel yetenek ve becerilerini ölçen testler ve değerlendirmeler yoluyla yapılmaktadır. Farklılaştırılmış Bilişsel Test (DCT) (Ceran ve Ates, 2020) ve Bilimsel Süreç Becerileri Testi (SPST) (Ülger, 2021) gibi diğer testler de üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ölçmek için kullanılabilir. Bununla birlikte, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi hususunda üstün yetenekli olmayan öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçümünde geçerli olan zaman, kullanışlılık ve öğretim programı kazanımlarında yeterince açık bir şekilde vurgulanmamasından kaynaklı sınırlılıklar geçerliliğini korumaktadır. Bu nedenle üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin belirlenmesi için daha kullanışlı bir araç gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın temel hedefi, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmek ve değerlendirmek için uygun bir model veya yöntem geliştirmektir. Bu amaca ulaşmak için öncelikle üstün yetenek kavramı ve fen alanındaki özel akademik yetenek boyutu incelenmiştir. Literatürde yapılan tanımlamalar ve araştırmalar, üstün yetenekli öğrencilerin fen alanında belirli davranış ve özelliklere sahip olduklarını ortaya koymaktadır (Bland vd., 2010; Kwon ve Kim, 1994; Ülger ve Irving, 2019). Bununla birlikte, üstün yetenekli

öğrencilerin tanımlanması ve becerilerinin ölçülmesi konusunda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu çalışmanın fen alanında üstün yetenekli öğrencilerin eğitimi alanına katkısı, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini değerlendirmek için farklı yöntemlerin incelenmesidir. Bu kapsamda üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin beceri temelli çoktan seçmeli sorular yardımıyla yordanarak, yapay zekâ yardımıyla gerekli dönütlerin sağlanması amaçlanmaktadır. Bu noktada beceri temelli çoktan seçmeli soruların bilimsel süreç becerilerini mümkün olduğunca iyi yordayabilmeleri, bu standartlar ile ölçekte kullanılan maddeler arasındaki uyumun sağlanması ön şartına bağlıdır (Ceran ve Ates, 2020; Sibic ve Sesen, 2022). Bu şartın sağlanması amacıyla standartlar ile değerlendirme arasındaki uyumun güçlü bir şekilde ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu nedenle Webb tarafından 1997 yılında geliştirilmiş ve daha sonra güncellenmiş olan uyumsama sürecinin (Webb, 1997, 2007) kullanılmasının uygun olduğu değerlendirilmiş, bu süreç detaylarıyla bir sonraki alt başlıkta açıklanmıştır.

2.4. Webb'in Uyumsama Süreci

Uyumsama süreci, değerlendirme sürecinde gözlenmesi beklenen öğrenme çıktıları için belirlenmiş standartlar ile ölçme aracı arasında bir birliktelik ve örtüşmenin varlığını yordama biçimidir (Webb, 2005). Başka bir deyişle uyum, değerlendirme sonuçlarına dayalı olarak öğrencilerin ders hedeflerine ulaşmaları hakkında geçerli çıkarımlar yapılabilmesi için bir ön koşuldur. Uyum, bir değerlendirme ile bir dizi standart arasındaki ilişkinin bir özelliği olduğundan, uyumun istenenden daha az olduğu tespit edilirse ya değerlendirmeler ya da standartlar seti değiştirilerek uyum iyileştirilebilir. Sonuç olarak, uyum çalışması sonuçları uygulanan bir programın geçerliliğinin sağlanmasına katkıda bulunabilir ve/veya yapılabilecek iyileştirmeler hakkında bilgi verebilir (Webb, 2007). Bu süreç, ölçülmek istenen standartlar ile ölçme aracı arasındaki uyumun geçerli ve güvenilir olmasını tesis eden, sistemli bir yapı sağlaması nedeniyle etkili bir yöntem olarak düşünülebilir. Webb uyumsama sürecinde dikkate alınan kriterler ve izlenmesi gereken adımlar aşağıda açıklanmıştır.

2.4.1. Kategorik Birlik Ölçütü: Kategorik uyum kriteri, çok genel olmakla birlikte önceden belirlenmiş ve kazanılması beklenen standartlar ve bu standartlara ulaşılma düzeyinin içerik bakımından değerlendirilmesi arasındaki uyumu değerlendirerek bir uyum göstergesi sağlar (Akbulut ve Çepni, 2013). Bu kriterin bu çalışma için sağlanması amacıyla uzman görüşleri alınarak belirlenen bilimsel süreç becerilerinden her birinin test içerisinde var olma durumu ortaya çıkarılmalıdır. Bu süreç sonucunda standartlar ve değerlendirme arasındaki uyumun en az %60 olması, ölçütün sağlandığı şeklinde yorumlanmakta, uyumun %70 ve

üzerinde çıkması ise yüksek bir kategorik birlik görüldüğü şeklinde yorumlanmaktadır (Webb, 2007).

2.4.2. Bilgi Tutarlılığının Derinliği Ölçütü: İçerik uyumunun yanı sıra, standartlar ve değerlendirme arasındaki uyum bilginin karmaşıklığı boyutundan da uyumlu hale getirilmelidir. Standartlar ve değerlendirme arasındaki bilgi tutarlılığının derinliği, öğrencilerden beklenen standartların zorlayıcılığı ile değerlendirmenin zorlayıcılığının uyumlu olmasını gerektiren bir ölçüttür (Brookhart, 2010). Bu ölçütün sağlanması, kazanımın gerektirdiği zorluk ile ölçek maddelerinin zorluğu arasındaki uyumun sağlanmasına dayanır. Bu nedenle değerlendirmede kullanılan maddelerin en az %50'sinin kazanımın gerektirdiği bilgi derinliği seviyesinde ya da daha yüksek bir seviyede olması gerekir. Eğer standardın kazanımların bilgi derinliğini karşılama düzeyi %40 ile %50 arasında ise, bilginin derinliği kriterini karşılama düzeyinin "zayıf" olduğu kabul edilmektedir. Bilgi derinliğinin seviyeleri ise aşağıdaki dört düzeyde incelenmektedir (Webb, 2007).

2.4.2.1. Seviye 1- Hatırlama (Duyarlılık): Bu seviye öğrencilerin gerçekleri, terimleri, kavramları, eğilimleri, genellemeleri ve teorileri hatırlamalarını ister. Öğrencilerin haritalarda, çizelgelerde, tablolarda, grafiklerde ya da diğer görsellerde yer alan belirli bilgileri tanımasını veya tanımlamasını gerektirebilir. Bu seviye, genellikle öğrencilerin tanımlamasını, listelemesini veya açıklamasını gerektirir. Bu seviyedeki değerlendirme maddeleri genellikle öğrenciden kimi, neyi, ne zaman ve nerede hatırlamasını ister. Öğrencilerin "tanımlamalarını" ve "açıklamalarını" gerektiren maddeler, neyin anlatılacağına ve açıklanacağına bağlı olarak seviye 1 veya 2 olarak sınıflandırılabilir. Öğrencilerin belirli bir materyal üzerindeki bilgileri hatırlamasını gerektiren etkinlikler seviye 1 olarak değerlendirilir. Bu seviyeyi ifade eden anahtar kelimeler arasında "tanımlama", "hatırlama", "tanıma", "kullanma" ve "ölçme" yer almaktadır (Webb, 2015). Bu seviyede öğrencilerin işlevi zihinsel süreçlerden arınıktır ve yalnızca bir tarifin adım adım takip edilmesi, var olan bilginin tekrarlanması gibi süreçleri değerlendirir.

2.4.2.2. Seviye 2- Beceri/Kavram (Skill/Concept): Bu seviye bir hatırlama tepkisinin ötesinde bazı zihinsel işlemlerin sürece dahil olmasını içerir. 2. seviyedeki bir değerlendirme maddesi, öğrencilerin probleme ya da etkinliğe yaklaşımları konusunda bazı kararlar vermesini gerektirir. Bu seviyedeki işlev ve etkinlikler genellikle birden fazla adımdan oluşurlar. Öğrencilerin bu seviyede sınıflandırma ya da sıralama yapması, bilgileri ve verileri bir formattan başka bir formata dönüştürmesi, sorunları kendi sözcükleriyle ifade etmesi, neden-sonuç ilişkilerini, etki ve önemi, ilişkileri ve bakış açılarını anlaması ve tarif etmesi beklenebilir. Bu seviyedeki "açıklama" veya "tanımlama" birinci seviyeden farklı olarak öğrencilerin

nedenleri ve nasılları açıklaması için hatırlanan bilginin üzerinde yorumlar yapabilmesini gerektirir (Webb, 2007).

Bu seviyeyi ifade eden anahtar kelimeler arasında "sınıflandırma", "düzenleme", "sıralama", tahmin etme", "veri toplama ve verileri ifade etme", "verileri karşılaştırma", "verileri yorumlama" sayılabilir. Basit bir grafikten alınan verilerin yorumlanması da ikinci seviye bilgi derinliği olarak sınıflandırılır (Webb, 2015).

2.4.2.3. Seviye 3- Stratejik Düşünme (Strategic Thinking): Bu seviye akıl yürütme, planlama, kanıt sunma ve önceki iki seviyeden daha yüksek bir düşünme seviyesi gerektirir. Çoğu durumda öğrencilerin düşünme biçimlerini açıklamaları ya da düşünce süreçleri içerisinde varsayımlarda bulunmaları da bu seviyede değerlendirilir (Webb, 2007). 3. seviyede gereksinim duyulan bilişsel süreçler karmaşık ve soyuttur. Fakat bu karmaşıklık ilk iki seviyede olduğu gibi birden fazla olası cevabın varlığından değil, düşünme sürecinin ve muhakemenin daha zorlayıcı bir süreç gerektirmesinden kaynaklanmaktadır (Webb, 2007; 2015). Gözlemlerden sonuçlar çıkarma, kanıt sunma ve kavramlar için mantıklı bir argüman oluşturma, olguları kavramlar çerçevesinde açıklama ve kavramları problem çözmede kullanma da seviye 3 içerisinde değerlendirilmektedir.

2.4.2.4. Seviye 4- Genişletilmiş Düşünme (Extended Thinking): Bu seviye diğerlerine nispeten daha geniş bir sürece yayılmış daha kompleks bir muhakeme, planlama, geliştirme ve düşünme içerir. Fakat geniş bir sürece yayılmış olması -eğer önemli seviyede bir üst düzey kavramsal anlama ya da düşünme gerektirmiyorsa- tek başına bu seviyenin bir göstergesi olamaz (Webb, 2015). Örneğin bir öğrenci bir ay boyunca her gün bir nehrin sıcaklığını ölçer ve bir grafik oluşturursa bu süreç seviye 2 olarak değerlendirilir. Fakat öğrenci nehri bir ay boyunca farklı değişkenler açısından inceler ve bu değişkenleri kullanarak bir sonuca ulaşırsa o zaman bu süreç seviye 4 olarak değerlendirilir (Webb, 2015).

4. seviyede işlevleri gerçekleştirebilmek için gereken zihinsel süreçler üst düzey ve karmaşık yapıda olmalıdır. Öğrencilerin çoklu değişkenler arasında bağlantı kurmaları, fikirlerini içerik alanıyla ilişkilendirmeleri ve durumun çözümlenebilmesi için birden fazla yöntem arasından doğru yöntemi seçebilmeleri gerekmektedir. Bu seviyede değerlendirilen süreç ve işlevlere deney tasarlama ve yapma, hipotezler geliştirme ve kanıtlama, bulgular ve ilgili oldukları kavram ya da olgular arasında bağlantılar kurma, deneysel tasarımları değerlendirme gibi üst düzey süreçler örnek olarak gösterilebilir (Webb, 2015).

2.4.3. Bilgi Uygunluk Aralığı Ölçütü: Bu ölçüt standartlar ile değerlendirme arasındaki uyumu inceler ve her ikisinin aralıklarının ne kadar uyumlu olduğunun bir göstergesidir. Bilgi aralıklarının uygun olması, standartlarda belirtilen kazanımların en az

%50'sinin değerlendirme maddelerinde temsil edilmesiyle sağlanır. Bu nedenle bu ölçütün sağlanması hesabında öğretim programındaki kazanımların ve testte bulunan maddelerin sayıları dikkate alınır (Webb, 2007).

İdeal olarak, öğrencinin değerlendirmede her bir standartla ilgili en az bir soruyu doğru yanıtlaması gerekecektir. Fakat bu durum hem ölçülmesi gereken kazanımların fazla olmasından hem de sorulabilecek soru sayılarının sınırlı olmasından dolayı her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda öğrenmelerin ölçülmesi için kazanımların en azından yarısının test maddelerinde temsil edilmesinin "yeterli" sayılacağı, bu temsilin %40-%50 arasında olması durumunda ise ölçütün "zayıf" bir şekilde karşılandığı şeklinde yorumlanacağı belirtilmektedir (Webb, 2005).

2.4.4. Temsilin Dengesi Ölçütü: Standartlar arasında bazılarının öğrencilere kazandırılması, diğerlerine göre daha önemli olabilmektedirler. Bu nedenle bilginin derinliği ve genişliği ölçütlerine ek olarak, standartlar ve değerlendirmeler arasındaki eşleşmelerin daha fazla önemsenen ya da vurgulanan kazanımlar üzerindeki temsilinin de uygun şekilde dengelenmesi gerekmektedir (Webb, 2005). Temsilin dengesi ölçütü, hangi kazanımların değerlendirme içerisinde diğerlerine göre ne derecede önemsendiğini ya da vurgulandığını ortaya çıkaran ve böylelikle uyumsandığını kanıtlayan bir ölçüttür.

Değerlendirme maddelerinin dağılımlarına bakmak için bir gösterge değeri kullanılır. Bu gösterge değeri yalnızca en azından bir maddede ölçülen standartların kazanımlarını dikkate alır (Webb, 2007). Gösterge değeri, kazanımlar ve değerlendirmede temsil edilen kazanımlar arasındaki fark göz önünde bulundurularak hesaplanır. Bu değerin 1 olması mükemmel dengeyi ve her standardın eşit miktarda ölçüldüğünü gösterir. Sıfıra yaklaşan bir gösterge değeri ise değerlendirme maddelerinin çoğunun bir-iki kazanım etrafında yoğunlaştığını ve temsil dengesinin sağlanamadığını ifade edecektir. Gösterge değerinin .7 ve üstünde olması, temsil dengesinin yeterince sağlandığını; .6 ve .7 arasında olması için bu dengenin zayıf bir şekilde sağlandığını gösterir (Webb, 2007).

Bu çalışmada ise Webb uyumsama süreci hem çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi için, hem de çoktan seçmeli beceri temelli sorular için uygulanmıştır. Bu sayede bilimsel süreç becerileri için yapılan ölçümler ve beceri temelli sorular ile yapılan yordamanın ölçülmek istenen ana standart olan bilimsel süreç becerileri ile uyumlu olduğunu göstermek amaçlanmıştır. Webb'in uyumsama sürecindeki adımların her biri bu bağlamda uygulanmış ve ölçeklerde bulunan maddelerle bilimsel süreç becerilerinin uyumu incelenmiştir. Bunun yanı sıra, yapay zekâ yardımıyla yapılan bilimsel süreç becerisi yordamaları ile öğrencilerin ölçülen

bilimsel süreç becerileri arasında da uyum için kategorik birlik ölçütü kullanılmış, buna göre %60 üzeri uyum yeterli, %70 üzeri uyum ise yüksek düzeyde bir uyum olarak kabul edilmiştir (Webb, 2007).

Uyumsaması sağlanmış ölçek maddelerinin bilimsel süreç becerisi standartlarını yordama düzeylerini incelemek amacıyla, yapay zekâ yardımına başvurulmuştur. Bu nedenle yapay zekâ ve özellikle de eğitimde ve ölçme değerlendirmede kullanımı, araştırmanın temel kısımlarından birini oluşturmaktadır. Bu konuya daha geniş bir perspektiften bakılabilmesi amacıyla, bir sonraki bölümde yapay zekâ alanının araştırma ile ilgili kısmı detaylarıyla açıklanmıştır.

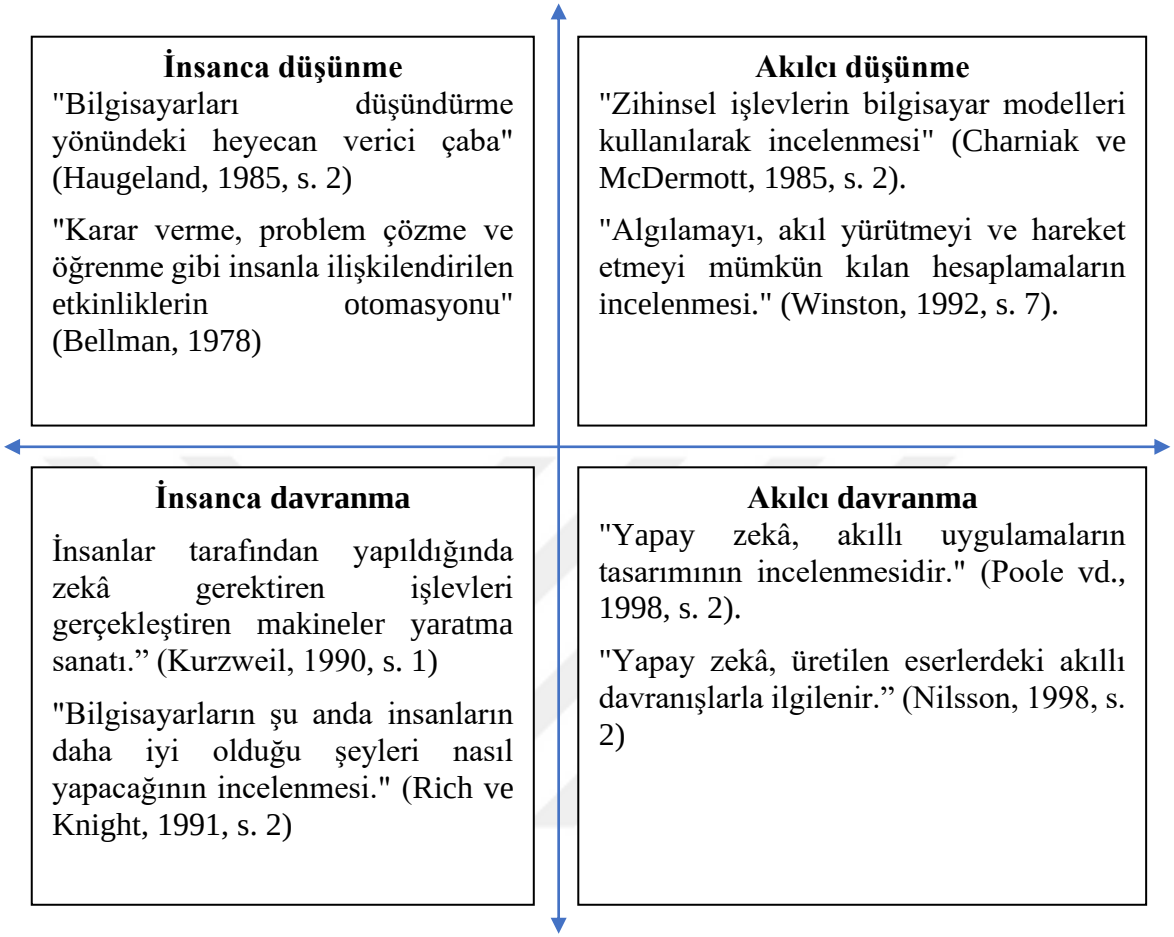
2.5. Yapay Zekâ

Yapay zekâ kavramı, tüm dünyada üzerindeki ilgiyi her geçen gün daha da artıran bir kavram olarak dikkat çekmektedir. Özellikle son on yılda yapılan çalışmalar ve üretilen teknolojilerdeki gelişmeler bu ilgi artışının temelini oluşturmaktadır (Sánchez-Prieto vd., 2020). Yapay zekâların hayatımızın pek çok bölümüne dahil olduğu (Deepak, 2013; Diwanji vd., 2018; Richardson ve Clesham, 2021), bazı kararlarımızı etkilediği (Nabiyev ve Erümit, 2020), kimi işlemleri kolaylaştırdığı (Erkalan vd., 2012; Knox vd., 2019; Müller vd., 2004; OECD, 2019a) gibi bazı durumlarda etik tartışmalara yol açtığı (Nabiyev ve Erümit, 2020) da düşünülmektedir.

Yapay zekâ kavramı, düşünürler tarafından farklı şekillerde ele alınmış ve tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar dört kategoriden oluşan bir ızgara yardımıyla, Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2

Dört kategoride yapay zekâ tanımları (Russell ve Norwig, 2014).



Buna göre yapay zekâ, insana benzer/yakışır ve akılcı şekilde davranan ya da düşünen makine ve yazılımları tarif eder. Yapay zekânın insanca düşünmesini önemseyen araştırmacılar (Bellman, 1978; Haugeland, 1985) ile akılcı düşünmesine vurgu yapan (Charniak ve McDermott, 1985; Winston, 1992) araştırmacılar makinelerin düşünmesi; insanca davranmaya (Kurzweil, 1990; Rich ve Knight, 1991) ve akılcı davranmaya (Nilsson, 1998; Poole vd., 1998) vurgu yapan araştırmacılar ise makinelerin davranışlarına vurgu yapan bir paradigma ile konuya yaklaşmaktadır. Bu bakımdan nitel ve nicel paradigmaların davranışçı ve bilişsel felsefelerin temelleriyle bu alanda da etki gösterdiği söylenebilir.

Yapay zekâ teknolojileri temellerini Turing (1950) testi adı verilen insanca davranışa dayanan bir yaklaşıma dayandırır (Russell ve Norwig, 2014). Turing testi, bir makinenin insanca kararlar verebilme yeteneğini ölçen ve bu ölçüm sonucunda insan kararıyla makine kararı arasındaki farkı değerlendiren bir testtir (Turing, 1950). Eğer test makine ile insan kararını birbirinden ayırt edemezse, bu durum makinenin insanla aynı zihinsel faaliyeti gösterebildiği anlamına gelir.

Yapay zekâ uygulamaları günümüzde farklı yöntem ve yaklaşımlara çalışmaktadır. Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme kavramlarını da içine alan daha geniş bir çerçeve olarak ele alınmaktadır. Bu ilişki Şekil 3'te görselleştirilmiştir.

Şekil 3

Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme ilişkisi (Nabiyev ve Erümit, 2020).



Yapay zekâ kavramı insan davranışlarını taklit eden her türlü bilgisayar işlemini kapsarken, makine öğrenmesi bilgisayarların istatistiksel yöntemlerden yararlanarak deneyimlerle kendilerini geliştirdikleri yapay zekâ tekniklerine verilen isimdir (RapidMiner, 2022). Derin öğrenme ise çok katmanlı sinir ağları kullanılarak makinelerin kendi kendilerine öğrenmelerini sağlayan makine öğrenmesi yapılarıdır (Nabiyev ve Erümit, 2020). Makine öğrenimi, bilgisayarların verilerdeki kalıpları bulmasını ve bunları en uygun davranışa dönüştürmesini sağlayan algoritmalara dayalı olarak çalışır. Makine öğrenimi algoritmaları, model olarak önceden belirlenmiş bir denkleme dayanmadan doğrudan verilerden bilgi öğrenmek için çeşitli hesaplama teknikleri kullanır. Makine öğrenimi algoritmaları, yeni veriler kullanılabilir hale geldikçe performanslarını uyarlamalı olarak artırabilir; buna model esnekliği denir (RapidMiner, 2022). Makine öğrenmesi teknikleri, insan denetimine tabi olma durumlarına göre üç sınıfta incelenmektedir (Kaelbling vd., 2020).

Şekil 4

Makine öğrenmesi tekniklerinin gruplandırılması.

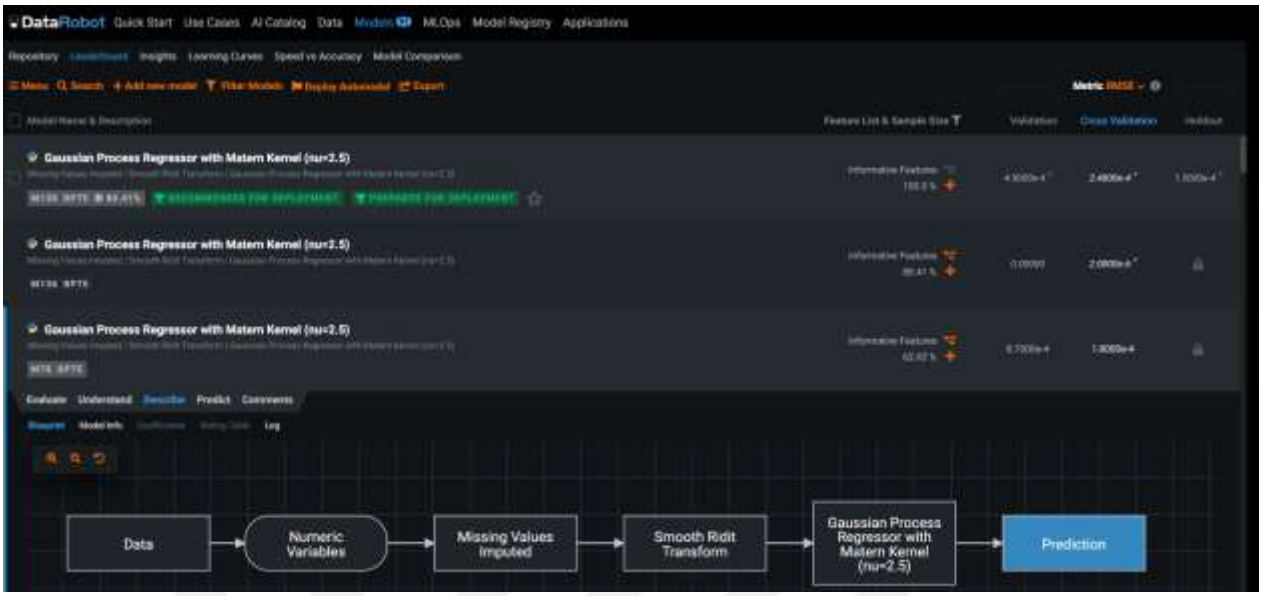


Bu teknikler denetimli (etiketli), denetimsiz (etiketsiz) ve desteklenmiş öğrenmedir. Bu üç teknik, makine öğrenmesi yoluyla çözülmek istenen problemin türüne göre farklı durumlarda ve farklı yöntemlerle kullanılabilir. En sık görülen problem türleri ise sınıflama, kümeleme, regresyon ve boyut azaltma türü problemlerdir. Bu problemleri çözmek için geliştirilebilecek olan makine öğrenme algoritmaları, pek çok farklı yönteme göre çalışabilir (Cope vd., 2020; Deepak, 2013; Kim vd., 2020; Müller vd., 2004; RapidMiner, 2022; Sánchez-Prieto vd., 2020; Winston, 1992).

Kullanılan yöntemin seçilmesi ve değerlendirilmesi, problemin olabildiğince doğru bir şekilde çözülebilmesi açısından büyük önem taşır. Bu önem kendini "Yapay zekâ ile verdiğimiz karara ne kadar güvenebiliriz?" sorusunda göstermektedir (Zewe, 2022). Günümüzde kullanılabilirliği hızla artan Web 3.0 uygulamaları, bu konuda önemli enstrümanlar sunmaktadır. Kullanılan veriler üzerinden yordanması istenen değişkene göre yüzlerce yöntem ve teknik içerisinden en kullanışlı olanını seçmeye yardımcı olan DataMiner, DataRobot, Google AutoML, BigML, Weka, MLBase, Orange gibi yazılım ve uygulamalar; verileri bünyelerinde bulundurdukları farklı programlama dillerinde yazılmış olan onlarca yapay zekâ algoritmasından her birine göre tek tek deneyerek, sonuçların güvenilirliğini çeşitli istatistiksel yöntemlere göre gösteren sistemlerdir. Örneğin DataRobot uygulaması, verileri işlemede kullanılan her bir yöntemin deseni, değerlendirmesi ve yordama geçerliliği gibi pek çok özelliğini görsel olarak sunan özelliklere sahiptir.

Şekil 5

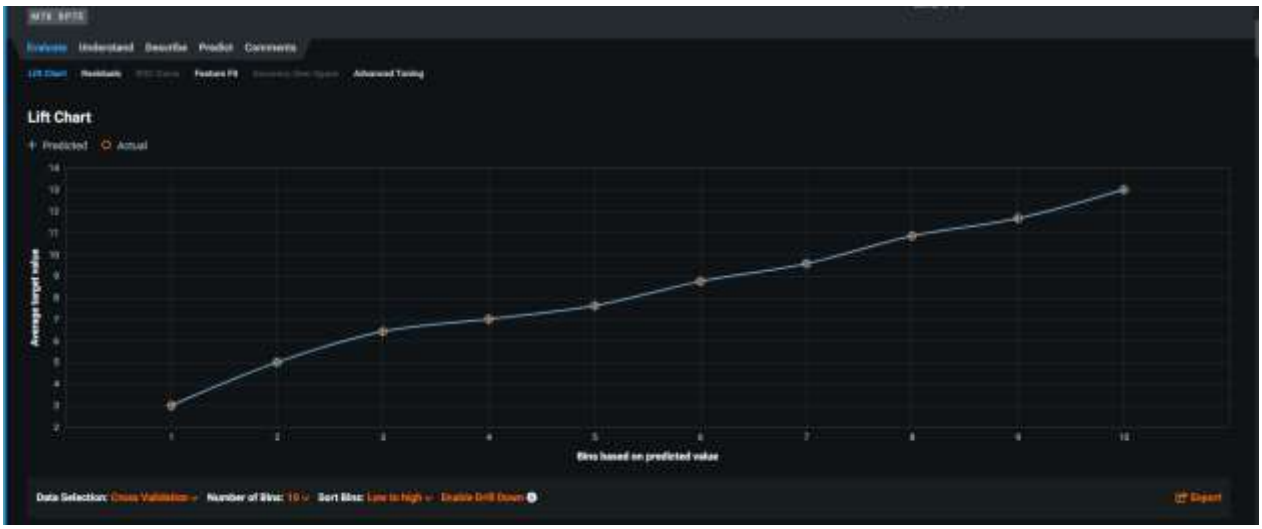
DataRobot uygulamasına ait örnek bir ekran görüntüsü



Şekil 5, DataRobot uygulamasında eğitilen farklı makine öğrenmesi modellerinin değerlendirilmesini gösteren bir ekran görüntüsünü içermektedir. Görselde "models" kısmında görüldüğü üzere bu uygulama 98 farklı makine öğrenmesi modelini eğiterek karşılaştırma imkânı sunması özelliği ile öne çıkmaktadır.

Şekil 6

DataRobot ile seçilen bir makine öğrenmesi yönteminin yordama geçerliliğinin değerlendirilmesi örneği

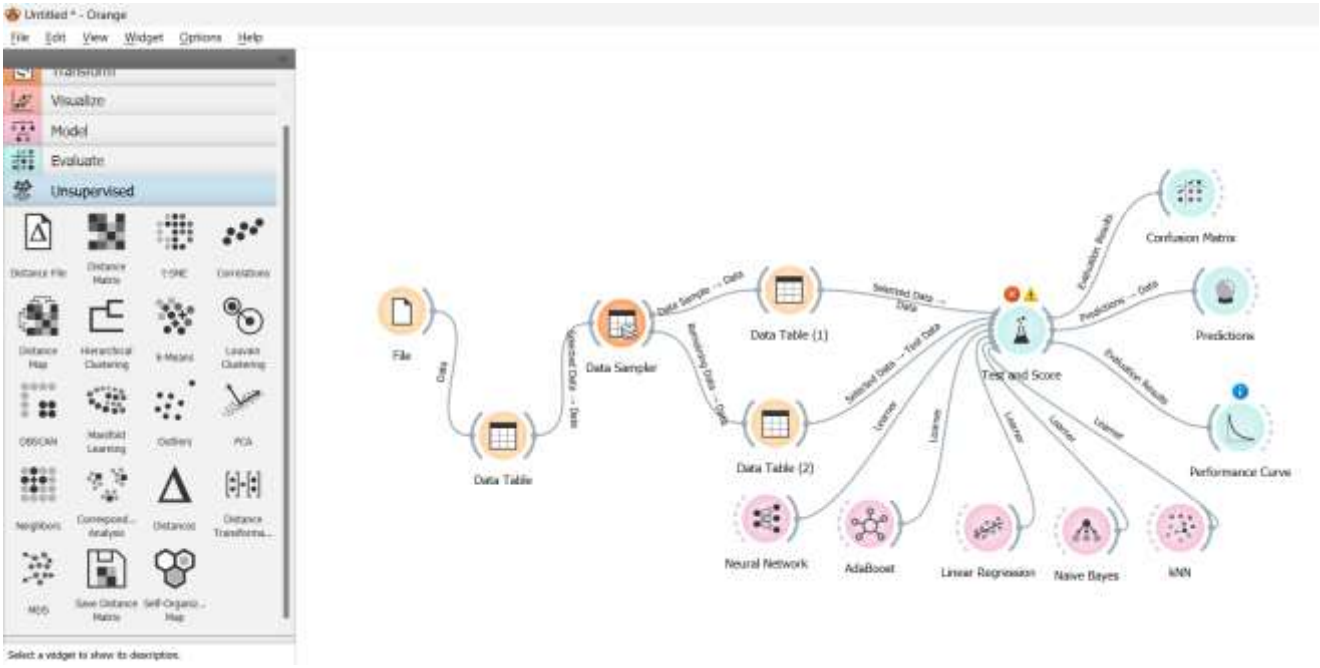


Şekil 6 ise DataRobot uygulamasında geliştirilen bir makine öğrenmesi modelinin değerlendirilmesi amacıyla verilerin ne kadar doğru tahmin edildiğini görselleştiren bir grafiği göstermektedir.

Bunun yanında Orange yazılımı da veri madenciliği işlevlerinin yanı sıra farklı modellerde makine öğrenmesi ve derin öğrenme uygulamaları oluşturulmasına izin veren açık kaynaklı bir yazılımdır. Açık kaynaklı yazılım olması uygulamanın ücretsiz olması, kişisel veri toplamaması, kodlarının herkesçe geliştirilebilir olması gibi sebeplerden dolayı çeşitli avantajlara sahiptir. Orange yazılımı ile makine öğrenmesi konusunda sınıflama, regresyon ve derin öğrenme alanlarında toplam 33 farklı model geliştirilebilir. Bazı örnekler şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7

Orange yazılımı ile geliştirilmiş farklı makine öğrenmesi modelleri örneği.



Şekil 7, Orange yazılımı kullanılarak yapılan bir makine öğrenme model geliştirme sürecini göstermektedir. Bu şekilde görüldüğü üzere toplanan veriler "Data Sampler" yardımıyla eğitim verisi ve test verisi olarak ayrılmakta, ardından eğitim verisi "yapay sinir ağı, Adaboost, doğrusal regresyon, naive bayes ve k yaklaşan komşular" teknikleri ile model geliştirilmesi için kullanılmakta, test verisi olarak ayrılan veriler ise geliştirilen bu modellerin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Test sonucu değerlendirmeler ise hata matrisi ve test değerleri alanlarından görüntülenebilmekte, yapılan yordamalara ise "predictions" ekranından erişilebilmektedir.

Bu uygulamalar yardımıyla kullanılan tekniği ve üretilen algoritmayı farklı istatistiksel yöntemlerle değerlendirerek, sonuçların tutarlılığı, geçerliliği ve güvenilirliği hakkında yorum

yapmak kolaylaşmaktadır. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmalarında en sık kullanılan yöntemlerden biri hata (karışıklık) matrisidir. Bu matris, yapılan tahminlerin gerçek değerlere göre ne kadar doğru ve hatalı olduğunu ortaya koymayı sağlar. Örnek bir matris Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Örnek bir hata matrisi.

N=500	0	**Tahmin** 1	Toplam
1 Gerçek 0	**Doğru negatif (TN)** 150	**Yanlış pozitif (FP)** 100	250
	Yanlış negatif (FN) 50	**Doğru pozitif (TP)** 200	250
Toplam	200	300	500

Bu matrisin yorumlanması için öncelikle tanımların yapılması gerekir. Doğru negatif değerler, gerçek değeri 0 olan ve algoritmanın da 0 olarak tahmin ettiği değerlerdir. Doğru pozitifler ise gerçek değeri 1 olup, algoritmanın da 1 olarak tahmin ettiği değerlerdir. Yanlış pozitif değerler gerçek değeri 0 iken algoritmanın 1 olarak; yanlış negatif değerler ise gerçek değeri 1 iken algoritmanın 0 olarak tahmin ettiği değerlerdir. Tabloda kırmızı ile gösterilenlerin toplamı (Yanlış negatif + Doğru pozitif) gerçekte pozitif olması gerekenleri, mavi ile gösterilenlerin toplamı (Doğru negatif + Yanlış pozitif) ise gerçekte negatif olması gereken değerleri göstermektedir. Bu matristen yararlanılarak çeşitli istatistiksel çıkarımlarla doğruluk/tutarlılık/güvenilirlik/hatasızlık gibi oranlar hesaplanabilir (Günel, 2010).

Doğruluk (accuracy), duyarlılık (sensivity), kesinlik (precision) ve belirleyicilik (specificity) kavramları da hata matrisinden yararlanılarak bir sınıflama modelinin başarısının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Balanay ve Roa, 2013; Diyer vd., 2020; Sheik Abdullah vd., 2021). Bu kavramlar Tablo 5'te açıklanmıştır.

Tablo 5

Sınıflama modelinin değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler.

Değerlendirme Ölçütü	Açıklama	Formül
Eğrinin altındaki alan (AUC)	AUC, ROC Eğrisi (alıcı çalışma özelliği eğrisi) altındaki "Alan" anlamına gelir. Yani AUC, ROC eğrisinin tamamı (integral kalkülüs) altında bulunan (0,0) ile (1,1) arasındaki iki boyutlu alanın tamamını ölçer.	AUC değeri 0 ile 1 arasında değişir. Tahminleri %100 yanlış olan bir modelin AUC'si 0.0'dır; tahminleri% 100 doğru olan AUC'nin AUC'si 1.0'dır.
Doğruluk (*accuracy*)	Doğru tahmin edilen örnek sayısının, tüm örneklerin sayısına oranı	$\frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$
Kesinlik (*Precision*)	Doğru tahmin edilen pozitif örnek sayısının, pozitif olarak tahmin edilen örneklerin sayısına oranı	$\frac{TP}{TP + FP}$
Duyarlılık / doğru pozitif oranı (*Recall/true positive rate*)	Doğru tahmin edilen pozitif örnek sayısının, gerçekte pozitif olan örneklerin sayısına oranı	$\frac{TP}{TP + FN}$
Belirleyicilik / doğru negatif oranı (*specifity / true negative rate*)	Doğru tahmin edilen negatif örnek sayısının, gerçekte negatif olan örneklerin sayısına oranı	$\frac{TN}{TN + FP}$
F1 (*F-Score*)	Kesinlik ve duyarlılık ölçütlerinin harmonik ortalaması	$\frac{2\ x\ kesinlik\ x\ duyarlılık}{kesinlik\ +\ duyarlılık}$
Yanlış pozitif oranı (*false positive rate*)	Yanlış tahmin edilen negatif örnek sayısının, gerçekte negatif olan örneklerin sayısına oranı	$\frac{FP}{FP + FN}$
Yanlış negatif oranı (*false negative rate*)	Yanlış tahmin edilen pozitif örnek sayısının gerçekte pozitif olan örneklerin sayısına oranı	$\frac{FN}{FN + TP}$

**TP: Doğru pozitif, TN: Doğru negatif, FP: Yanlış pozitif, FN: Yanlış negatif*

Tablo 5'teki kriterler haricinde, ROC eğrisi de makine öğrenmesi algoritmalarının başarısını değerlendirmek için kullanılan alternatif bir kıyaslama yöntemidir (Poole vd., 1998; Russell ve Norwig, 2014; Şahin, 2021). Bu kriteri değerlendirebilmek amacıyla AUC (Area Under the Curve: Eğri Altında Kalan Alan) skoruna bakılır. Bu skorun yüksek olması, geliştirilen sınıflama modelinin başarısının yüksek olduğu anlamına gelir (Leibo vd., 2015; S. Şahin, 2021; Yalman, 2019). Yapay zekâ ile makine öğrenmesi uygulamalarında özellikle veriler otomatik olarak işlenip muhtemel sonuçlar tahmin edildiğinden, bu ölçütlerin hangisinin kullanılması gerektiği konusunda bir konsensüs oluşmuş değildir (Ariely vd., 2022; Fahd vd., 2022; Maestrales vd., 2021; S. Şahin, 2021; Zewe, 2022). Bu nedenle etkililiğin değerlendirilmesi için bu ölçütlerden birkaçını birlikte değerlendirmek genel geçer yöntem olarak kullanılmaktadır.

2.5.1. Eğitimde Yapay Zekâ: Yapay zekâ uygulamaları, dünyada 1950'li yıllardan itibaren geliştirilmeye başlanmış uygulamalardır (Zaidi vd., 2019). Geride kalan 70 yılda bu uygulamalar teknolojinin gelişimine paralel bir hızda ilerlemiş ve son yirmi yılda eğitim sistemleri içerisinde de yer almaya başlamıştır (Looi vd., 2005; Luckin vd., 2007; Zeide, 2019). Yapay zekâ uygulamalarının eğitim sistemi içerisinde özellikle öğrenmeye katkıları bakımından zeki öğretim sistemleri (Aygün, 2019; Çilengiroğlu, 2016; Erdemir, 2015; Günel, 2010; Kahraman, 2009; Kulik ve Fletcher, 2016; Özbek, 2007; Zawacki-Richter vd., 2019) üzerine yoğunlaşmakta olduğu görülmektedir. Yapay zekâ uygulamalarının eğitimde potansiyel uygulamaları aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Yapay zekâ, öğrenme sürecinin çeşitli yönlerini dönüştürerek eğitimde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Yapay zekânın eğitimi etkileyebileceği önemli yollardan biri, öğrencilerin nerede öğrendiklerini, onlara kimin öğrettiğini ve temel becerileri nasıl edindiklerini değiştirmektir (Huang vd., 2021). Yapay zekânın yardımıyla, öğrenme yazılımı öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanabilir, böylece kişiselleştirilmiş ve kişiye özel öğrenme deneyimleri sağlanabilir (García-Peñalvo vd., 2020). Yapay zekâ, derslerde iyileştirme ve geliştirme alanları hakkında geri bildirim sağlayarak öğrencilerin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemelerine yardımcı olabilir (Huang vd., 2021). Ayrıca, yapay zekâ öğretmenleri öğrencilere ders desteği sağlayabilir, gerçek zamanlı olarak rehberlik ve yardım sunabilir (Yan, 2022). Bunun yanında, yapay zekâ destekli programlar hem öğrencilere hem de eğitimcilere faydalı geri bildirimler sağlayabilir. Yapay zekâ, verileri analiz ederek öğrenci performansındaki kalıpları ve eğilimleri belirleyebilir ve eğitimcilerin öğretim stratejileri ve müdahaleleri hakkında bilinçli kararlar almasını sağlayabilir (Yue vd., 2022). Yapay zekâ tarafından desteklenen verilere erişim, eğitimde verilerin kullanım şeklini değiştirerek öğretme

ve öğrenmeye yönelik daha hedefli ve veri odaklı yaklaşımlara olanak sağlayabilir (Goldstein & Papert, 1977). Bu aynı zamanda, öğretim uygulamalarını geliştirmek ve öğrencilerinin ihtiyaçlarını daha iyi karşılamak için yapay zekâ tarafından üretilen içgörüleri kullanabilecekleri için öğretmenlerin rolünü de değiştirebilir (Lin, 2022).

Öğrenciler, yapay zekâ algoritmalarından yararlanarak deneyimsel öğrenmeye katılabilir ve başarısızlık korkusu olmadan problem çözmeye yönelik farklı yaklaşımları keşfedebilirler (Kaestner, 2022). Bu, büyüme zihniyetini teşvik eder ve öğrencileri risk almaya ve hatalarından ders çıkarmaya teşvik eder. Ayrıca, yapay zekâ tarafından desteklenen veriler, okulların öğrencileri bulma, öğretme ve destekleme şeklini değiştirebilir. Yapay zekâ, geride kalma riski taşıyan veya ek destekten faydalanabilecek öğrencileri belirlemek için büyük miktarda veriyi analiz edebilir (Wang, 2022). Bu, tüm öğrencilerin başarılı olmak için gerekli desteği almalarını sağlamak için erken müdahalelere ve hedefli müdahalelere yol açabilir.

Yapay zekâ ayrıca öğrenci takibi ve yönlendirmede de büyük bir rol oynayabilir. Öğrencilerin ilerlemesini izlemek, potansiyel zorlukları belirlemek ve öneriler sunmak için yapay zekâ tabanlı sistemler kullanılabilir (Namoun ve Alshanqiti, 2020; Shahiri vd., 2015; Tomasevic vd., 2020). Örneğin, öğrencilerin yapay zekâ tarafından analiz edilen verilerine dayanarak, bireysel öğrenme planları oluşturulabilir ve öğrencilere özelleştirilmiş destek sağlanabilir (Yıldız, 2014). Bu sayede, öğrencilerin daha etkili bir şekilde öğrenmeleri ve potansiyellerini tam anlamıyla ortaya çıkarmaları mümkün olabilir.

2.5.2. Ölçme Değerlendirmede Yapay Zekâ: Ölçme ve değerlendirme, belirli özelliklerin miktarlarının belirlenmesi, sayılarla ifade edilmesi ve bu ifadelerin anlamlandırılması sürecini kapsar. Yapay zekâ uygulamaları bu açıdan değerlendirildiğinde, eğitim öğretim süreçlerinin dışında pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu alanlardan belki de en genişlerinden biri tıp çalışmalarıdır (Anagnostopoulou vd., 2020; Margaret Bearman vd., 2020; Cope ve Kalantzis, 2015; Günel, 2010; Lester vd., 2014; Repišti vd., 2020). Bu çalışmalar incelendiğinde, yapay zekâ uygulamalarının otizm, melanoma, elektrokardiyogram, bilgisayarlı tomografi gibi görüntülemelerin analizi gibi konularda doktorlara teşhis koyma konusunda yardımcı olduğu ve işlemleri hızlandırdığı için doktorların hasta bakma yükünü azaltıp muayene süresini uzattığı gibi sonuçlara ulaşılmaktadır. Bunun yanında küresel şirketlerin kariyer departmanları da yapılan iş başvurularını değerlendirmek amacıyla da kullanılmakta, yapılan on binlerce başvuru arasından belirlenen kriterlere uygun baş edilebilir sayıda adayın seçilmesinde iş gücü ve zaman bakımından büyük faydalar sağlamaktadır (Bearman vd., 2020; Brougham ve Haar, 2018; Malhotra, 2015; Westman vd., 2021; Zewe, 2022).

Benzer şekilde, yapay zekâ uygulamalarının eğitimde ölçme değerlendirme alanında kullanılmasının da zaman, iş gücü ve alınan sonuçların tarafsızlığı bakımından ilerleyen süreçte faydalarının olacağı açıktır. Bu konuda atılan sınırlı sayıda adıma bakılacak olursa, yapay zekâ özellikle not verme gibi eğitimdeki temel etkinlikleri otomatikleştirebilir (Ariely vd., 2022; Holden vd., 2019; Mao vd., 2018; Zeineddine vd., 2021). Okullarda dersleri, ödevleri ve testleri değerlendirmek, öznel ve vakit alan bir iş olmasının yanı sıra beceri, yetkinlik gibi devinişsel ya da tutum, motivasyon gibi duyuşsal kimi özellikler için oldukça zordur. Bu da öğrenci karnelerinin duyuşsal ve devinişsel kısımlarının öğrencinin bireysel performansını ve özelliklerini yansıtmak konusunda sınırlı kalmasıyla ve tek tipleşme ile sonuçlanmaktadır (Karaaslan vd., 2023; Mutlu ve Özden, 2017).

Yapay zekâ uygulamaları, insan derecelendirmesinin yerini şimdilik gerçekten alamasa da, alanyazına göre bu alandaki gelişmelere paralel olarak giderek yeterli ve kullanışlı düzeye yaklaşmaktadır (Richardson ve Clesham, 2021; Sánchez-Prieto vd., 2020). Öğretmenlerin neredeyse her tür çoktan seçmeli ve boşluk doldurma testi için not vermeyi otomatikleştirmesi, bunun yanında öğrenci yazılarının otomatik değerlendirilmesi de günümüzde yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır (Brougham ve Haar, 2018). Bugün, açık uçlu yanıt değerlendirme yazılımları hala emekleme aşamasındadır (Zewe, 2022), ancak önümüzdeki yıllarda gelişerek bu konuda eğitim sistemine büyük katkılar sağlama ihtimalinden söz edilebilir.

8'inci sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmeye yönelik bu çalışma bağlamında, yapay zekânın entegrasyonu, eğitimsel ölçme ve değerlendirmeyi ileriye taşımak için muazzam bir potansiyele sahiptir. Bu araştırma, özellikle Adaboost modelinin kullanımı yoluyla yapay zekânın gücünden yararlanarak, ölçme değerlendirme sürecinde yeniliklere yol açmayı ve çeşitli pratik sonuçlara katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada yapay zekânın kullanılmasının önemli bir katkısı, üstün yetenekli ve üstün yetenekli olmayan öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini doğru bir şekilde belirleyebilme potansiyelidir. Yapay zekâ algoritmalarından yararlanarak, büyük miktarda veriyi analiz etmek ve istisnai becerilerin örüntülerini ve göstergelerini ortaya çıkarmak mümkün olursa, yalnızca üstün yetenekli ve üstün yetenekli olmayan öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin belirlenmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda özel ihtiyaçlarına göre hedeflenmiş müdahalelerin ve zenginleştirme programlarının tasarlanmasını da sağlayacaktır. Dahası, yapay zekânın eğitimsel ölçme ve değerlendirmeye entegrasyonu, üstün yetenekli öğrencilerin desteklenmesi ve yetiştirilmesiyle ilgili eğitim politikalarını şekillendirme ve benzersiz yeteneklerinin etkili bir şekilde geliştirilmesini sağlama potansiyeline sahiptir.

Ayrıca, eğitim değerlendirmesinde yapay zekânın uygulanması, eğitimciler için veriye dayalı karar vermeyi kolaylaştırır. Bu araştırma, Adaboost modeli gibi yapay zekâ algoritmalarından yararlanarak, eğitimcilerin öğretim ve müdahale stratejileri konusunda kanıta dayalı kararlar almalarını sağlar. Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ destekli ölçme-değerlendirmelerle doğru bir şekilde tahmin edilmesi, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerine, uyarlanabilir geri bildirime ve hedefe yönelik eğitime olanak tanır. Bu da öğrencilerde eleştirel düşünme, problem çözme ve bilimsel süreç becerileri gibi becerilerin gelişimini destekleyerek genel eğitim deneyimlerine katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak, bu tezde örneklendiği gibi, yapay zekânın eğitimsel ölçme ve değerlendirmeye entegrasyonu, geniş kapsamlı etkileri olan dönüştürücü bir yaklaşımı temsil etmektedir. Makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanarak, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini değerlendirmenin doğruluğunu, verimliliğini ve tutarlılığını önemli ölçüde artırmak mümkün olabilir. Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe, eğitim değerlendirmesinde yapay zekânın uygulanması, eğitim sonuçlarını iyileştirme, kritik becerileri geliştirme ve daha adil bir eğitim sistemine katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Bu nedenlerle bu araştırmada öğrencilerin ve üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri seviyeleri ortaya çıkarılmış, ardından bu becerilerden hangilerinde hasar ya da eksiklik bulunduğuna yönelik bir yordama çalışması gerçekleştirilmesi amacıyla yapay zekâ teknolojisinden yararlanılmıştır.

2.6. İlgili Araştırmalar

Araştırmanın bu bölümünde çalışmanın kavramsal çerçevesine paralel olarak öncelikle bilimsel süreç becerileriyle ilgili araştırmalar, daha sonra Webb'in uyumsama sürecine ilişkin çalışmalar, ardından eğitimde yapay zekâ kullanımı ile ilgili araştırmalar, sonrasında ise üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini konu edinen çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmadan önce yapılmış olan önemli çalışmaların yazarları, amaçları, yöntemleri, çalışma grupları, veri toplama araçları ve genel sonuçları tablo halinde özetlenmiştir.

Bilimsel süreç becerileriyle ilgili yapılan araştırmalar seçilirken alanda bulunan çalışmalar bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi ile ilgili olan araştırmalarla sınırlandırılmıştır. Webb'in uyumsama süreciyle ilgili araştırmalarda ise ölçme araçlarının uyumsama süreci ön planda tutulmuştur. Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileriyle ilgili olan araştırmalar ise fen alanında üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerini inceleyen araştırmalarla sınırlı tutulmuştur. Yapay zekâ alanında ise araştırmalar eğitimde ölçme değerlendirme ile ilişkili olanlarla sınırlı tutulmuştur. Araştırmaların incelenmesi tematik içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiş, ancak çalışmalardan elde edilen veriler

sentezlenmeden direkt olarak verilmiştir. Çalışmalara ait veriler Tablo 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir.

Tablo 6

Bilimsel süreç becerilerinin ölçümü konusunda yapılan çalışmaların analizi.

Yazar / Yıl	Amaç	Yöntem	Çalışma Grubu	Veri toplama aracı	Sonuç
(Dökme ve Aydınlı, 2009)	Ortaokul öğrencilerinin temel bilimsel süreç becerileri ve performanslarında cinsiyetlerine, sınıf düzeylerine, ekonomik durumlarına, annelerinin eğitim durumlarına bağlı olup olmadığını belirlemek.	Tarama modeli (Belirtilmemiş)	670 ortaokul öğrencisi (230 6. sınıf, 239 7. sınıf, 201 8. sınıf)	Bilimsel süreç becerileri testi	Öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin yüksek olmadığı, çok düşük de olmadığı. Fakat geliştirilmesi gerektiği.
(Beaumont-Walters ve Soyibo, 2001)	Jamaikalı lise öğrencilerinin beş bütünleşik bilimsel süreç becerisi üzerindeki performans düzeylerini ve performanslarında cinsiyet, sınıf düzeyi, okul yeri, okul türü, öğrenci türü ve sosyo-ekonomik geçmişe bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olup olmadığını belirlemek.	Tarama modeli	305 lise öğrencisi (146 9. sınıf, 159 10. sınıf)	Bütünleşik bilimsel süreç becerileri testi	Öğrencilerin ortalama puanının düşük ve yetersiz olduğu.

(Bilgin, 2006)	İşbirlikli öğrenme yaklaşımını içeren uygulamalı etkinliklerin sekizinci sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ve fene yönelik tutumları üzerindeki etkilerini araştırmak.	Yarı-deneysel	8. sınıftaki 55 öğrenci	Bilimsel Süreç Becerileri Testi Fene Yönelik Tutum Ölçeği	İşbirlikli öğrenme bilimsel süreç becerileri üzerinde anlamlı düzeyde etkilidir.
(Brotherton ve Preece, 1996)	Süreç becerilerine (bilimsel) özel bir vurgu yaparak fen öğretiminin bilişsel gelişim üzerindeki etkilerinin araştırılması.	Yarı-deneysel	54 7. sınıf 61 8. sınıf 60 9. Sınıf öğrencisi	Fende objektif referanslı değerlendirme ölçeği (ORES) Bütünleşik bilimsel süreç becerileri testi (TISP)	28 haftalık uygulamanın özellikle bilimsel süreç becerilerini geliştirmede ve 8. sınıf erkeklerinde Piaget gelişim düzeyini yükseltmede etkili olduğu.
(Burns vd., 1985)	Ortaokul ve lise öğrencileri için geçerli ve güvenilir bir bilimsel süreç beceri testi geliştirmek	Test geliştirme	7-12. sınıflar arasında 459 öğrenci	Bilimsel süreç beceri testi	Güvenilirliği 0.86, ortalama zorluk ve ayırt etme indeksleri sırasıyla 0,53 ve 0,35.
(Chabalengula vd., 2012)	Öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine ilişkin kavramsal anlayışlarını ve performanslarını araştırmak.	Tarama modeli	91 ilköğretim öğretmen adayı	Bilimsel Süreç Kavramsal Anlama Testi (SPCUT)	Öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine ilişkin sınırlı kavramsal anlayışa sahip oldukları, bilimsel süreç becerilerinde daha yüksek performans

				Bilimsel Süreç Performans Testi (SPPT).	gösterdikleri, katılımcıların çoğunluğunun bilimsel süreç becerilerini doğru tanımlayamazken, süreç becerilerini yeni durumlarda kullanmaları gereken testte iyi performans gösterdikleri.
(Dillashaw vd., 1980)	Ortaokullardaki öğrenciler için geçerli ve güvenilir bir bütünleşik bilimsel süreç becerileri testi geliştirmek.	Test geliştirme	709 ortaokul öğrencisi	Bütünleşik bilimsel süreç becerileri testi	Güvenilirliği 0,89, ortalama zorluk ve ayırt etme indeksleri sırasıyla 0,53 ve 0,40.
(Temiz vd., 2006)	12 bilimsel süreç becerisinin gelişimini ölçmek için çok formatlı bir araç geliştirmek.	Test geliştirme	80 9. sınıf öğrencisi	Bilimsel süreç becerileri testi	Güvenilirliği 0,88 olarak bulunmuş ve kullanılabilir olduğu belirtilmiş.
(Ferreira, 2004)	Sınıflandırma, gözlem ve çıkarım gibi temel bilimsel süreç becerileri ile ilgili olarak beşinci sınıf öğrencilerinin öğrenme süreçlerinde bir bilim hikayesinin rolünü araştırmak.	Ampirik araştırma	21 5. sınıf öğrencisi	Öğrenci görüşmeleri, öğrenci sınıfı yansıtma sayfaları, yazılı öğrenme değerlendirmeleri, tüm sınıf ve küçük	Hikâye, çocuklar için sınıflandırma, gözlem ve çıkarım becerilerinin performansının yanı sıra çıkarım yapmanın anlamı üzerinde etkili olmuştur.

				sınıf grup tartışmaları	
(P. Germann ve Aram, 1996)	Bilim süreçlerinin performans değerlendirmesi için araştırma rubrikleri geliştirmek ve yedinci sınıf fen öğrencilerinin bunları gerçekleştirme becerilerini değerlendirmek.	Yarı-deneysel	364 öğrenci	Bilimsel Süreç Becerilerinin Alternatif Değerlendirmesi	Öğrencilerin sadece %61'i etkinliği gerçekleştirdi ve verileri başarıyla kaydetti. Öğrencilerin %69'u sonuca varırken hipoteze katılmamıştır. %81'i çıkarımları için belirli bir kanıt sunma
(Germann, 1994)	Öğrenci değişkenlerinin bilimsel süreç becerileri üzerindeki doğrudan ve dolaylı nedensel etkilerinin varsayımsal bir yapısal modelini test etmek.	Yol analizi	67 adet 9 ve 10. sınıf öğrencisi	Özdeğerlendirme Okul değerlendirmesine yönelik öğrenci tutum testi Soyut işlemler testi Akademik başarı testi Biyolojik sorgulama süreçleri testi	Akademik yetenek, biyoloji bilgisi ve dil tercihinin önemli doğrudan etkileri vardır. Bilişsel gelişim, ebeveynlerin eğitimi ve okulda bilime karşı tutumun önemli aracı etkileri vardır. Bilişsel gelişim ve akademik yetenek değişkenleri, bilimsel süreç becerileri üzerinde en fazla toplam etkiye sahiptir.

				Bütünleşik bilimsel süreç becerileri testi	
(Harlen, 1999)	Bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi konusunda yararlı yaklaşımları ve muhtemel zorlukları tartışarak ortaya içerik-egemen bir kavramsal çerçeve koymak.	Literatüre dayalı kuramsal	-	-	Değerlendirilen şeyin nihayetinde bilgi ve becerinin bir birleşimi olduğu ve bunların ayrılmasının ancak buna yönelik özel adımlar atılmak suretiyle mümkün olduğu.
(Kar ve Çil, 2019)	Görsel sanat etkinlikleriyle desteklenen araştırma-sorgulama temelli fen öğretiminin 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine etkisini belirlemek.	Tek grup öntest-sontest deneysel desen	5. sınıf düzeyinde 20 öğrenci	32 çoktan seçmeli sorudan oluşan Bilimsel Süreç Becerileri Testi	Öğrencilerin ön test puanlarında ortalama .86 bulunan bilimsel süreç beceri düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir.
(Karslı vd., 2009)	Fen bilgisi öğretmenlerinin bilimsel süreç becerileri hakkındaki fikirlerini nitel analiz kullanarak araştırmak.	Durum çalışması	10 fen bilgisi öğretmeni	Yarı yapılandırılmış görüşme	Örneklemin çoğunluğunun SPS hakkında geniş bir teorik bilgiye sahip olmadığı.
(Karslı ve Şahin, 2009)	Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini hatırlamaları ve yeniden kazanmaları için yararlı olabilecek,	Eylem araştırması	32 birinci sınıf fen bilgisi öğretmen adayı	Bilimsel süreç becerilerine dayalı çalışma yaprağı	Daha fazla içerik üretilerek öğretmenlerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye daha fazla olanak sağlanması gerektiği.

	çözünürlüğü etkileyen faktörler hakkında bir çalışma yaprağı geliştirmek.				
(Monhardt ve Monhardt, 2006)	Bilimsel süreç becerilerinin çocuk edebiyatı aracılığıyla anlamlı bir bağlamda öğretilebileceği yollar hakkında öneriler sunmak.	Literatüre dayalı kuramsal	-	-	Temel bilimsel süreç becerilerinin kazandırılmasına yönelik içerik ve tartışmalar sunulmuştur.
(Myers vd., 2004)	Tarım öğretmenlerinin bütünleşik bilimsel süreç becerilerine ilişkin bilgi ve becerilerinin düzeyine temel oluşturmak.	Tarama	40 tarım öğretmeni	Bütünleşik bilimsel süreç becerileri testi	Tarım öğretmenlerinin fen eğitimcileri tarafından etkili fen öğretimi için gerekli olduğu kabul edilen bütünleşik bilimsel süreç becerilerinde sağlam bir arka plan bilgisine sahip olduğu.
(Özgelen, 2012)	Türk ilköğretim öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini bilişsel alan kuramsal çerçevesinde incelemek.	Tarama	306 6. ve 7. sınıf öğrencisi	Türkçe Bütünleşik Süreç Beceri Testi	Özel ve devlet okullarındaki altıncı ve yedinci sınıf öğrencileri arasında önemli farklılıklar olduğu, özel okul öğrencilerinin devlet ve taşımalı okul öğrencilerine göre daha yüksek puanlara sahip olduğu.
(Preece ve Brotherton, 1997)	7., 8. ve 9. sınıflarda süreç becerilerine özel bir vurgu yaparak	Katma değerli analiz	54 7. sınıf 61 8. sınıf	Ortaöğretim bitirme sınav puanları	Bilimsel süreç becerisine vurgu yapılarak gerçekleştirilen eğitim 3 yıl sonra da etkili olmuştur.

	fen öğretiminin uzun vadeli etkileri araştırılmış.		60 9. Sınıf öğrencisi		
(Rambuda ve Fraser, 2004)	Ortaokullarda Coğrafya öğretiminde bilimsel süreç becerilerinin uygulanmasına ilişkin öğretmenlerin algılarını ortaya çıkarmak.	Tarama	71 coğrafya öğretmeni	Bilimsel süreç becerilerinin uygulanmasına ilişkin öğretmen anketi	Sonuçlar öğretmenlerin bütünleşik bilimsel süreç becerilerini Coğrafya öğretimine düzenli olarak uygulamamalarına rağmen, bu becerilerin okullarda Coğrafya öğretiminde önemli bir yön olmaya devam ettiği gerçeğini iyi bildikleri hipotezini desteklemekte.
(Sinan ve Uşak, 2011)	Biyoloji öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini incelemek.	Durum çalışması	27 biyoloji öğretmen adayı	Gözlem formu Yarı yapılandırılmış görüşme	Biyoloji öğretmen adaylarının biyokimya laboratuvar dersinde izlenen bilimsel süreç becerileri açısından oldukça iyi durumda oldukları ve bu beceriler ile öğrencilerin ders geçme puanları arasında olumlu bir ilişki olduğu.
(Aydınlı vd., 2011)	Öğrencilerin bütünleşik bilimsel süreç becerileri konusundaki performans düzeylerini ve performanslarında çeşitli	Tarama	670 öğrenci (230 altıncı sınıf, 239 yedinci sınıf,	Bütünleşik bilimsel süreç becerileri	Sonuçlar, deneklerin ortalama puanının tatmin edici olduğunu göstermiş, ayrıca performansları ile cinsiyet, sınıf düzeyi, ekonomik durum, annenin eğitim

	değişkenlere bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olup olmadığını belirlemek.		201 sekizinci sınıf)		durumu, aile sayısı arasında pozitif bir ilişki bulunmuş.
(Aktamış ve Ergin, 2007)	Bilimsel süreç becerileri ile bilimsel yaratıcılık arasındaki ilişkinin belirlenmesi.	Tek grup son test	20 adet 7. sınıf öğrencisi	Bilimsel süreç beceri dereceleme ölçeği Bilimsel yaratıcılık dereceleme ölçeği Çalışma yaprakları	Bilimsel süreç becerileri ile bilimsel yaratıcılık arasında bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmış.
(Temiz, 2020)	Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini değerlendirmek için senaryo tabanlı çoktan seçmeli soruların etkililiğini araştırmak.	Tarama	370 lise birinci sınıf öğrencisi	Senaryo tabanlı çoktan seçmeli bilimsel süreç beceri testi	Değişkenlerin deney sürecinde farklı roller alabileceği, bu nedenle gerçek hayatla bağlantılı bir bilimsel süreç becerisi ölçümünün daha doğru olacağı.
(Güven ve Yılmaz, 2020)	Çocukların işitsel ve görsel öğelere yönelik dikkat becerileri ile bilimsel süreç becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi.	Tarama	60-72 aylık yaş aralığında 156 çocuk	Demografik Bilgi Formu, 60-72 Aylık Çocuklar İçin Okul	Okul öncesi dönem çocuklarının görsel ve işitsel dikkat becerileri ile bilimsel süreç becerileri arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki.

				Öncesi Bilimsel Süreç Becerileri Ölçeği, Dinleme Testi, 5 Yaş Çocuklar İçin Konsantrasyon Testi	
(Yıldırım vd., 2020)	Ortaokul ve liselerde fen bilimleri dersleri ile ilgili branşlarda görev yapan öğretmen ve öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini kullanma algılarını belirlemek.	Tarama	150 fen bilgisi öğretmeni ve 260 öğretmen adayı	Bilimsel Süreç Becerileri Algı Ölçeği	İki grup arasında önemli bir fark gözlenmemiş, öğretmenlerin hizmet süresinin bilimsel süreç beceri algılarında anlamlı bir fark oluşturmadığı bulunmuş.
(Çam ve Ercan Yalman, 2020)	İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinden değişkenleri belirleme ve kontrol etme becerilerini ölçmeye yönelik test geliştirmek.	Açıklayıcı ardışık desen	1006 öğrenci	Değişkenleri Belirleme ve Kontrol Etme Testi	Ortalama güçlüğü 0,50; KR-20 güvenirlik katsayısı 0,86 bulunmuş.
(Kavak ve Deretarla Gül, 2021)	Okul öncesi dönem çocuklarının bilimsel süreç becerilerinin düzeyini belirleyebilecek bir ölçek oluşturmak.	Ölçek geliştirme	371 okul öncesi çocuğu	Temel bilimsel süreç becerileri ölçeği	Ayırt edicilik indekslerine göre madde toplam korelasyonlarının 0,30'dan büyük olduğu, KR-20 değerinin 0,85

					olduğu, bu bakımdan kullanılabilir olduğu bulunmuş.
(Tilakaratne ve Ekanayake, 2017)	Altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin temel bilimsel süreç becerilerini anlama düzeylerini değerlendirmek	Tarama	3183 6. sınıf ve 3289 7. sınıf öğrencisi	Temel bilimsel süreç becerileri testi	Her iki sınıftaki öğrencilerin çoğunluğunun temel bilimsel süreç becerilerini orta düzeyde anladıklarını ortaya koymuş.
(Chokchai ve Pimdee, 2019)	Taylandlı ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin Bütünleşik bilimsel süreç becerilerini araştırmak.	Tarama	350 ortaokul 8. sınıf öğrencisi	Bütünleşik bilimsel süreç becerileri testi	Öğrencilerin bütünleşik bilimsel süreç becerilerinin, değişkenleri kontrol etme, hipotez oluşturma, değişkenleri işlevsel olarak tanımlama, deney yapma ve veri yorumlama olmak üzere beş göstergeden oluştuğu
(Aydoğdu, 2015)	Fen bilimleri öğretmenlerinin temel süreç becerilerini, bütünleşik süreç becerilerini ve genel fen süreç becerilerini bazı değişkenler açısından inceleme	Tarama	170 fen bilgisi öğretmeni	Bilimsel süreç becerileri testi	Fen bilimleri öğretmenlerinin bütünleştirilmiş süreç becerilerinin tatmin edici düzeyde olmadığını temel süreç becerilerinin bu becerilere ve kıdemlerine göre aldıkları hizmet içi eğitimde farklılık gösterdiği.
(Hernawati vd., 2018)	Bilimsel süreç becerisini ve öz-yeterliliği artırmaya yönelik proje	Karma	30 biyoloji öğretmen adayı	Bilimsel süreç beceri testi	Omurgalıların Zoolojisi öğretim ve öğreniminde proje etkinliği entegrasyonunun öğretmen adaylarının

	etkinliğinin entegrasyonunu analiz etmek	Öz yeterlik envanteri	bilimsel süreç becerileri ve öz-yeterlikleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu.

Tablo 6 incelendiğinde, bilimsel süreç becerilerine ilişkin yapılan çalışmaların 1900'lü yılların sonunda bir hız kazandığı, kavramsal çerçeve bölümünde gösterildiği üzere çalışmaların birbirinden farklı sınıflandırmalara dayandığı, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ölçme konusunda çoktan seçmeli (Aktamış ve Ergin, 2007; Aydogdu, 2017; Aydoğdu, 2015; Bahtiyar ve Can, 2016; Chabalengula vd., 2012; Chokchai ve Pimdee, 2019; Kar ve Çil, 2019; Temiz, 2020; Tilakaratne ve Ekanayake, 2017), açık uçlu ve karma maddelerden oluşan testler (Bilgin, 2006; Brotherton ve Preece, 1996; Çam ve Ercan Yalman, 2020; Erduran vd., 2020; Ergül vd., 2011; Ferreira, 2004; P. J. Germann vd., 1996; Hernawati vd., 2018; Karslı vd., 2009; Karslı ve Şahin, 2009; Sinan ve Uşak, 2011) kullanılmasına karşılık tüm testlerin ölçümlerinde güvenilir sonuçlar üretildiği ve dolayısıyla kullanılabilir oldukları sonucuna ulaşılmaktadır. Bir diğer dikkat çeken nokta ise bilimsel süreç becerileriyle ilgili çalışmaların çoğunluğunun nicel araştırma yaklaşımına ait yöntemlerden tarama modeliyle ölçülmesi (Aydınlı vd., 2011; Aydoğdu, 2015; Beaumont-Walters ve Soyibo, 2001; Chabalengula vd., 2012; Chokchai ve Pimdee, 2019; Dökme ve Aydınlı, 2009; Güven ve Yılmaz, 2020; Myers vd., 2004; Özgelen, 2012; Rambuda ve Fraser, 2004; Temiz, 2020; Tilakaratne ve Ekanayake, 2017; Yıldırım vd., 2020), uygulamalar yardımıyla değişim gözlenen çalışmalarda ise yarı-deneysel desenlerin (Bilgin, 2006; Brotherton ve Preece, 1996; P. J. Germann vd., 1996) kullanılmış olmasıdır. Bunun temel nedeninin çalışmaların sınırlılık bölümlerinde belirtildiği üzere, bu yöntemlerin çok sayıda öğrenciyle çalışırken kullanılacak en ekonomik ve az iş gücü gerektiren yöntemler olduğu düşünülmektedir. Çalışmaların geneli incelendiğinde ulaşılan en çarpıcı sonuç ise ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreç beceri düzeylerinin (yarı-deneysel çalışmalarda ön-testlerde) genellikle orta ya da düşük olarak bulunmasıdır. Bu durum, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine özel bir önem atfedilmediği sürece akademik başarının yanında ikinci planda kaldığı, bu nedenle üzerine yoğunlaşılması gereken alanlardan biri olduğunu düşündürmektedir. Bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesine ilişkin çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, ölçüm işleminin doğasına yönelik varılmış bir görüş birliğinin bulunmamasına karşın ekonomik ve az iş gücü gerektiren yöntemlerin tercih edilmesi, alanyazında bu konuda bir eksiklik bulunduğuna işaret etmektedir. Bu çalışmanın, alanyazına daha hızlı ve

ekonomik bir yöntem olarak çevrimiçi bilimsel süreç beceri yordanması ile öğrencilerin bilimsel süreç becerilerindeki eksikliklerin ortaya çıkarılarak daha etkin bir öğretim gerçekleştirilmesi konusunda katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın temel kavramlarından sonuncusu olan üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalar ise Tablo 7 ile özetlenmiştir. Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin önemi düşünüldüğünde, hangi seviyede oldukları, bilimsel süreç becerilerinin hangi yollarla ölçülebileceği ve sonuçlarına ilişkin alanyazın bulguları da önem kazanmaktadır. Bu nedenden ötürü, tabloda yer verilen çalışmaların sonuç kısımlarında yalnızca bu çalışmayla ilişkili olan şekliyle üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerine ilişkin sonuçlara yer verilmiştir.

Tablo 7

Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi ile ilgili yapılan çalışmalar.

Yazar / Yıl	**Amaç**	**Yöntem/teknik**	**Çalışma Grubu**	**Bilimsel Süreç Beceri Testi**	**Sonuç**
(Ülger ve Çepni, 2021)	Üstün zekâlı öğrenciler için geliştirilen farklılaştırılmış sorgulamaya dayalı fen dersi modüllerinin öğrencilerin bilimsel süreç becerileri üzerindeki etkisini incelemek.	İç içe karma desen	16 üstün yetenekli öğrenci	Diet Cola Testi (Fowler Cain, 1990)	Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmış.
(Çalıkoğlu, 2014)	Üstün yetenekli öğrencilere yönelik farklılaştırılmış fen öğretiminin başarı, bilimsel süreç	Kontrol gruplu ön test-son test deneysel desen	19 5. sınıf öğrencisi	Bilimsel süreç becerileri testi (Burns vd., 1985)	Hem deney hem de kontrol grubunda öğrencilerin bsb puanları ön ve son testlerde orta düzeyde bulunmuş.

	becerileri ve tutum üzerindeki etkisinin incelenmesi				
(Özdemir ve Gürlen, 2019)	Üstün yetenekli öğrenciler için "Elektriğin İletimi" ünitesine ilişkin zenginleştirilmiş altıncı sınıf fen bilimleri öğretim programı geliştirmek	Eylem araştırması	19 üstün yetenekli 6. sınıf öğrencisi	Bilimsel Süreç Becerileri Testi (Burns vd., 1985)	Öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeyleri orta düzeyde bulunmuş.
(A. S. Kılıç, 2015)	Fen ve matematik entegrasyonu ile hazırlanan etkinliklerin üstün yetenekli ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme ve bilimsel süreç becerilerine etkisini araştırmak	Tek gruplu ön test – son test deneysel desen ve nitel verilerle desteklenmiş karma desen	6 üstün yetenekli 6. sınıf öğrencisi	Bilimsel Süreç Beceri Testi (Burns vd., 1985), Yarı yapılandırılmış görüşme formu, Yansıtıcı günlük, Araştırmacı günlüğü	Öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin ön testte orta, son testte ise yüksek olarak bulunduğu görülmektedir.
(Özdeniz, 2021)	Bütünleştirilmiş Müfredat Modeli temel alınarak probleme dayalı öğrenme yöntemine göre tasarlanan ve harmanlanmış öğrenme ortamında uygulanan fen bilimleri modülünün üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel	Durum çalışması ve tek grup ön test - son test deneysel desen	5. sınıfta üstün yetenekli 9 öğrenci	Bilimsel Süreç Becerileri Testi (Aktamış ve Pekmez, 2011)	Öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin ölçüm sonuçlarına göre orta düzeyde olduğu görülmektedir.

	muhakeme becerilerine ve bilimsel süreç becerilerine etkisini incelemek				
(Shin ve Lee, 2012)	Bilim kampı programının fen alanında üstün yetenekli öğrenciler için bilimsel süreç becerileri ve bilimsel tutumlar üzerindeki etkisini belirlemek	Tek gruplu ön test - son test deneysel desen	20 üstün yetenekli 5. sınıf öğrencisi	Bilimsel Süreç Becerileri Testi (Kwon ve Kim, 1994)	Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri iki testte de yüksek bulunmuş.
(VanTassel-Baska vd., 1998)	20-36 saatlik bir bilim ünitesi öğretildikten sonra öğrencilerin bütünleşik bilimsel süreç becerilerindeki gelişimini değerlendirmek	Kontrol gruplu ön test - son test deneysel desen	17 okuldan toplam 45 4-6. sınıf öğrencisi	Diet Cola Testi (Fowler Cain, 1990)	Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri iki testte de düşük seviyede bulunmuş.
(Robinson vd., 2014)	İlköğretim öğrencilerinin bilim yeteneklerini geliştirmek için öğretmenlerin profesyonel gelişiminin ve zengin bir probleme dayalı sorgulama müfredatının etkililiğini ortaya çıkarmak	Kontrol gruplu ön test – son test	284 üstün yetenekli öğrenci	Diet Cola Testi (Fowler Cain, 1990)	Öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeyleri orta seviyede bulunmuş .

(Adams ve Callahan, 1995)	Diet Cola Test isimli bilimsel süreç beceri testinin geçerlik ve güvenilirliğini sınamak	Tarama	180 üstün yetenekli öğrenci	Diet Cola Testi (Fowler Cain, 1990)	Öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeyleri düşük seviyede bulunmuş .
(Başkurt Sayhan, 2019)	İlkokul 4. sınıfta öğrenim gören üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerin sözde-bilim algılarını ve sözde-bilimsel senaryolar aracılığıyla bilimsel süreç becerileri düzeylerini belirlemek	Betimsel durum çalışması	20 üstün yetenekli 4. sınıf öğrencisi	Yarı-yapılandırılmış görüşme formu	Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri hakkında ön bilgilerinin düşük seviyede olduğu fakat bir kez gördükten sonra çoğunlukla uygulayabildikleri sonucuna ulaşılmış.

Tablo 7 incelendiğinde üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerini incelemek üzere yapılan çalışmaların (Adams ve Callahan, 1995; Başkurt Sayhan, 2019; Çalıkoğlu, 2014; Özdemir ve Gürlen, 2019; Özdeniz, 2021; Ülger ve Çepni, 2021) az sayıda olduğu, bununla beraber en sık çalışma yapılan grupların 4. ve 5. sınıf düzeyindeki öğrenciler (Başkurt Sayhan, 2019; Çalıkoğlu, 2014; Kılıç Bulut, 2021; Özdeniz, 2021; Shin ve Lee, 2012; Ülger ve Çepni, 2021; VanTassel-Baska vd., 1998) olduğu görülmektedir. Hem ülkemizde hem de Dünya'da yapılan çalışmalarda en sık kullanılan bilimsel süreç beceri ölçeğinin ise Fowler Cain (1990) tarafından geliştirilen Diet Cola Testi ile Burns vd. tarafından geliştirilen Bilimsel Süreç Becerileri Testi (1985) olduğu ve alanyazında daha yeni testler bulunmasına karşın yeterince tercih edilmediği de ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, ulusal ve uluslararası alanyazında 8. sınıf düzeyindeki üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine ilişkin yeterince çalışma bulunmadığı görülmektedir. Bu nedenlerden yola çıkıldığında, bu çalışmanın alanyazın açısından 8. sınıfta öğrenim görmekte olan öğrencilerle gerçekleştirilmesi, alanyazında yeni bir bilimsel süreç beceri testi kullanması ve üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ yardımıyla yordanmasını incelemesi bakımından önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışma, fen alanında üstün yetenekli olduğu kabul edilen öğrencilerin, üstün yetenekli oldukları alanın en önemli becerilerinden biri olan bilimsel süreç becerileri hakkında hızlı, ekonomik ve güvenilebilir sonuçlar vermeyi vadetmesi bakımından alanyazına hizmet edecektir. Günümüzde insan

işlerini otomatikleştiren çalışmaların yapay zekâ alanında yoğunlaştığı görüldüğünden, bir sonraki adımda bu çalışmaların tanıtılması ve derlenmesi uygun olacaktır.

Yapay zekâ alanında yapılan çalışmalar incelenirken, sunulan çalışmalar yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin ölçme değerlendirme alanında uygulamalarıyla ilişkili olma durumu gözetilerek seçilmiştir. Bu araştırmalarda genellikle kullanılan tekniğin geçerliliğinin ve doğruluğunun incelendiği ya da alanyazın gözetilerek incelemeler yapıldığından, inceleme tablosu sunulurken incelenen çalışmanın yöntem, çalışma grubu ya da veri sütunlarında çalışmada açıkça belirtilmeyen ve inceleme sonucu anlaşılamayan hususlar boş bırakılmıştır. Çalışmalarda odak noktası yapay zekâ uygulaması olarak alındığından, tabloda da yöntem olarak araştırmanın nitel ya da nicel doğasına değil, mümkün olduğunca kullanılan yöntem ya da teknik belirtilmiştir. Bu çalışmaların betimsel bir derlemesi Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8

Ölçme değerlendirme konusunda yapay zekâ kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar.

Yazar / Yıl	Amaç	Yöntem/teknik	Çalışma Grubu	Veri	Sonuç
(Baashar vd., 2022)	Öğrencilerin akademik performansını tahmin etmede yapay sinir ağlarının kullanımına ilişkin literatürü incelemek ve en çok kullanılan teknikleri belirlemek.	Alanyazın taraması	21 makale	Google Scholar, IEEEXplore, ACM Library, Web of Science ve ScienceDirect	Alanyazındaki öğrenci performans tahmin çalışmalarının sonuçlarının %70 ile %98 arasında bir tahmin başarısı ile sonuçlandığı, örneklem büyüklüğünün ise 150 ile 162030 arasında değişiklik gösterdiği, buna rağmen çeşitli örneklemlerle başarılı yordamalar yapılabileceği sonuçlarına ulaşılmış. Metodolojiden elde edilen

					doğruluk derecesi, örneklem büyüklüğü, seviye, eğitim alanı veya çalışma bağlamı gibi faktörlerden etkilenmiyor gibi görünmektedir.
(Zhai vd., 2021)	Yapay zekânın 2010- 2020 yılları arasında eğitim sektörüne nasıl uygulandığını ortaya koymak ve eğitimde yapay zekânın potansiyel araştırma eğilimlerini ve zorluklarını keşfetmek	İçerik analizi	100 makale	Social Sciences Citation Index veri tabanı	Araştırma sorularının geliştirme katmanı (sınıflandırma, eşleştirme, tavsiye ve derin öğrenme), uygulama katmanı (geri bildirim, muhakeme ve uyarlanabilir öğrenme) ve entegrasyon katmanı (sevgi hesaplama, rol yapma, sürükleyici öğrenme ve oyunlaştırma) olarak sınıflandırılabileceği, eğitimde yapay zekânın zorluklarının teknik perspektif, öğretmenlerin ve öğrencilerin rolleri ve sosyal etik konular olduğu.
(Cui vd., 2019)	Yükseköğretimde öğrenme analitiği uygulamalarında geliştirilmiş veya halihazırda uygulanmakta olan yordayıcı	Alanyazın taraması	121 makale	ScienceDirect, IEEE Xplore, ERIC ve Springer	En sık kullanılan tekniklerin sırasıyla karar ağacı, Naive Bayes, Destek vektör makinesi, sinir ağı, rastsal orman ve lojistik regresyon olduğu.

	modellerle ilgili metodolojik bileşenleri gözden geçirmek				
(Du vd., 2020)	Eğitimde veri madenciliği teknikleri konusunda yapılmış çalışmaların ve trendlerin ortaya çıkarılmasını sağlamak.	Sistematik inceleme	305 makale ve 914 konferans bildirisi	Web of Science, Proceedings of the Educational Data Mining conference, the Journal of Educational Data Mining, ACM Digital Library ve IEEE Xplore	Temel istatistik ve regresyona ek olarak, makine öğrenimi ve hatta derin öğrenme algoritmaları eğitimsel veri madenciliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, eğitsel veri madenciliği araştırmaları K-12'den ziyade yükseköğretime odaklanmaktadır ve özellikle K-12 alanında eğitsel veri madenciliği araştırmaları için küçük veri setlerinin toplanması baskındır. Performans tahmini, öğretmenler ve öğrenciler için karar desteği, davranışların tespiti ve öğrenci modellemesi ve algoritmaların karşılaştırılması veya optimizasyonu dahil olmak üzere dört ana eğitim veri madenciliği araştırma konusu belirlenmiştir.

(M. Kumar vd., 2017)	Öğrenci gelişimini ve performansını tahmin etmek için kullanılan farklı veri madenciliği teknikleri ve dolayısıyla bu tahmin tekniklerinin tahmin için en önemli öğrenci özelliğini bulmaya nasıl yardımcı olduğu hakkında büyük bir bilgi ve anlayış sağlamak	Alanyazın taraması	16 makale	Springer Link, Researchgate, IEEE Xplore, ACM Digital library, Elsevier, Science Direct	Araştırmaların çoğu öğrencinin akademik performansını tahmin etmek için Karar Ağacı, Naive Bayes ve Kural Tabanlı algoritmayı kullanmıştır. Çoğu durumda, genel not ortalaması ve öğrencinin akademik alandaki ders notları, sonucun tahmin edilmesi için önemli özelliklerdir.
(Felix vd., 2018)	Moodle verilerini kullanarak öğrencilerin performansını tahmin etmek için veri madenciliği tekniklerinin uygulandığı 42 makaleyi içeren sistematik bir haritalama sunmak.	Sistematik haritalama	42 makale	ACM Digital Library, CiteSeerX Library, Keele University's Electronic Library, IEEE Xplore Digital Library, LearnTech-Lib, Microsoft Research, Science Direct, Scopus, Semantic Scholar ve Springer Link	Haritalamaya dahil edilen 42 makale tarafından en çok kullanılan özellikler forum analizini içermektedir, örneğin: gönderi sayısı, okunan toplam gönderi sayısı, beğenilen tartışma sayısı ve diğerleri. En yüksek doğruluk seviyeleri ise etkileşim günlükleri öznitelikleri ve demografik verilere dayanmaktadır. Yayınlar tarafından sunulan en yüksek 10 doğruluk arasında 9'una sınıflandırma yöntemleriyle ulaşılmıştır.

(Rastrollo-Guerrero vd., 2020)	Öğrencilerin performansını tahmin etmek için yaygın olarak uygulanan farklı modern teknikleri ve bu alanda ulaşmaları gereken hedefleri göstermek için yaklaşık 70 makale analiz edilmiş	Alanyazın taraması	64 makale	IEEE, Science Direct, Springer, IEEE Computer Society, iJET, ACM Digital Library, Taylor ve Francis Online, JEO, Sage Journals, J-STAGE, Inderscience Publishers, WIT Press, Science Publications, EJER ve Wiley Online Library	Üniversite düzeyinde öğrenci performansını tahmin etmeye yönelik güçlü bir eğilim olduğu, öğrencilerin akademik performanslarını tahmin etmek için en yaygın kullanılan teknik davranışın, doğru ve güvenilir sonuçlar sağladığı için denetimli öğrenme olduğu, özellikle destek vektör makinesi algoritmasının yazarlar tarafından en çok kullanılan ve en doğru tahminleri sağlayan algoritma olduğu, ek olarak karar ağacı, naive bayes ve rastsal ormanın da iyi sonuçlar veren teknikler olduğu bulunmuş.
(Abu Zohair, 2019)	Küçük bir veri kümesi boyutunu eğitme ve modelleme olasılığını ve güvenilir doğruluk oranına sahip bir tahmin modeli oluşturmanın fizibilitesini kanıtlamak.	Yapay sinir ağı, Naïve Bayes, Destek vektör, K en yakın komşu ve Lineer	311 yüksek lisans öğrencisi	Yüksek lisans düzeyinde 11 dersin verileri	%76 isabet değeri ile en yüksek başarı destek vektör makinesinde bulunmuş olsa da bu durumun nedenini model başarısında değil veri toplanmasından ve veri çeşidinden kaynaklandığı vurgulanmış.

		diskriminant analizi			
(Namoun ve Alshanqiti, 2020)	Akademik başarının yalnızca öğrenci öğrenme çıktıları kullanılarak ölçüldüğü öğrenci performansının tahmininde kullanılan akıllı tekniklere ilişkin temel bir anlayış sunmak amacıyla 2010 ile Kasım 2020 arasındaki çalışmaların incelenmesi.	Alanyazın taraması	62 makale	ACM, IEEE Xplore, Google Scholar, Science Direct, Scopus, Springer ve Web of Science	Öğrenci performansını sınıflandırmak için sıklıkla regresyon ve denetimli makine öğrenimi modelleri kullanıldığı, öğrencilerin çevrimiçi öğrenme faaliyetleri, dönem değerlendirme notları ve öğrencilerin akademik duygularının öğrenme çıktılarının en belirgin belirleyicileri olduğu.
(Sandeep vd., 2020)	Gizli Markov modelleri ve Kalman filtreleri gibi Bayes filtreleme yaklaşımlarının ve uzun kısa bellek (LSTM) modeli gibi derin öğrenme yaklaşımlarının, kullanıcı beceri düzeyini tahmin etmek ve uygun görev zorluklarını öngörmek için nasıl yararlı yöntemler olabileceğini incel	Filtreleme, Hidden Markov derin öğrenme modeli	262 üniversite öğrencisi	20 dakikalık 16-20 adet arası eğitim videoları	Filtreleme ve derin öğrenme yaklaşımlarının bilişsel görevleri yerine getirirken katılımcıların altta yatan becerilerini tahmin etmek için güçlü yaklaşımlar olarak hizmet edebileceğini göstermiş.

(Yibulayimu vd., 2022)	Liposuction cerrahisinde stajyer performansını otomatik olarak değerlendiren ve görsel postoperatif ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlayan açıklanabilir bir cerrahi beceri değerlendirme yöntemini doğrulama	Rastsal orman, Gradyan destekli makine	3 deneyimli uzman, 9 yeni uzman cerrah	Hareket ve kuvvet verilerinden oluşan liposuction ameliyatı veri kümeleri	Klinik ve taklit liposuction ameliyatı modellerinde %89 ila %94 arasında değişen iyimser doğruluk
(Yao ve Li, 2022)	Spora özgü becerilerin eğitimi ve değerlendirilmesi için bir sistem oluşturmak üzere makine öğreniminin ilgili teori ve teknolojilerini kullanmak.	Karar ağacı, Rastsal orman, Destek vektör makinesi, Çoklu doğrusal regresyon.	Bir erkek bir kadın, iki sporcu	4 metrikte 3 set eğitim video verileri.	Deneklerin özel puanları öncekilere kıyasla %1,51 oranında arttığı, modelin antrenörlerin antrenman etkilerini etkili bir şekilde değerlendirebildiği, sporcuların yetenek gelişimini daha iyi izlemesi için ölçülebilir bir standart sağladığı.
(Lavanchy vd., 2021)	Makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak laparoskopik kolesistektomi videolarında cerrahi beceri değerlendirmesini otomatikleştirmek.	Üç aşamalı bir makine öğrenimi yöntemi: Evrişimsel sinir ağı, hareket	242 ameliyat videosu	Bu üç aşamalı modelleme yaklaşımı, iyi ve kötü cerrahi beceriyi ayırt etmede %87 ± 0,2'lik bir	Bu teknik cerrahi becerinin derecesini güvenilir bir şekilde ölçemese de cerrahi beceri değerlendirmesinin otomasyonuna yönelik önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir.

		özellikleri ve doğrusal regresyon modeli.		doğruluk elde etmiştir.	
(Pallathadka vd., 2022)	Öğrenci performansını tahmin etmek için makine öğrenimi tabanlı bir çerçeveyi üç makine öğrenme algoritmasından yararlanarak yapılandırmak.	Destek Vektör Makinesi, Rastsal Orman ve Regresyon Analizi	649 öğrenci	Matematik ve Portekizce dersi notları	Destek vektör makinesi %88, rastsal orman %67 ve regresyon analizi %62 oranında başarı göstermiş.
(Zhai, Yin, vd., 2020)	Teknik, geçerlilik ve pedagojik özelliklere sahip bir üçgen çerçeve aracılığıyla makine öğrenimi tabanlı fen ölçme değerlendirmesine ilişkin 49 makaleyi sistematik olarak incelemek.	Sistematik inceleme	-	Makine öğrenimi tabanlı fen ölçme değerlendirmesine ilişkin 49 makale	Çoğu çalışma, yarı veya denetimsiz Makine öğrenmesi yerine makine öğrenmesi tekniklerine dayanmakta, öğrenme rehberliği ve bilimsel sorgulama konusunda etkili olabilmektedir.
(Gardner vd., 2021)	Biçimlendirici değerlendirmede Yapay Zekânın durumunu değerlendirmek, otomatik kompozisyon puanlama sistemleri ve bilgisayarlı uyarlanabilir	Eleştirel makale	-	Otomatik kompozisyon puanlaması, Bilgisayarlı uyarlamalı test	Yetenek ve değerlendirme karakteristik eşleştirmesinde, insan yargısının yönlerini taklit etmede ve karmaşık süreç verileriyle ilgili makine eğitiminde hızlı hareket eden

	testlere ve bunları destekleyen makine öğrenimine yönelik Büyük Veri analizi yaklaşımlarına eleştirel bir bakış açısı sunmak.				gelişmelerin entegrasyonunda ilgi çekici uygulamalara gebedir.
(Ariely vd., 2022)	Biçimlendirici değerlendirme için geliştirilmiş ayrıntılı analitik dereceli puanlama anahtarlarına göre Biyolojideki öğrenci bilimsel açıklamalarını otomatik olarak puanlamak.	Evrişimsel sinir ağı	669 lise öğrencisi	Üç adet açık uçlu soru, Analitik rubrik,	Bilimsel açıklamaların değerlendirilmesinde insan uzmanlarla yüksek düzeyde bir uyuma ulaştığı ve güvenilir puanlama modelleri oluşturmak için tipik olarak ~500 örneğin yeterli olduğu.
(Zhai, 2021)	Fen öğretiminin makine öğrenmesi yardımıyla değerlendirilmesinde kullanılan dört temel değerlendirme uygulamasını belirleyerek hem öğrenme hem de öğrenme için değerlendirmenin “pratik” doğasının bir ifadesi ile başlamak: öğrenme hedeflerini belirleme, performansı ortaya	Meta-sentez	-	“Applying machine learning in science assessment: Opportunity and challenges.” Özel sayısında yayınlanan 10 makale	Makine öğrenmesinin, değerlendirmelerin karmaşık, çeşitli ve yapısal yapıları hedeflemesine ve böylece Yeni Nesil'in üç boyutlu bilim öğrenme hedeflerine daha iyi yaklaşmasına olanak tanıdığı; performansı ortaya çıkarmak ve kanıt toplamak için kullanılan yaklaşımları genişlettiği; gözlemleri daha iyi yorumlamak ve kanıtları kullanmak

	çıkarma, gözlemleri yorumlama ve karar verme ve harekete geçme				için bir araç sağladığı; anında ve karmaşık karar vermeyi ve harekete geçmeyi desteklediği.
(Wei vd., 2018)	Çeşitli sınıflardaki Yabancı Diller lisans öğrencileri arasındaki öğrenme stilindeki değişiklikleri araştırmak.	Destek vektör makinesi	-	Öğrenme stilleri indeksi,	Makine öğrenmesi tekniğinin ikinci/yabancı dil bağlamında çeşitli sınıflardaki öğrenme stillerinin değişimini değerlendirmede etkili olduğu.
(Bennett, 1990)	Yapılandırılmış yanıt testi, yapay zekâya dayalı puanlama yöntemleri ve bilişsel olarak motive edilmiş ölçüm modellerinin bir entegrasyonunu sunmak.	Microproust GIDE	-	Sorgulama temelli ölçme; HOST ve HYBRID sistemleri	Yapay zekâ ile ölçme değerlendirme sistemlerinin entegrasyonu için sorgulamanın önemli bir etken olduğu.
(Diyer vd., 2020)	Dikkat çekici bir hassasiyetle beceri değerlendirme stratejisine dayanan bir değerlendirme yaklaşımı önermek.	Karar ağacı	-	Çeşitli bilimsel süreç becerilerinin ölçümleri	Her öğrencinin beceri düzeyini dikkate alan otomatik bir yöntemi benimseyerek muazzam ilerlemeyi takip eden bir değerlendirmeye olanak sağlar.

(Zawacki-Richter vd., 2019)	Sistematik inceleme yoluyla yüksek öğretimde yapay zekâ uygulamalarına ilişkin araştırmalara genel bir bakış sağlamak.	Sistematik inceleme	-	2007 ve 2018 arasında yayımlanmış 146 makale	Eğitimde Yapay Zekâ makalelerinde yer alan disiplinlerin çoğunun Bilgisayar Bilimi ve STEM'le ilgili olduğu ve ampirik çalışmalarda en sık kullanılan nicel yöntemlerin olduğu.
(Paek ve Kim, 2021)	Eğitimde yapay zekâda ağ analizi, konu modelleme ve küresel araştırma eğilimleri yoluyla araştırma eğilimlerini ve iş birliği durumunu ülkelere göre incelemek.	Latent dirichlet allocation	-	Web of Science veri tabanında 35 makale	Eğitim araştırmalarında yapay zekânın daha tematik olarak çeşitlendirilmiş ve derinlemesine olması gerektiği.
(Saravana Kumar, 2019)	Öğrenci performansını değerlendirmede ve öğretimde kullanılabilecek bir yapay zekâ platformu önermek.	Şekil tanıma algoritması	-	Google asistan	Öğrenciye tüm süreç boyunca yardımcı olan yapay zekâ ile başarılı bir öğrenme ortamı olduğu.
(Yang vd., 2021)	Alanyazında bulunan yapay zekâ araştırmalarını, yapay zekâ eğitimini, politikasını ve insan durumunu iyileştirmek için uygulamayı ilerletmek için kullanılabilecek yeni tasarım	Araştırma makalesi	-	Alanyazın taraması	Akıllı yapay zekâ araştırmalar yapmak için "belirli, ölçülebilir, üzerinde anlaşmaya varılmış, gerçekçi ve zamana dayalı" hedefler belirlenmelidir.

	yöntemlerini ve araçlarını değerlendirmek.				
(González-Calatayud vd., 2021)	Sistematik bir incelemeye dayalı olarak öğrenci değerlendirmesi için yapay zekânın kullanımını analiz etmek.	Sistematik inceleme	22 makale	Scopus Web of Science	Yapay zekânın daha çok biçimlendirici değerlendirmede kullanıldığı, teknik yönünden ziyade pedagojik tarafının eksik kaldığı, otomatik notlandırma konusunda başarılı olduğu.
(Cope vd., 2020)	Makine zekâsının doğasının, eğitimdeki sınırları ve potansiyellerinin neler olduğunu ortaya çıkarmak.	Tarama modeli	146 yüksek lisans ve doktora öğrencisi	6 haftalık ders, akran değerlendirmesi, Analitik uygulaması	Yapay zekânın insan zekâsından çok farklı çalışması nedeniyle hiçbir şekilde öğretmen rolünü "üstlenmeyeceği", belirli sınırlar dahilinde, eğitimi daha insani kılacak şekilde dönüştürme potansiyeli sunduğu.
(Al Braiki vd., 2020)	Yapay zekâ ile ilgili en son teknolojinin eğitimde, özellikle ders değerlendirmede uygulamalarını araştırmak.	Beyin-makine ara yüzü Tekrarlayan Sinir Ağları	-	Sanal yardımcı öğretmen Sınıflama teknikleri Büyük açık çevrimiçi kurs analizleri	Yapay zekâ uygulamalarının mevcut öğretim uygulamalarını daha kabul edilebilir bir şekilde yeniden şekillendirerek özünü taşıma becerisinde yeterince ilerlediği.

(Xiao ve Yi, 2020)	Mesleki eğitimde öğretim organizasyonunu geliştirmek ve geliştirilmiş öğretim organizasyonuna dayalı bir istendik özellik seçim modeli önermek.	Yapay sinir ağları	300 yüksek mesleki eğitim öğrencisi	Öğrenci çalışma formları, akran değerlendirmeleri, öğretmen gözlemleri, öz değerlendirme.	Makine öğrenimi modelindeki özelliklerin seçilmesine dayanan sistemin, mesleki öğretim için pratik ve verimli bir çoklu değerlendirme sağlayabileceği.
(Sheik Abdullah vd., 2021)	Öğrencilerin COVID-19 salgını sırasında psikolojik sıkıntıların üstesinden gelmeleri için makine öğrenimi tekniklerini kullanarak aldıkları psikoterapötik desteği değerlendirmek.	Yapay sinir ağı ve genetik algoritma hibriti	775 öğrenci	Çevrimiçi sınav Ters yüz sınıf etkinliği Çevrimiçi kurslar Prototip tasarımı Araştırma önerisi	Öğrenme ortamına yönelik etkileşim ve tepki odaklı Davranışçılığa katkıda bulunan faktörler, öğrencinin akademik performansının değişmesinde önemli bir rol oynar.
(Abdullah vd., 2023)	e-öğrenme verilerini kullanarak öğrencilerin akademik performanslarının nasıl tahmin edilebileceğini ve 2020 bahar döneminde e-öğrenme deneyiminin öğrenciler üzerindeki etkisini araştırmak	rastgele orman (RF), Bayesian ridge (BR), uyarlanabilir boosting (AdaBoost) ve aşırı gradyan boosting (XGBoost)	4874 üniversite öğrencisi	Öğrencilerin e-öğrenme süreçlerine dair üniversite sistem kayıtları	Rastsal orman ve XGBoost için topluluk modelinin en iyi performansı verdiği, Adaboost modelinin ise en iyi performansı tüm derslerde vermese de bazı derslerde en iyi performansı verdiği.

(Ajibade vd., 2020)	Öğrencilerin davranışsal özellikleri olarak bilinen yeni özellikleri içeren veri madenciliği yöntemlerine dayanan öğrenciler için yeni bir performans tahmin modeli önermek	Naïve Bayesian (NB), Decision Tree (DT), K-Nearest Neighbor (KNN), Diskriminant Analizi (Disc) ve İkili Birleştirme (PWC) ve Adaboost gibi güçlendiriciler.	480 öğrenme yönetim sistem verisi	16 akademik ve demografik özellik	Öğrencilerin davranışları ile akademik performansları arasında güçlü bir ilişki olduğu, önerilen modelin doğruluğu davranışsal özelliklerle %84,2'ye ulaşırken, davranışsal özellikler olmadan %72,6'ya ulaştığı ve akademik performansı iyileştirmek için sınıflandırıcılara topluluk yöntemleri (Adaboost) uygulandığında %94,1'lik bir doğruluk elde edildiği.
(Dials vd., 2023)	Simüle edilmiş endoskopik tüp mide ameliyatı (ESG) için nicel performans ölçümüne yönelik derecelendirme ölçütleri geliştirerek denekleri uzmanlar ve acemiler olarak sınıflandırmak için sentetik veri üretimi ve makine öğrenimi teknikleri	Destek vektör makinesi (DVM), AdaBoost, K-en yakın komşu (KNN) Çekirdek Fisher diskriminant	-	7 mide tüp ameliyatı videosu içinde 45 görev	SVM, KFDA, AdaBoost, KNN, rastgele orman, karar ağacı SVM ve AdaBoost için olmak üzere altı sınıflandırıcıdan eğitim sonuçları sırasıyla 0.94, 0.94, 1.00, 1.00, 1.00 ve 1.00 doğruluk ve test sonuçları için 1.00 doğruluk elde edilmiş.

	kullanılarak beceri seviyesi analizini genişletmek.	analizi (KFDA), rastgele orman ve karar ağacı			
(Nehm vd., 2012)	Öğrencilerin evrimsel değişime ilişkin yazılı açıklamalarının doğruluğunu otomatik olarak değerlendirmek.	Side	565 lisans öğrencisi	2.260 evrimsel açıklama	Sistemin performansının, puanlama modelleri tek tek öğe düzeyinde test edildiğinde en etkili yöntem olduğu.
(Elden vd., 2013)	AdaBoost topluluğunu "Ada-GA" adı verilen basit bir genetik algoritma ile kullanan ve genetik algoritmanın birleşik sınıflandırıcı performansının doğruluğunu başarıyla artırdığı gösterilen bir hızlı öğrenme algoritması tasarlayıp değerlendirmek.	Ada/GA algoritması	-	ASSISTments veri kümesi	Ada-GA algoritmasının, özellikle çok büyük sınıflarda risk altındaki öğrencileri erken tespit etmede önemli bir faydası olduğu
(Firdaus vd., 2019)	Adaboost ile geliştirilmiş Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) makine öğrenimi sınıflandırması kullanarak Yazılım Mühendisliğinde öğrenci	Adaboost	214 üniversite öğrencisi	Malezya Üniversitesi İngilizce Sınavı verileri	Öğrenci performansını yordamada %87.76 başarı (kesinlik) elde edilmiş.

	performansı için bir tahmin gerçekleştirmek				
(Mahboob vd., 2017)	Makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak adil ve şeffaf öğrenci değerlendirmesini tahmin etmek.	Karar ağacı Naive Bayes Rastsal orman	60 öğrenci	Sınav, Ödev, Proje ve Ara Sınav Notları	Karar ağacı %93,3, Naive Bayes %86,6 ve Rastsal orman %100 örneğin doğru sınıflandırıldığını göstermiş.
(Ghatasheh, 2015)	Makine öğrenimi ve kullanıcı etkinliği analizinin bilgi düzeyi için otomatik bir değerlendirici rolü oynadığı özerk ve akıllı bir e-öğrenme sisteminin bir tasarımını incelemek.	Destek vektör makinesi	403 öğrenci	Sınav sonuçları, çalışma süresi, sınavı tekrarlama sayısı.	Örneklerin %98,6'sı doğru sınıflandırıldığından, bilgi düzeylerini değerlendirmede bir destek vektörü makine modelinin başarılı olduğu.
(Zhai, Shi, vd., 2021)	Makine öğrenmesinin puanlama başarısına en güçlü şekilde katkıda bulunan faktörleri belirlemek için makine-insan skor anlaşmalarına ilişkin bir meta-analiz yapmak.	Meta-analiz	-	110 makale	Algoritma ve konu alanının, diğer faktörlerden önemli ölçüde daha büyük etkilere sahip olduğu, yapay zekânın başarısında önemli olduğu.
(Zhai, Krajcik, vd., 2021)	Makine öğrenimi tabanlı yeni nesil fen değerlendirmelerinin geliştirilmesi, yorumlanması ve	Teorik araştırma	-	Alanyazın	Geçerli yorumlama ve makine puanlarının kullanımını sağlamak için

	kullanılmasına yönelik bir geçerlilik çıkarım ağı sağlamak.				yedi aşamalı bir geçerlilik çıkarım ağının kullanılabileceği.
(Zhai, Haudek, vd., 2020)	Yapılandırılmış yanıtlara ait yapay zekâ puanlarını ve insan puanlarını postansiyel yapıyla alakasız varyans açısından değerlendirmek.	Çok yönlü Rasch ölçüm modeli	187 fen bilgisi öğretmeni	Yapılandırılmış yanıtlı üç video sorusu	Senaryoların değişkenliğinin öğretmenlerin performansını etkilediği, makinenin insanlara kıyasla daha ciddi değerlendirmeler yaptığı.
(Mao vd., 2018)	Öğrencilerin bilimsel argümanları oluşturmalarını ve gözden geçirmelerini desteklemek için bilgisayar tabanlı bir biçimlendirici değerlendirme geliştirmek.	Destek vektör makinesi	1180 ortaokul öğrencisi	8 açıklama maddesi ve 8 belirsizlik gerekçelendirme maddesi	Otomatik puanların, insan puanlarıyla tatmin edici bir uyum gösterdiği, öğrencileri cevaplarını gözden geçirmeye teşvik ettiği.
(Lottridge vd., 2018)	Yeni bir puan-yetenek derecelendirme ölçeği kullanarak öğelerin makine puanlanabilirliğini değerlendirmek ve hangi derecelendirmelerin gözlemlenen otomatik puanlama performansını yordadığını belirlemek.	Gradyan destekli makine, evrişimsel sinir ağları, doğrusal regresyon, rastsal orman, destek vektör makinesi	21 madde için 1119-7103 arasında 8 ve 9. sınıf öğrencisi	5 Okuma maddesi, 6 Fen maddesi ve 10 Matematik maddesi	Puan-yetenek puanlarının Fen puanı-yeteneği ile orta derecede ilişkili olduğu, puanların Matematik puanı-yeteneği ile zayıf bir şekilde ilişkili olduğu ve okuma puanı-yeteneği ile ilişkili olmadığı.

(O. L. Liu vd., 2016)	Öğrencilerin karmaşık olayları açıklamak için kanıt kullanmalarını gerektiren 8 bilimsel sorgulama maddesini puanlamak için otomatik bir puanlama motorunun doğruluğunu araştırmak.	Destek vektör regresyonu	8 bilimsel sorgulama maddesi için 379 ile 1922 arasında değişen ortaokul öğrencileri	8 bilimsel sorgulama maddesi	Otomatik puanlamanın, tüm test katılımcıları ve ayrıca belirli alt gruplar için insan puanlamasıyla tatmin edici bir uyum gösterdiği.
(Maestrales vd., 2021)	Yapılandırılmış yanıt öğelerinin insan puanlamasına alternatif olarak bir makine öğrenimi metin analizi protokolünün kullanımını ve doğruluğunu incelemek.		6700 lise öğrencisi	Çok boyutlu 4 fizik ve kimya maddesi	Makine puanlama algoritmalarının, aynı öğeler üzerinde insan puanlayıcılarla karşılaştırılabilir puanlama doğruluğu elde ettiği.
(Beggrow vd., 2014)	Öğrencilerin evrimsel değişimin nedenlerine ilişkin yazılı açıklamalarının kalitesini değerlendirmek için ücretsiz, açık kaynaklı bir makine öğrenimi aracının etkinliğini incelemek.	Rasch analizi	104 lisans öğrencisi	İnsanlar tarafından puanlanmış yazılı açıklamalar, bir çoktan seçmeli test ve klinik sözlü görüşmeler	Rasch analizinin bilgisayarla puanlanan yazılı açıklama ölçütlerinin sözlü görüşme ölçütlerine en güçlü karşılık verdiği, öğrencilerin bilimsel fikirlerini insan tarafından puanlanan açıklamalar kadar doğru değerlendirdiği.

Ölçme değerlendirmede yapay zekâ kullanımına ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde, en sık kullanılan makine öğrenmesi metodunun destek vektör makinesi tekniği olduğu (Abu Zohair, 2019; Dials vd., 2023; Ghatasheh, 2015; O. L. Liu vd., 2016; Lottridge vd., 2018; Pallathadka vd., 2022; Wei vd., 2018; Yao ve Li, 2022), bu yöntemin çoğu araştırmada öğrencilerin değerlendirilmesi konusunda başarılı bulunduğu görülmektedir. Öte yandan yapılan çalışmaların örneklemlerinde 60 öğrenci ile 7103 öğrenci arasında çok çeşitli sayılarda bir çalışma grubundan veri toplandığı, makine öğrenmesinin doğası ile uyumlu şekilde daha yüksek örneklemlerle yapılan çalışmalarda ulaşılan sonuçların daha yüksek yordama başarısına işaret ettiği görülmektedir (Abdullah vd., 2023; Maestrales vd., 2021; Mao vd., 2018; Sheik Abdullah vd., 2021). Bununla birlikte yapay zekâ uygulamalarının başarı düzeylerinin teknolojinin gelişimine paralel olarak çalışmanın yapıldığı yıl ile birlikte giderek daha iyi sonuçlar verdiği, sonuçların daha iyi olabilmesi için yapay zekânın tekniğinden ziyade ölçme değerlendirmenin konu içeriği ve pedagojik yönden güçlendirmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır (Al Braiki vd., 2020; González-Calatayud vd., 2021; Zhai, Shi, vd., 2021). Yapay zekânın eğitimde ölçme değerlendirme alanında en çok öğrenci akademik başarısını ve performansını yordamada kullanıldığı (Abdullah vd., 2023; Baashar vd., 2022; Felix vd., 2018; Mahboob vd., 2017; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Nehm vd., 2012; Pallathadka vd., 2022; Prasanna Kumari ve Usha Rani, 2017; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), bunun yanında öğrencilerin davranışsal özelliklerine ve becerisine yönelik çok az sayıda çalışmanın olduğu (Ajibade vd., 2020; Beggrow vd., 2014; Mao vd., 2018; Nehm vd., 2012; Yao ve Li, 2022; Yibulayimu vd., 2022) ve bu yüzden, özellikle bilimsel süreç becerilerinin yordanmasında yapay zekâdan faydalanılması konusunda bir eksikliğin bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle bu çalışma, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ yardımıyla yordanabilirliğine ve bu yordamanın üstün yetenekli öğrencilerdeki etkililiğine odaklanarak, alanyazına bu açılardan bir katkı sağlamayı hedeflemektedir. Ölçme değerlendirme işleminin konu içeriği ve pedagojik yönden desteklenmesinin bu hedefe ulaşmada yarar sağlayacağından, ölçmede kullanılacak veri toplama araçlarının ölçülmek istenen standartlarla mümkün olduğunca uyumlu olduğundan emin olunması gerekmektedir. Bu nedenle hazırlanan veri toplama araçları, Webb uyumsama süreci doğrultusunda değerlendirilerek istenen özellikleri daha doğru bir şekilde ölçmeleri sağlanmıştır.

Webb tarafından alanyazına kazandırılan (Webb, 1997) ve geliştirilen (2005, 2007, 2015) uyumsama süreci ile ilgili araştırmalar Tablo 9 ile gösterilmiş olup, bu araştırmalar da yapay zekâ alanında olduğu gibi ölçme ve değerlendirme ile ilişkisi gözetilerek seçilmiştir.

Tablo 9

Webb'in uyumsama süreci ile ilgili yapılan çalışmalar.

Yazar / Yıl	Amaç	Yöntem/teknik	Çalışma Grubu	Veri	Sonuç
(Newton ve Kasten, 2013)	Matematik standartları ve değerlendirmeler arasındaki uyumu inceleyerek, standartlar ve değerlendirmeler arasındaki uyumu ölçen 2 modeli, yasal müfredat anketlerini ve Webb uyum aracını incelemek.	Tarama	3, 4 ve 5. sınıf öğrencileri (sayısı belirsiz)	40'ar soruluk çoktan seçmeli ve açık uçlu değerlendirme soruları	Her iki modelin olanaklarını ve sınırlamaları olduğu, Webb uyumsama aracının kullanımında başka metotlardan da yararlanılmasının faydalı olacağı.
(Escobar, 2016)	Amerika Birleşik Devletleri ve El Salvador'daki sınıf öğretmeni adaylarının matematik programlarının Standartlar-değerlendirme açısından ne ölçüde uyumsama gösterdiğini ortaya çıkarmak.	Karma yöntem	İki ülkeden 30'ar öğretmen adayı	İlköğretimde Öğretmenler için Çalışma Planı standartları İlköğretim öğretmenleri için matematik sınav örnekleri	Amerika Birleşik Devletleri ve El Salvador'daki ilkokul öğretmeni hazırlık programları için ulusal standartlar uyumludur. Temel fark, El Salvador programının pedagojik bilgi ve becerileri ele alan standartları da içermesi ve bunların ABD standartlarında bulunmamasıdır.

(Traynor vd., 2020)	14 ABD eyaletinin başarı testlerinin uyumsama incelemelerinden elde edilen puanlayıcı verilerini kullanarak, Webb tarafından geliştirilen üç uyumsama endeksi için gözlemlenen dağılımları incelemek ve standart hataları tahmin etmek.	Doküman analizi	-	14 farklı eyaletten 18 uyumsama raporu	Temsil dengesi endeksi için önerilen kritere dayalı uyum kararlarının belirsiz olabileceği ve bilgi derinliği tutarlılık endeksi kriterinin gözden geçirilmesi gerektiği.
(Näsström, 2008)	Standartlar ve değerlendirmeler arasındaki uyumu analiz etmek için modellerin kullanışlılığını Bloom'un yenilenmiş taksonomisine vurgu yaparak araştırmak	Doküman analizi	-	Araştırmacı tarafından yapılan 5 farklı uygulama verisi	Genel ve belirsiz standartlarla, sağlam bir psikometrik temelde mükemmel hizalanmış değerlendirmeler oluşturmak zordur. Tüm araçlarla yüksek derecede uyum için çabalamak hem standartları hem de değerlendirmeleri ve öğrencilerin öğrenmesini olumsuz etkileyebilir.
(Martone ve Sireci, 2009)	Uygun değerlendirme ve öğretimi kolaylaştırmak için uyumsamanın önemini tartışmak, durum içerik standartları ve değerlendirmeler	Tartışma	-	Üç farklı uyumsama yöntemi	Uyum yöntemi seçiminin bir eyalet veya bölgenin belirli hedeflerine bağlı olduğu ve standartlar-değerlendirme-öğretim döngüsünün

	arasındaki uyumu değerlendirmek için en yaygın üç yöntemi tanımlamak, bu yöntemlerin göreceli güçlü yanlarını ve sınırlamalarını ve her yöntemin uygulama örneklerini tartışmak.			(Webb, Achieve ve SEC)	öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştırmasını sağlamak için uyum araştırmasının kritik olduğu.
(Kurz vd., 2010)	18 genel ve özel eğitim öğretmeni için planlanan ve yürürlüğe giren sekizinci sınıf matematik müfredatının içeriğini ve Yasal Müfredat Anketleri aracılığıyla devlet standartlarına uyumunu incelemek.	İçerik analizi	238 öğrenci 18 öğretmen	Üç biçimlendirici değerlendirme ve buna karşılık gelen durum testi	genel ve özel eğitim öğretmenleri arasında önemli bir fark olmaksızın, planlanan ve yürürlüğe giren müfredatın devlet standartlarına uyumunun düşük olduğu.
(DeLuca ve Bellara, 2013)	Öğretmen eğitimi akreditasyon politikaları, öğretmen değerlendirme uygulaması için profesyonel standartlar ve hizmet öncesi değerlendirme dersi müfredatı arasındaki uyumu analiz etmek.	Doküman analizi	-	İki politika belgesi, iki profesyonel standart belgesi ve Florida merkezli 10 Öğretmen Eğitimi Akreditasyon Konseyi onaylı öğretmen eğitimi	Florida standartları, politika belgeleri ve müfredatı arasında bilgi derinliği dışında yüksek bir uyumsama olduğu.

				programından ders programları	
(Wyse ve Viger, 2011)	Madde yazarlarının Webb uyumsama prosedüründen Bilgi Derinliği tanımının bileşenlerini ne kadar iyi anladığını araştırmak.	Tarama	21 madde yazarı	Bilginin Derinliği Anketi	Birçok madde yazarının Bilgi Derinliğinin temel özelliklerini yeterli düzeyde anladığı, madde yazarlarına bu eğitimin verilmesinin önemli olduğu.
(Akbulut ve Çepni, 2013)	Webb'in (1997) öğretim programı kazanımları ile yapılan sınavların uyumunu incelemek için kullandığı ölçütler incelenerek bir ünite için başarı testi geliştirmeye yönelik aşamalar oluşturmak.	Başarı testi geliştirme ve değerlendirme	126 8. sınıf öğrencisi	7. sınıf Kuvvet ve Hareket ünitesi başarı testi	Test geliştirime süreci başlığı altında Webb'in ölçütleri uyarlanarak test geliştirme ölçütleri oluşturulmuş ve geçerliği güvenirliği sağlanmış, kazanımlar ile uyumlu bir başarı testi geliştirilmiş.
(Beck, 2007)	Uyumsama süreci ve politikaları hakkında birkaç gözlem sunmak ve makalelerde dile getirilen seçilmiş konular hakkında bir bütün olarak ve bireysel olarak kısaca yorum yapmak.	İnceleme	-	5 adet makale	Webb'in uyumsama sürecinin değerlendirme için sağlam bir temel oluşturduğu, bunun yanında inisiyatif kullanmanın önemi.

(Welch ve Dunbar, 2020)	Uyumun sınava girenlerin performansı üzerindeki etkisini analiz etmek ve doğrulamaya yönelik argümana dayalı bir yaklaşımda uyumsamanın üstlenmesi gereken rolü anlamak.	Doküman analizi	7 adet madde puanlayıcı	5. sınıfa ait 60 madde ve 6. sınıfa ait 65 maddenin değerlendirilmesi	Uyumsama derecesinin yetenek tahminleri ve bu tahminlerin yorumlanması üzerinde çok az etkisi olduğu.
(D. Anderson vd., 2015)	Standartlarla madde uyumunu değerlendirmek için çevrimiçi tasarımlar aracılığıyla gizli özellik yöntemlerinin kullanımını önermek ve analistin puanlayıcı ciddiyetini düzeltmesine ve iç değerlendirici güvenilirliğini belgelemesine olanak tanımak.	Doküman analizi	15 ortaokul matematik öğretmeni	1345 ortaokul matematik soru maddesi	Puanlayıcı etkileri istatistiksel olarak kontrol edildiğinde madde uyumsamasında önemli farklılıkların gözlemlenebileceği.
(Cizek vd., 2018)	Yaygın olarak kullanılan çağdaş uyumsama prosedürleri incelemek, mevcut uyumsama yaklaşımlarındaki bazı temel zayıflıkları tespit etmek, uyumsama yöntemlerini	İnceleme	-	Üç farklı uyumsama yöntemi (Webb, Achieve ve SEC)	Geleneksel uyumsama yaklaşımları, çoğu zaman düşük güvenilirlikte sonuçlar verir ve çoğu zaman belirli bir uygulamaya iyi uyum sağlayamayacak kadar öznel kriterler içerir.

	değerlendirmek ve uyumsama için yeni bir yaklaşım önermek.				
(Traynor, 2017)	10 ABD eyaletinden matematik standartları içerik analizi verilerini ve başarı testi öğesi verilerini kullanarak, konuya özel hizalama ve test öğesi performansı arasındaki ilişkiyi incelemek.	Doküman analizi	2092 8. sınıf öğrencisi	2007 NAEP ve TIMSS verileri	Belirli bir maddenin içerik türü standartlar tarafından vurgulandığında, hizalama ölçüsü ile orantı-doğru test maddesi zorluğu arasında pozitif bir ilişki olduğu.
(Sforza, 2014)	Yaratıcılık, eleştirel düşünme, strateji oluşturma ve problem çözme gibi 21. yüzyıl becerilerinin, New Jersey Temel Müfredat İçerik Standartlarında vurgulanan 21. yüzyıl becerilerine kıyasla Ortak Çekirdek Devlet Standartlarına (CCSS) ne ölçüde uyumsandığını ortaya çıkarmak.	İçerik analizi		New Jersey Temel Müfredat İçerik Standartları Ortak Çekirdek Devlet Standartları Bilginin derinliğinin tutarlılığı	9-12 sınıf seviyelerinde İngilizce ve matematik derslerinin bilginin derinliğinin tutarlılığı bakımından New Jersey Temel Müfredat İçerik Standartları daha üst düzeyde bulunmuş.

Tablo 9 incelendiğinde, Webb'in uyumsama sürecinin özellikle 21. yüzyıl becerileri (Sforza, 2014), matematik ve fen alanlarının gelişimi (Akbulut ve Çepni, 2013; Escobar, 2016; Kurz vd., 2010; Newton ve Kasten, 2013) ve başarı testlerinde standartlar ile değerlendirmelerin uyumunu sağlamak (D. Anderson vd., 2015; Näsström, 2008; Traynor vd., 2020; Welch ve Dunbar, 2020; Wyse ve Viger, 2011) amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Literatürden ortaya çıkan sonuç ise bu uyumsama sürecinin adımlarının standartlar ile içerikler arasındaki uyum hakkında önemli

bir kontrol mekanizması görevi görebileceği, bilgi derinliği ve temsilin dengesi gibi ölçütler sayesinde daha tutarlı ve geçerli ölçüm araçları geliştirilmesine yardımcı olacağıdır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında standartlar (bilimsel süreç becerileri) ile değerlendirmeler (çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi ve beceri temelli çoktan seçmeli sorular) arasındaki uyumun sağlanması amacıyla Webb uyumsama süreci takip edilmiş ve böylelikle geçerliği daha yüksek ölçümlerin yapay zekâ yordamasında eğitim veri seti olarak kullanılması amaçlanmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. Araştırma Deseni

Araştırma, yapısı itibarı ile öğrencilerin ve üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini belirlemeye ve bu becerilerdeki muhtemel eksiklikleri yordayacak bir sınıflama modeli geliştirmeye dayanmaktadır. Bu nedenle, araştırmanın odak noktası geliştirilen sınıflama modelinin etkililiğinin değerlendirilmesidir. Yapay zekâ kullanılarak öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmek için geliştirilen bir sınıflandırma modelinin etkililiğini değerlendirmek için tasarım tabanlı bir araştırma yöntemi kullanılmıştır. Tasarım tabanlı araştırma, eğitim müdahalelerinin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesini içeren sistematik ve yinelemeli bir yaklaşımdır (Çolak ve Dolapçıoğlu, 2022). Bu yöntem, araştırmacıların gerçek dünyadaki bir eğitim ortamında belirli bir müdahalenin veya modelin etkinliğini araştırmasına olanak tanır. Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmeye yönelik sınıflandırma modelinin etkililiğinin değerlendirilmesi bağlamında tasarım tabanlı araştırma yöntemi aşağıdaki şekilde uygulanmıştır:

1. Müdahalenin Tasarlanması: Araştırmacılar, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmek için yapay zekâ tekniklerini kullanan bir sınıflandırma modeli tasarlamıştır. Model, ilgili değişkenleri ve bilimsel süreç becerilerinin göstergelerini içeren bir veri kümesi üzerinde eğitilmiştir.

2. Müdahalenin Uygulanması: Araştırmacılar sınıflandırma modelini gerçek bir eğitim ortamında uygulamıştır. Model, öğrencilerin beceri temelli sorulardaki performanslarına dayalı olarak bilimsel süreç becerilerini tahmin etmek için kullanılmıştır.

3. Veri Toplama: Araştırmacılar, sınıflandırma modelini kullanarak öğrencilerin bilimsel süreç becerileri hakkında veri toplamıştır. Bu veriler, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ve beceri temelli sorulardaki başarılarını içermektedir.

4. Verilerin Analiz Edilmesi: Toplanan veriler, sınıflandırma modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamadaki etkililiğini değerlendirmek için analiz edilmiştir. Tahmin edilen beceriler ile öğrencilerin gerçek becerileri arasındaki ilişkiyi incelemek için istatistiksel analiz teknikleri ve performans ölçütleri kullanılmıştır.

5. Yinelemeli İyileştirme: Veri analizinden elde edilen bulgulara dayanarak, araştırmacılar gerekirse sınıflandırma modelini iyileştirecektir. Bu yinelemeli süreç, modelin

öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmedeki etkinliğinin sürekli olarak iyileştirilmesine ve optimize edilmesine olanak tanır.

Tasarım tabanlı bir araştırma yöntemi kullanarak, yapay zekâ teknikleri kullanılarak geliştirilen sınıflandırma modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmedeki etkinliği sistematik olarak değerlendirilebilir. Bu yöntem, ampirik kanıtların toplanmasına ve modelin gerçek dünya verilerine dayalı olarak iyileştirilmesine olanak tanıyarak geçerliliğini ve güvenilirliğini sağlar. Bu amaca yönelik olarak araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının araştırmanın amaçlarına uygunluğu, ölçmeyi hedeflediği bilimsel süreç becerilerinin standartlarıyla uyumsama durumları ve kazanım kapsamları uzmanlardan alınan görüşlerle oluşturulmuştur. Bu görüşler öğrencilerin ve üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerini ortaya çıkarmak amacıyla kullanılan bilimsel süreç beceri ölçeği ile birlikte araştırmanın veri toplama araçlarını oluşturmuştur. Söz konusu araçlar Ek 1 ve Ek 2'de paylaşılmıştır. Veri toplama araçlarından elde edilen veriler daha sonra analiz edilmiş, nicel verilere dönüştürülmüş, bu veriler geçerliliği ve güvenilirliği artırmak amacıyla temizlenmiş (belirli bir şekil ihtiva eden, sürekli tekrar eden ya da tam olarak yanıtlanmamış olan yanıtlar ayıklanmış) ve Orange veri madenciliği yazılımı yardımıyla bilimsel süreç becerilerini yordayan en uygun makine öğrenmesi algoritmasını tespit etmek için kullanılmıştır. Ardından geliştirilen modellerden en uygun metrikleri (F1, kesinlik, duyarlılık, doğruluk ve hassasiyet) sağlayan model seçilmiş (Wei vd., 2018; Zhai, Krajcik, vd., 2021) ve öğrencilerin her bir bilimsel süreç becerisinin ayrı ayrı yordanması sağlanmıştır. Geliştirilen model, ayrıca üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamak için de kullanılmış ve modelin her bir bilimsel süreç becerisini yordamadaki etkililiği değerlendirilmiştir. Araştırma sürecini gösteren şema aşağıda görselleştirilmiştir.

Şekil 8

Araştırma süreci.



Veri toplama araçlarından elde edilen verilerin nicel yöntemlerle madde analizleri, birbiri arasındaki korelasyonları ve çoktan seçmeli beceri temelli maddelerin yapay zekâ yardımıyla bilimsel süreç becerilerini yordama durumları ve yapay zekânın üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamadaki etkililiği ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra araştırmadan elde edilen veriler analiz edilerek ve değerlendirilerek beceri temelli maddelerin bilimsel süreç becerilerini yordama durumlarını ortaya çıkarmak için çeşitli yapay zekâ modelleri oluşturulmuş, bu modellerin etkililikleri yine nicel metriklerden yararlanılarak değerlendirilmiştir.

3.2. Veri Toplama Araçları

Bu bölümde çalışmada veri toplamak amacıyla kullanılan testlerin geliştirilme ve kullanıma hazırlanma sürecine ilişkin adımlara yer verilmiştir. Veri toplama araçlarının geliştirilmesine yönelik izlenen adımlar, aşağıda Şekil 9 ile görselleştirilmiştir.

Şekil 9

Veri toplama araçlarının hazırlanması



3.2.1. Çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi: Bilimsel süreç becerilerinin ölçümü ve bu becerilerden yola çıkılarak beceri temelli sorular üzerinden bilimsel süreç becerilerinin yordanması bakımından kullanılan "Çevrimiçi Bilimsel Süreç Becerileri Testi" Sarıoğlu ve Çepni (2023) tarafından geliştirilmiştir. 8. sınıfta öğrenim görmekte olan öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin belirlenmesi amacına yönelik olarak iki adet video deneyi ile canlandırılan, 2 açık uçlu 15 çoktan seçmeli toplam 17 sorudan oluşan "Çevrim İçi Bilimsel Süreç Becerileri Testi" hazırlanmış, 7 fen eğitimi alan uzmanı akademisyen (5 profesör, 1 doçent ve 1 doktor öğretim üyesi) ve 3 fen bilimleri öğretmeninin (9, 11 ve 17 yıllık meslek deneyimine sahip, soru hazırlama ve ölçme değerlendirme konusunda eğitim almış) uzman görüşüne sunulmuştur. Uzman görüşleri doğrultusunda ifadelerde ve soruların soruluş biçimlerinde gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Bu düzeltmelere örnek olarak "ikinci ve üçüncü seçenek birbirini yanlışlıyor, öğrenci gözlemden değil seçeneklerden çıkarım yaparsa uygun olmaz." ve "Soru kökünde yer alan ikinci cümlenin "İlk boşalan şişenin boşalması, ters çevrildiği andan itibaren kaç saniye sürüyor?" şeklinde değiştirilmesi daha uygun olacaktır." gibi düzeltme önerileri Google formlar aracılığıyla toplanmış gerekli olduğuna karar verilen tüm düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzeltmeler sonrasında kullanıma hazır olduğu varsayılan test, öncelikle 18 öğrenciye pilot uygulama öncesinde sunulmuş ve böylelikle testin hedef kitledeki öğrenciler tarafından anlaşılır olduğu saptanmıştır. Testin uygulamaya hazır olduğu görüldükten sonra pilot uygulama amacıyla rastgele seçilmiş 83 adet 8. sınıf öğrencisinin yanıtları toplanmıştır. Testin güvenilirliği hakkında yorum yapabilmek amacıyla SPSS paket programı yardımıyla KR-20 değerine bakılmış ve testin güvenilirlik katsayısının .752 olduğu görülmüş, bu nedenle testin yeterince tutarlı ölçümler yapabildiği görülmüştür (Sarıoğlu ve Çepni, 2023). Testte bulunan maddelere yönelik TAP yazılımı yardımıyla gerçekleştirilen analizlerde ise tüm maddelerin güçlük indekslerinin .40 değerinden yüksek olduğu, testin maddelerinin ortalama güçlüğünün .66, ortalama ayırt ediciliğinin ise .48 olduğu, tüm maddelerin ayırt edicilik indeksleri de .30 değerinden yüksek olduğu bulunmuştur (Sarıoğlu ve Çepni, 2023). Çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi Ek 1'de verilmiştir. Çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testinin Webb uyumsama sürecine göre izlenen basamaklar ise bundan sonraki bölümde sunulmaktadır.

3.2.1.1. Kategorik birlik ölçütü: Uzman görüşü sonuçları dikkate alınarak, çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testinin kategorik birliğinin sağlanması amaçlanmış ve uzman görüşlerine göre soruların tamamının kullanılabilir olduğu, yine de bazı sorularda düzeltmeler yapılması gerektiği görülmüştür. Bu noktada her bir madde için uzman görüşlerinin kategorik birliği %70 seviyesinin üzerinde, yani yüksek bir uyum göstermektedir.

3.2.1.2. Bilgi derinliğinin tutarlılığı ölçütü: Türk eğitim sistemi dahilinde 8. sınıf düzeyinde öğrenim gören öğrenciler sınıf düzeyi sonunda LGS sınavına girmekte ve sınavla öğrenci alacak ortaöğretim kurumlarına yerleştirmeleri LGS sınavı sonuçlarına göre yapılmaktadır. Bu durum, öğrencilerin ve öğretmenlerin ders içi etkinliklerini ve derslerin işleniş biçimini LGS sınavına göre adapte etmelerine yol açmaktadır. Böylelikle LGS sınavı ortaokul düzeyinde özellikle de 8. sınıf düzeyinde öğretim sürecinde gizil bir rol oynamaktadır. Bilindiği üzere "beceri temelli sorular"dan oluşan LGS sınavı, fen alt testi bakımından bahsedilen becerilerin bilimsel süreç becerilerinden bir kısmını içermektedir (Ar vd., 2023). Bu nedenle 2021 ve 2022 LGS sınav sorularının içerdiği bilgi derinlikleri, araştırmanın ana değişkeni olan bilimsel süreç becerisi ve yenilenmiş Bloom taksonomisine (Anderson ve Krathwohl, 2001) göre analiz edilmiştir. 2021 yılı LGS fen bilimleri alt testi soruları dört uzman akademisyen ve altı fen bilimleri öğretmeninin soruları incelemesi sonucu her bir soru ve soruda bulunan becerilerin uyumu incelenmiş, sonuç olarak en çok kullanılan bilimsel süreç becerisinin "sonuç çıkarma" becerisi olduğu, bu beceriyi "verileri yorumlama" becerisi takip ettiği, bununla birlikte gözlem yapma, ölçme, verileri kaydetme, önceden kestirme, hipotez kurma, verileri kullanma ve model oluşturma, deney yapma becerileri hiçbir soruda %63 üzeri uyumu sağlanamadığı bildirilmiştir (Ar vd., 2023; Sarıoğlu ve Çepni, 2023). Sonuç olarak, çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testinin LGS 2021 ve 2022 fen bilimleri testlerinde bulunan becerilerinin tümünü kapsadığı görülmektedir. Bu durumda ikinci ölçüt olan Webb'in Bilgi tutarlılığının derinliği ölçütünün sağlandığı anlaşılmaktadır.

3.2.1.3. Bilgi uygunluk aralığı ölçütü: Çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi bu bakımdan kazanımlardan bağımsız olarak bilimsel süreç becerilerine odaklandığı için, bu kriter için bilimsel süreç becerilerini kapsama açısından değerlendirilmiş, LGS sınavlarında kullanılan ya da kullanılmayan tüm becerileri kapsaması bakımından kriteri sağladığı şeklinde yorumlanmıştır (Sarıoğlu ve Çepni, 2023).

3.2.1.4. Temsilin dengesi ölçütü: Bu ölçüt de yine kazanımlarla ilişkili olduğu ve geliştirilen çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi kazanımlardan bağımsız olduğu için, öğretim programındaki standart olarak programda sözü edilen bilimsel süreç becerileri göz önüne alınmış ve böylelikle çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testinin tüm standartları karşıladığı için temsilin dengesi ölçütünü de sağladığı (Sarıoğlu ve Çepni, 2023) değerlendirilmiştir.

3.2.2. Beceri temelli çoktan seçmeli sorular: Araştırmada makine öğrenmesi yardımıyla bilimsel süreç beceri düzeylerinin yordanması amacıyla kullanılmak üzere çalışma kapsamına alınan bilimsel süreç becerilerinin tümünü kapsayan 20 soruluk iki adet deneme

sınavı şeklinde beceri temelli sorular hazırlanmış, bu soruların öğrencilerin hazırlandığı ve Millî Eğitim Bakanlığı'nın yayınladığı beceri temelli sorulara ve LGS sınav sorularına paralel olmasına özen gösterilmiştir. Hazırlanan sorular LGS sınav sorularını hazırlayan komisyonlarda görev almış dört beceri temelli soru yazarı fen bilimleri öğretmeninin, bir Türkçe öğretmeninin ve bir alan uzmanı akademisyenin görüşüne sunulmuş, kapsam geçerliliklerinin sağlanması amacıyla ise belirtke tablosu oluşturulmuştur. Uzman görüşleri sonucunda ve redaksiyon aşamasında beceri temelli soruların dokuzunda maddelerin cevap anahtarları ve kullanılan ifadelerle ilgili değişikliğe gidilmiş, bu değişikliklerin ardından soruların dizgisi yapılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu sorular 20 soruluk deneme sınavı formatında olup, içerdiği bilimsel süreç becerileri uzman görüşü ile belirlenmiştir. Bilimsel süreç becerilerinin belirlenmesi sürecinde bilimsel süreç becerileriyle ilgili çalışan 5 alan uzmanı akademisyen (3 profesör ve 2 doçent) ile 3 lisansüstü öğrenim görmüş öğretmenin görüşleri bir rubrik yardımıyla alınmış, uzman görüşlerinde değerlendirme maddelerinin dağılımlarına bakmak için Webb'in uyumsama sürecinden temsilin dengesi ölçütü kullanılmıştır. Bu ölçüte göre uzmanlar arasındaki görüş uyumu 0.7 ve üzerinde olan beceriler için yeterli temsilin sağlandığı, 0.6 ile 0.7 arasındaki değerlerin zayıf bir temsil gösterdiği kabul edilmiştir (Webb, 2005). Beceri temelli çoktan seçmeli sorular Ek 2'de verilmiştir. Maddelerin uzman görüşleri doğrultusunda kazanımlara göre ve içerdikleri bilimsel süreç becerilerine göre dağılımı aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 10

İlk testte bulunan maddelerin kazanımlara ve uzman görüşü sonucu belirlenen bilimsel süreç becerilerine göre dağılımı

N	Kazanım	Bilimsel süreç becerisi		
1	Mevsimlerin oluşumuna yönelik tahminlerde bulunur.	Gözlem yapma (%100)	Sonuç çıkarma (%71,4)	
2	Mevsimlerin oluşumuna yönelik tahminlerde bulunur.	Verileri yorumlama (%85,7)	Sonuç çıkarma (%85,7)	
3	İklim ve hava olayları arasındaki farkı açıklar.	Verileri yorumlama (%100)	Sayı uzay ilişkisi kurma (%85,7)	Değişkenleri belirleme (%71,4)
4	Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramlarını açıklayarak bu kavramlar arasında ilişki kurar.	Verileri yorumlama (%100)	Değişkenleri belirleme (%71,4)	
5	Tek karakter çaprazlamaları ile ilgili problemler çözerek sonuçlar hakkında yorum yapar.	Model oluşturma (%71,4)	Sonuç çıkarma (%71,4)	
6	Tek karakter çaprazlamaları ile ilgili problemler çözerek sonuçlar hakkında yorum yapar.	Sonuç çıkarma (%71,4)		
7	DNA'nın yapısını model üzerinde gösterir.	Gözlem yapma (%71,4)	Sınıflama (%71,4)	Verileri kaydetme (%71,4)
8	Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramları arasında ilişki kurar.	Verileri yorumlama (%71,4)	Sonuç çıkarma (%85,7)	
9	DNA'nın kendini nasıl eşlediğini ifade eder.	Verileri yorumlama (%71,4)	Sonuç çıkarma (%85,7)	
10	Mevsimlerin oluşumuna yönelik tahminlerde bulunur.	Sayı uzay ilişkisi kurma (%71,4)	Önceden kestirme (%71,4)	Değişkenleri belirleme (%71,4)
11	Mevsimlerin oluşumuna yönelik tahminlerde bulunur.	Sayı uzay ilişkisi kurma (%85,7)	Verileri yorumlama (%85,7)	
12	İklim ve hava olayları arasındaki farkı açıklar.	Verileri yorumlama (%85,7)	Sonuç çıkarma (%85,7)	
13	İklim biliminin bir bilim dalı olduğunu söyler.	Sınıflama (%85,7)	Karar verme (%71,4)	

14	Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramlarını açıklayarak bu kavramlar arasında ilişki kurar	Sayı uzay ilişkisi kurma (%71,4)	Model oluşturma (%85,7)	Ölçme (%71,4)
15	DNA'nın yapısını model üzerinde gösterir.	Model oluşturma (%85,7)		
16	DNA'nın yapısını model üzerinde gösterir.	Hipotez kurma (%85,7)		
17	Kalıtım ile ilgili kavramları tanımlar.	Sınıflama (%85,7)		
18	Tek karakter çaprazlamaları ile ilgili problemler çözerek sonuçlar hakkında yorum yapar.	Değişkenleri değiştirme (%71,4)	Deney yapma (%71,4)	Verileri yorumlama (%71,4)
19	Akraba evliliklerinin genetik sonuçlarını tartışır.	Sonuç çıkarma (%71,4)	Verileri yorumlama (%71,4)	
20	Tek karakter çaprazlamaları ile ilgili problemler çözerek sonuçlar hakkında yorum yapar.	Sonuç çıkarma (%71,4)	Karar verme (%71,4)	

Tablo incelendiğinde gözlem yapma becerisinin 2 maddede, sınıflama becerisinin 3 maddede, ölçme becerisinin 1 maddede, verileri kaydetme becerisinin 1 maddede, sayı ve uzay ilişkileri kurma becerisinin 4 maddede, önceden kestirme becerisinin 1 maddede, değişkenleri belirleme becerisinin 3 maddede, verileri yorumlama becerisinin 9 maddede, sonuç çıkarma becerisinin 9 maddede, hipotez kurma becerisinin 1 maddede, verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin 3 maddede, deney yapma becerisinin 1 maddede, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin 1 maddede, karar verme becerisinin ise 2 maddede bulunduğu görülmektedir. Bu anlamda çalışma kapsamına alınan bilimsel süreç becerilerinin 20 maddelik beceri temelli sorular içerisinde en az birer kez bulundukları, dolayısıyla bilimsel süreç becerileri bakımından kapsam geçerliliğinin sağlandığı söylenebilir. Bu da beceri temelli soruların Webb'in temsilin dengesi ve kategorik birlik ölçütlerini karşıladığını göstermektedir.

Beceri temelli soruların iç geçerliklerini sağlamak amacıyla bu test 34 öğrenci üzerinde bir ön uygulamaya tabi tutulmuş ve öğrencilerin bu soruları anlayıp anlamadıkları, düzeylerine uygun olup olmadığı gibi hususlarda uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra 215 kişilik Bursa ilinde 1 ortaokul ve 2 imam hatip ortaokulunda öğrenim görmekte olan 8. sınıf öğrencilerinden oluşan bir gruba rastgele örneklem yoluyla ve gönüllülük esasına göre pilot uygulama amacıyla uygulanmıştır. Testin güvenilirliğini kontrol etmek amacıyla KR20

değerine bakılmış, r =.799 düzeyinde güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Lester vd., 2014; Secolsky ve Denison, 2012).

Testte bulunan maddelere yönelik TAP yazılımı yardımıyla gerçekleştirilen analizlerde ise testin maddelerinin ortalama güçlüğü .604, ortalama ayırt ediciliği ise .486 olarak bulunmuştur. Bu durumda testin genelinin orta zorlukta bir test olduğu, buna karşın ayırt ediciliğinin yeterli düzeyde olduğu söylenebilir ve test bu haliyle kullanılabilir (DeVellis, 2016; Hasançebi vd., 2020; Secolsky ve Denison, 2012). Testte bulunan maddelerin güçlük ve ayırt edicilik indeksleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 11

1. testte bulunan beceri temelli maddelerin güçlük ve ayırt edicilik değerleri

Madde numarası	Güçlük	Ayırt edicilik
1	.73	.38
2	.62	.43
3	.45	.48
4	.43	.32
5	.79	.46
6	.40	.56
7	.79	.40
8	.68	.43
9	.57	.53
10	.59	.41
11	.58	.68
12	.48	.41
13	.70	.57
14	.74	.56
15	.71	.48
16	.70	.57
17	.74	.63
18	.34	.37
19	.68	.42
20	.40	.63

Tablo 11 incelendiğinde, tüm maddelerin güçlük indekslerinin .34 ile .78 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durumda maddelerin güçlüklerinin uygun olduğu yorumu yapılabilir (DeVellis, 2016; Hasançebi vd., 2020; Secolsky ve Denison, 2012). Ayırt edicilik indeksleri incelendiğinde ise indekslerin .32 ile .68 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durumda testte bulunan maddelerin tamamının oldukça iyi ya da çok iyi ayırt ediciliğe sahip oldukları yorumu yapılabileceğinden testte kullanılmalarının uygun olduğu değerlendirilmektedir (DeVellis, 2016; Secolsky ve Denison, 2012). Bu da bilgi derinliğinin tutarlığı ölçütünün sağlandığı şeklinde yorumlanmıştır. Beceri temelli test maddelerinin işleyişini daha iyi anlayabilmek amacıyla çeldirici analizi de yapılmış, seçeneklerin alt ve üst gruplarda seçilme durumları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 12

1. testte bulunan beceri temelli maddelerin çeldirici analizleri

Madde	Grup	A	B	C	D
1	Toplam	25 (0,116)	156*(0,726)	24 (0,112)	5 (0,023)
	Üst	7 (0,092)	67 (0,882)	0 (0,000)	0 (0,000)
	Alt	15 (0,227)	33 (0,500)	12 (0,182)	4 (0,061)
	Fark	-8 (-0,135)	34 (0,382)	-12 (-0,182)	-4 (-0,061)
2	Toplam	30 (0,140)	16 (0,074)	31 (0,144)	133*(0,619)
	Üst	1 (0,013)	2 (0,026)	8 (0,105)	65 (0,855)
	Alt	14 (0,212)	6 (0,091)	14 (0,212)	28 (0,424)
	Fark	-13 (-0,199)	-4 (-0,065)	-6 (-0,107)	37 (0,431)
3	Toplam	11 (0,051)	85 (0,395)	96*(0,447)	16 (0,074)
	Üst	0 (0,000)	21 (0,276)	54 (0,711)	1 (0,013)
	Alt	6 (0,091)	32 (0,485)	15 (0,227)	10 (0,152)
	Fark	-6 (-0,091)	-11 (-0,209)	39 (0,483)	-9 (-0,138)
4	Toplam	21 (0,098)	20 (0,093)	60 (0,279)	92*(0,428)
	Üst	4 (0,053)	3 (0,039)	15 (0,197)	45 (0,592)
	Alt	7 (0,106)	10 (0,152)	26 (0,394)	18 (0,273)
	Fark	-3 (-0,053)	-7 (-0,112)	-11 (-0,197)	27 (0,319)
5	Toplam	8 (0,037)	20 (0,093)	15 (0,070)	169*(0,786)
	Üst	1 (0,013)	1 (0,013)	1 (0,013)	73 (0,961)
	Alt	6 (0,091)	15 (0,227)	11 (0,167)	33 (0,500)
	Fark	-5(-0,078)	-14(-0,214)	-10(-0,154)	40 (0,461)
6	Toplam	85*(0,395)	30 (0,140)	35 (0,163)	54 (0,251)
	Üst	53 (0,697)	2 (0,026)	8 (0,105)	11 (0,145)

	Alt	9 (0,136)	18 (0,273)	13 (0,197)	23 (0,348)
	Fark	44 (0,561)	-16 (-0,246)	-5 (-0,092)	-12 (-0,204)
7	Toplam	6 (0,028)	169*(0,786)	23 (0,107)	14 (0,065)
	Üst	1 (0,013)	72 (0,947)	1 (0,013)	2 (0,026)
	Alt	4 (0,061)	36 (0,545)	17 (0,258)	8 (0,121)
	Fark	-3 (-0,047)	36 (0,402)	-16 (-0,244)	-6 (-0,095)
8	Toplam	23 (0,107)	147*(0,684)	16 (0,074)	24 (0,112)
	Üst	2 (0,026)	67 (0,882)	2 (0,026)	5 (0,066)
	Alt	15 (0,227)	30 (0,455)	7 (0,106)	11 (0,167)
	Fark	-13 (-0,201)	37 (0,427)	-5 (-0,080)	-6 (-0,101)
9	Toplam	29 (0,135)	122*(0,567)	41 (0,191)	16 (0,074)
	Üst	6 (0,079)	63 (0,829)	4 (0,053)	2 (0,026)
	Alt	14 (0,212)	20 (0,303)	18 (0,273)	12 (0,182)
	Fark	-8 (-0,133)	43 (0,526)	-14 (-0,220)	-10 (-0,156)
10	Toplam	126*(0,586)	40 (0,186)	20 (0,093)	20 (0,093)
	Üst	62 (0,816)	7 (0,092)	4 (0,053)	3 (0,039)
	Alt	27 (0,409)	19 (0,288)	4 (0,061)	11 (0,167)
	Fark	35 (0,407)	-12 (-0,196)	0 (-0,008)	-8 (-0,127)
11	Toplam	52 (0,242)	14 (0,065)	18 (0,084)	124*(0,577)
	Üst	7 (0,092)	0 (0,000)	1 (0,013)	68 (0,895)
	Alt	28 (0,424)	12 (0,182)	8 (0,121)	14 (0,212)
	Fark	-21(-0,332)	-12(-0,182)	-7(-0,108)	54 (0,683)
12	Toplam	35 (0,163)	23 (0,107)	104*(0,484)	29 (0,135)
	Üst	12 (0,158)	1 (0,013)	53 (0,697)	8 (0,105)
	Alt	8 (0,121)	14 (0,212)	19 (0,288)	13 (0,197)
	Fark	4 (0,037)	-13 (-0,199)	34 (0,409)	-5 (-0,092)
13	Toplam	151*(0,702)	22 (0,102)	29 (0,135)	12 (0,056)
	Üst	71 (0,934)	3 (0,039)	2 (0,026)	0 (0,000)
	Alt	24 (0,364)	16 (0,242)	17 (0,258)	8 (0,121)
	Fark	47 (0,571)	-13(-0,203)	-15(-0,231)	-8(-0,121)
14	Toplam	13 (0,060)	16 (0,074)	159*(0,740)	21 (0,098)
	Üst	0 (0,000)	0 (0,000)	74 (0,974)	1 (0,013)
	Alt	9 (0,136)	10 (0,152)	27 (0,409)	17 (0,258)
	Fark	-9 (-0,136)	-10 (-0,152)	47 (0,565)	-16 (-0,244)
15	Toplam	28 (0,130)	10 (0,047)	152*(0,707)	21 (0,098)
	Üst	2 (0,026)	0 (0,000)	70 (0,921)	3 (0,039)

	Alt	17 (0,258)	5 (0,076)	29 (0,439)	13 (0,197)
	Fark	-15 (-0,231)	-5 (-0,076)	41 (0,482)	-10 (-0,157)
16	Toplam	20 (0,093)	150*(0,698)	13 (0,060)	23 (0,107)
	Üst	1 (0,013)	71 (0,934)	1 (0,013)	3 (0,039)
	Alt	15 (0,227)	24 (0,364)	10 (0,152)	10 (0,152)
	Fark	-14(-0,214)	47 (0,571)	-9(-0,138)	-7(-0,112)
17	Toplam	27 (0,126)	13 (0,060)	11 (0,051)	159*(0,740)
	Üst	1 (0,013)	1 (0,013)	0 (0,000)	74 (0,974)
	Alt	21 (0,318)	11 (0,167)	8 (0,121)	23 (0,348)
	Fark	-20 (-0,305)	-10 (-0,154)	-8 (-0,121)	51 (0,625)
18	Toplam	73*(0,340)	44 (0,205)	47 (0,219)	22 (0,102)
	Üst	42 (0,553)	10 (0,132)	12 (0,158)	6 (0,079)
	Alt	12 (0,182)	18 (0,273)	15 (0,227)	11 (0,167)
	Fark	30 (0,371)	-8 (-0,141)	-3 (-0,069)	-5 (-0,088)
19	Toplam	21 (0,098)	147*(0,684)	21 (0,098)	20 (0,093)
	Üst	9 (0,118)	64 (0,842)	2 (0,026)	0 (0,000)
	Alt	8 (0,121)	28 (0,424)	13 (0,197)	15 (0,227)
	Fark	1 (-0,003)	36 (0,418)	-11(-0,171)	-15 (-0,227)
20	Toplam	26 (0,121)	29 (0,135)	69 (0,321)	85*(0,395)
	Üst	4 (0,053)	1 (0,013)	11 (0,145)	58 (0,763)
	Alt	11 (0,167)	20 (0,303)	23 (0,348)	9 (0,136)
	Fark	-7 (-0,114)	-19 (-0,290)	-12 (-0,204)	49 (0,627)

** doğru seçeneği ifade etmektedir.*

Çeldirici analizinde çeldiricilerin farkının negatif değerler alması, çeldiriciyi seçen alt gruptaki öğrencilerin üst gruptakilerden daha fazla olduğunu gösterir. Bu durum akademik olarak daha başarılı öğrencilerin madde yardımıyla daha az başarılı olan öğrencilerden doğru şekilde ayrıldığı anlamına geleceğinden, test maddesi için istenen bir özelliktir. Tablo 12 incelendiğinde, testte bulunan maddelerdeki çeldiricilerin hiçbirinin sorunun doğru cevabının önüne geçmediği, dolayısıyla değiştirilmesi gerekmediği görülmektedir (DeVellis, 2016; Hasançebi vd., 2020; Secolsky ve Denison, 2012).

Araştırmada kullanılmak üzere çalışma kapsamına alınan bilimsel süreç becerilerinin tümünü kapsayan 20 soruluk ikinci testte bulunan bilimsel süreç becerilerinin belirlenmesi sürecinde bilimsel süreç becerileriyle ilgili çalışan 1 alan uzmanı akademisyen ile 3 lisansüstü öğrenim görmüş öğretmenin görüşleri alınmış, uzman görüşlerinde değerlendirme maddelerinin dağılımlarına bakmak için Webb'in uyumsama sürecinden temsilin dengesi

ölçütü kullanılmıştır. Bu ölçüte göre uzmanlar arasındaki görüş uyumu .7 ve üzerinde olan beceriler için yeterli temsilin sağlandığı, .6 ile .7 arasındaki değerlerin zayıf bir temsil gösterdiği kabul edilmiştir (Webb, 2005). Maddelerin uzman görüşleri doğrultusunda kazanımlara göre ve içerdikleri bilimsel süreç becerilerine göre dağılımı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 13

İkinci testte bulunan maddelerin kazanımlara ve uzman görüşü sonucu belirlenen bilimsel süreç becerilerine göre dağılımı

N	Kazanım	Bilimsel süreç becerisi		
1	Mevsimlerin oluşumuna yönelik tahminlerde bulunur.	Gözlem yapma (%100)	Sonuç çıkarma (%75)	
2	İklim ve hava olayları arasındaki farkı açıklar.	Sınıflama (%100)		
3	Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramlarını açıklayarak bu kavramlar arasında ilişki kurar.	Verileri yorumlama (%75)	Sayı uzay ilişkisi kurma (%100)	
4	Tek karakter çaprazlamaları ile ilgili problemler çözerek sonuçlar hakkında yorum yapar.	Verileri yorumlama (%100)	Önceden kestirme (%75)	
5	Sıvı basıncını etkileyen değişkenleri tahmin eder ve tahminlerini test eder.	Deney yapma (%75)	Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme (%75)	Önceden kestirme (%75)
6	Isınmanın maddenin cinsine, kütlesine ve/veya sıcaklık değişimine bağlı olduğunu deney yaparak keşfeder.	Deney yapma (%75)	Karar verme (%100)	Değişkenleri belirleme (%100)
7	Tek karakter çaprazlamaları ile ilgili problemler çözerek sonuçlar hakkında yorum yapar.	Verileri kaydetme (%100)	Sayı uzay ilişkisi kurma (%100)	Verileri yorumlama (%75)
8	Örneklerden yola çıkarak modifikasyonu açıklar.	Sınıflama (%100)	Verileri yorumlama (%75)	

9	Canlıların yaşadıkları çevreye uyumlarını gözlem yaparak açıklar.	Verileri yorumlama (%75)	Sonuç çıkarma (%75)	
10	Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir.			
11	Katı basıncını etkileyen değişkenleri deneyerek keşfeder.	Değişkenleri belirleme (%100)	Hipotez kurma (%100)	
12	Asit ve bazların çeşitli maddeler üzerindeki etkilerini gözlemler.	Değişkenleri belirleme (%100)	Sınıflama (%100)	
13	Fiziksel ve kimyasal değişim arasındaki farkları, çeşitli olayları gözlemleyerek açıklar.	Verileri Yorumlama (%100)	Sınıflama (%75)	Karar verme (%75)
14	Mevsimlerin oluşumuna yönelik tahminlerde bulunur.	Sayı uzay ilişkisi kurma (%75)	Model oluşturma (%75)	Gözlem yapma (%75)
15	DNA'nın yapısını model üzerinde gösterir.	Model oluşturma (%100)		
16	Kalıtım ile ilgili kavramları tanımlar.	Verileri yorumlama (%75)		
17	Katı basıncını etkileyen değişkenleri deneyerek keşfeder.	Değişkenleri değiştirme (%75)	Deney yapma (%75)	Hipotez kurma (%75)
18	Sıvı basıncını etkileyen değişkenleri tahmin eder ve tahminlerini test eder.	Ölçme (%100)	Deney yapma (%75)	
19	Bileşiklerin kimyasal tepkime sonucunda oluştuğunu bilir.	Sonuç çıkarma (%100)	Verileri yorumlama (%75)	
20	Katı, sıvı ve gazların basınç özelliklerinin günlük yaşam ve teknolojideki uygulamalarına örnekler verir.	Sonuç çıkarma (%75)	Karar verme (%75)	

Tablo 13 incelendiğinde gözlem yapma becerisinin 1 maddede, sınıflama becerisinin 2 maddede, ölçme becerisinin 1 maddede, verileri kaydetme becerisinin 1 maddede, sayı ve uzay ilişkileri kurma becerisinin 3 maddede, önceden kestirme becerisinin 2 maddede, değişkenleri belirleme becerisinin 3 maddede, verileri yorumlama becerisinin 8 maddede, sonuç çıkarma becerisinin 4 maddede, hipotez kurma becerisinin 2 maddede, verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin 2 maddede, deney yapma becerisinin 4 maddede, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin 2 maddede, karar verme becerisinin ise 3 maddede bulunduğu görülmektedir. Bu anlamda çalışma kapsamına alınan bilimsel süreç becerilerinin 20 maddelik beceri temelli sorular içerisinde en az birer kez bulundukları, dolayısıyla kapsam geçerliliğinin sağlandığı söylenebilir. Bu bakımdan incelendiğinde Webb'in uyumsama sürecine göre kategorik birlik ölçütlerinin sağlandığı görülmektedir.

Yine Webb'in uyumsama sürecindeki temsilin dengesi ölçütünün beceri temelli sorulara göre değerlendirilmesi için soruların kazanımlara göre dağılımının 2023 yılı LGS sınav konularının dağılımı dikkate alınmıştır. Buna göre 40 adet beceri temelli sorunun kazanımlar göre dağılımı aşağıda verilmiştir.

Tablo 14

Beceri temelli soruların öğretim programındaki kazanımlara göre dağılımları.

Kazanım	**Soru sayısı**
Akraba evliliklerinin genetik sonuçlarını tartışır.	1
Asit ve bazların çeşitli maddeler üzerindeki etkilerini gözlemler.	1
Bileşiklerin kimyasal tepkime sonucunda oluştuğunu bilir.	1
Canlıların yaşadıkları çevreye uyumlarını gözlem yaparak açıklar.	1
DNA'nın kendini nasıl eşlediğini ifade eder.	1
DNA'nın yapısını model üzerinde gösterir.	4
Fiziksel ve kimyasal değişim arasındaki farkları, çeşitli olayları gözlemleyerek açıklar.	1
Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir.	1
Isınmanın maddenin cinsine, kütlesine ve/veya sıcaklık değişimine bağlı olduğunu deney yaparak keşfeder.	1
İklim biliminin bir bilim dalı olduğunu söyler.	1
İklim ve hava olayları arasındaki farkı açıklar.	3
Kalıtım ile ilgili kavramları tanımlar.	2

Katı basıncını etkileyen değişkenleri deneyerek keşfeder.	2
Katı, sıvı ve gazların basınç özelliklerinin günlük yaşam ve teknolojideki uygulamalarına örnekler verir.	1
Mevsimlerin oluşumuna yönelik tahminlerde bulunur.	6
Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramları arasında ilişki kurar.	1
Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramlarını açıklayarak bu kavramlar arasında ilişki kurar	1
Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramlarını açıklayarak bu kavramlar arasında ilişki kurar.	2
Örneklerden yola çıkarak modifikasyonu açıklar.	1
Sıvı basıncını etkileyen değişkenleri tahmin eder ve tahminlerini test eder.	2
Tek karakter çaprazlamaları ile ilgili problemler çözerek sonuçlar hakkında yorum yapar.	6

Tablo 14 incelendiğinde beceri temelli soruların toplam 21 önemli kazanım üzerine dağıldığı, bu dağılımın da ilk dönem konularını kapsayan toplam 28 kazanım içerisinde temsil dengesinin 0,75 olduğu görülmektedir. Bu durum, temsilin dengesi ölçütünün yanı sıra beceri temelli soruların kategorik birlik ölçütünü öğretim programındaki kazanımlar açısından da sağladığına işaret etmektedir. Ayrıca soruların içerdiği kazanımlar 2021 ve 2022 LGS fen bilimleri testlerindeki soruların kazanımlarıyla da uyumludur. Bu durum da bilgi uygunluk aralığı ölçütünün sağlandığı anlamına gelmektedir.

Beceri temelli soruların iç geçerliklerini sağlamak amacıyla bu test 22 öğrenci üzerinde bir ön uygulamaya tabi tutulmuş ve öğrencilerin bu soruları anlayıp anlamadıkları, düzeylerine uygun olup olmadığı gibi hususlarda uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra 223 kişilik Bursa ilinde 1 ortaokul ve 2 imam hatip ortaokulunda öğrenim görmekte olan 8. sınıf öğrencilerinden oluşan bir gruba rastgele örneklem yoluyla ve gönüllülük esasına göre pilot uygulama amacıyla uygulanmıştır. Testin güvenilirliğini kontrol etmek amacıyla KR20 değerine bakılmış, r =.803 düzeyinde güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Hasançebi vd., 2020; Lester vd., 2014; Secolsky ve Denison, 2012).

Testte bulunan maddelere yönelik TAP yazılımı yardımıyla gerçekleştirilen analizlerde ise testin maddelerinin ortalama güçlüğü .54, ortalama ayırt ediciliği ise .50 olarak bulunmuştur. Bu durumda testin genelinin orta zorlukta bir test olduğu, buna karşın ayırt ediciliğinin yeterli düzeyde olduğu söylenebilir ve test bu haliyle kullanılabilir (DeVellis, 2016; Hasançebi vd.,

2020; Secolsky ve Denison, 2012). Testte bulunan maddelerin güçlük ve ayırt edicilik indeksleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 15

2. testte bulunan beceri temelli maddelerin güçlük ve ayırt edicilik değerleri

Madde numarası	Güçlük	Ayırt edicilik
1	.64	.41
2	.62	.33
3	.73	.48
4	.41	.52
5	.40	.52
6	.60	.63
7	.31	.47
8	.50	.62
9	.85	.30
10	.50	.46
11	.70	.62
12	.30	.41
13	.35	.37
14	.65	.77
15	.75	.55
16	.59	.62
17	.76	.48
18	.33	.38
19	.37	.45
20	.42	.62
Ortalama	.54	.50

Tablo 15 incelendiğinde, tüm maddelerin güçlük indekslerinin .30 ile .85 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durumda maddelerin güçlüklerinin uygun olduğu yorumu yapılabilir (DeVellis, 2016; Hasançebi vd., 2020; Secolsky ve Denison, 2012). Ayırt edicilik indeksleri incelendiğinde ise indekslerin .30 ile .77 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durumda testte bulunan maddelerin tamamının oldukça iyi ya da çok iyi ayırt ediciliğe sahip oldukları yorumu yapılabileceğinden testte kullanılmalarının uygun olduğu

değerlendirilmektedir (DeVellis, 2016; Secolsky ve Denison, 2012). Bu da bilgi derinliğinin tutarlığı ölçütünün sağlandığını göstermektedir. Beceri temelli test maddelerinin işleyişini daha iyi anlayabilmek amacıyla çeldirici analizi de yapılmış, seçeneklerin alt ve üst gruplarda seçilme durumları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 16

2. testte bulunan beceri temelli maddelerin çeldirici analizleri

Madde	Grup	A	B	C	D
1	Toplam	145*(0,650)	11 (0,049)	11 (0,049)	56 (0,251)
	Üst	56 (0,812)	2 (0,029)	1 (0,014)	10 (0,145)
	Alt	30 (0,417)	7 (0,097)	7 (0,097)	28 (0,389)
	Fark	26 (0,395)	-5(-0,068)	-6(-0,083)	-18(-0,244)
2	Toplam	14 (0,063)	136*(0,901)	5 (0,022)	3 (0,013)
	Üst	2 (0,029)	67 (0,971)	0 (0,000)	0 (0,000)
	Alt	8 (0,111)	60 (0,833)	1 (0,014)	3 (0,042)
	Fark	-6(-0,082)	7 (0,138)	-1(-0,014)	-3(-0,042)
3	Toplam	18 (0,081)	162*(0,726)	20 (0,090)	18 (0,081)
	Üst	0 (0,000)	66 (0,957)	1 (0,014)	1 (0,014)
	Alt	12 (0,167)	33 (0,458)	10 (0,139)	14 (0,194)
	Fark	-12(-0,167)	33 (0,498)	-9(-0,124)	-13(-0,180)
4	Toplam	37 (0,166)	30 (0,135)	40 (0,179)	90*(0,404)
	Üst	8 (0,116)	0 (0,000)	14 (0,203)	46 (0,667)
	Alt	17 (0,236)	19 (0,264)	14 (0,194)	10 (0,139)
	Fark	-9(-0,120)	-19(-0,264)	0 (0,008)	36 (0,528)
5	Toplam	50 (0,224)	17 (0,076)	24 (0,108)	91*(0,408)
	Üst	11 (0,159)	1 (0,014)	1 (0,014)	51 (0,739)
	Alt	13 (0,181)	10 (0,139)	17 (0,236)	16 (0,222)
	Fark	-2(-0,021)	-9(-0,124)	-16(-0,222)	35 (0,517)
6	Toplam	135*(0,605)	27 (0,121)	21 (0,094)	22 (0,099)
	Üst	64 (0,928)	2 (0,029)	1 (0,014)	1 (0,014)
	Alt	21 (0,292)	18 (0,250)	13 (0,181)	15 (0,208)
	Fark	43 (0,636)	-16(-0,221)	-12(-0,166)	-14(-0,194)
7	Toplam	33 (0,148)	31 (0,139)	69*(0,309)	82 (0,368)
	Üst	5 (0,072)	1 (0,014)	40 (0,580)	23 (0,333)

	Alt	12 (0,167)	16 (0,222)	8 (0,111)	31 (0,431)
	Fark	-7(-0,094)	-15(-0,208)	32 (0,469)	-8(-0,097)
8	Toplam	18 (0,081)	115*(0,516)	9 (0,040)	76 (0,341)
	Üst	1 (0,014)	56 (0,812)	0 (0,000)	12 (0,174)
	Alt	9 (0,125)	15 (0,208)	8 (0,111)	37 (0,514)
	Fark	-8(-0,111)	41 (0,603)	-8(-0,111)	-25(-0,340)
9	Toplam	192*(0,861)	6 (0,027)	16 (0,072)	4 (0,018)
	Üst	69 (1,000)	0 (0,000)	0 (0,000)	0 (0,000)
	Alt	52 (0,722)	5 (0,069)	8 (0,111)	4 (0,056)
	Fark	17 (0,278)	-5(-0,069)	-8(-0,111)	-4(-0,056)
10	Toplam	31 (0,139)	36 (0,161)	111*(0,498)	25 (0,112)
	Üst	5 (0,072)	4 (0,058)	52 (0,754)	6 (0,087)
	Alt	21 (0,292)	12 (0,167)	20 (0,278)	9 (0,125)
	Fark	-16(-0,219)	-8(-0,109)	32 (0,476)	-3(-0,038)
11	Toplam	17 (0,076)	24 (0,108)	20 (0,090)	157*(0,704)
	Üst	0 (0,000)	0 (0,000)	2 (0,029)	66 (0,957)
	Alt	11 (0,153)	18 (0,250)	15 (0,208)	25 (0,347)
	Fark	-11(-0,153)	-18(-0,250)	-13(-0,179)	41 (0,609)
12	Toplam	67*(0,300)	55 (0,247)	45 (0,202)	18 (0,081)
	Üst	36 (0,522)	11 (0,159)	10 (0,145)	4 (0,058)
	Alt	8 (0,111)	21 (0,292)	19 (0,264)	8 (0,111)
	Fark	28 (0,411)	-10(-0,132)	-9(-0,119)	-4(-0,053)
13	Toplam	45 (0,247)	44 (0,300)	68*(0,242)	35 (0,067)
	Üst	11 (0,159)	15 (0,217)	35 (0,507)	4 (0,058)
	Alt	20 (0,278)	23 (0,319)	9 (0,125)	5 (0,069)
	Fark	-9(-0,118)	-8(-0,102)	26 (0,382)	-1(-0,011)
14	Toplam	40 (0,179)	26 (0,117)	144*(0,646)	11 (0,049)
	Üst	1 (0,014)	0 (0,000)	68 (0,986)	0 (0,000)
	Alt	27 (0,375)	21 (0,292)	15 (0,208)	8 (0,111)
	Fark	-26(-0,361)	-21(-0,292)	53 (0,777)	-8(-0,111)
15	Toplam	22 (0,099)	168*(0,753)	13 (0,058)	4 (0,018)
	Üst	1 (0,014)	68 (0,986)	0 (0,000)	0 (0,000)
	Alt	12 (0,167)	32 (0,444)	12 (0,167)	2 (0,028)

	Fark	-11(-0,152)	36 (0,541)	-12(-0,167)	-2(-0,028)
16	Toplam	27 (0,121)	24 (0,108)	130*(0,583)	21 (0,094)
	Üst	0 (0,000)	2 (0,029)	64 (0,928)	2 (0,029)
	Alt	17 (0,236)	10 (0,139)	19 (0,264)	13 (0,181)
	Fark	-17(-0,236)	-8(-0,110)	45 (0,664)	-11(-0,152)
17	Toplam	69*(0,758)	12 (0,054)	25 (0,112)	10 (0,045)
	Üst	64 (0,928)	1 (0,014)	3 (0,043)	1 (0,014)
	Alt	32 (0,444)	9 (0,125)	19 (0,264)	8 (0,111)
	Fark	32 (0,483)	-8(-0,111)	-16(-0,220)	-7(-0,097)
18	Toplam	25 (0,112)	23 (0,103)	49 (0,220)	72*(0,323)
	Üst	3 (0,043)	3 (0,043)	20 (0,290)	39 (0,565)
	Alt	12 (0,167)	12 (0,167)	31 (0,153)	13 (0,181)
	Fark	-9(-0,123)	-9(-0,123)	-11 (0,137)	26 (0,385)
19	Toplam	48 (0,215)	82*(0,368)	11 (0,049)	64 (0,287)
	Üst	13 (0,188)	42 (0,609)	0 (0,000)	12 (0,174)
	Alt	20 (0,278)	12 (0,167)	6 (0,083)	27 (0,375)
	Fark	-7(-0,089)	30 (0,442)	-6(-0,083)	-15(-0,201)
20	Toplam	68 (0,305)	16 (0,072)	94*(0,422)	29 (0,130)
	Üst	12 (0,174)	0 (0,000)	53 (0,768)	3 (0,043)
	Alt	25 (0,347)	13 (0,181)	11 (0,153)	14 (0,194)
	Fark	-13(-0,173)	-13(-0,181)	42 (0,615)	-11(-0,151)

** doğru seçeneği ifade etmektedir.*

Çeldirici analizinde çeldiricilerin farkının negatif değerler alması, çeldiriciyi seçen alt gruptaki öğrencilerin üst gruptakilerden daha fazla olduğunu gösterir. Bu durum akademik olarak daha başarılı öğrencilerin madde yardımıyla daha az başarılı olan öğrencilerden doğru şekilde ayrıldığı anlamına geleceğinden, test maddesi için istenen bir özelliktir. Tablo 16 incelendiğinde, testte bulunan maddelerdeki çeldiricilerin hiçbirinin sorunun doğru cevabının önüne geçmediği görülerek, dolayısıyla değiştirilmesi gerekmediği yönünde karar verilmiş ve kullanılması uygun bulunmuştur (DeVellis, 2016; Hasançebi vd., 2020; Secolsky ve Denison, 2012).

3.3. Çalışma Grubu

Araştırmanın katılımcıları 2021-2022 yılında Bursa'da 2 ortaokul, 2 imam hatip ortaokulu ve 1 özel okulda öğrenim görmekte olan 8. sınıf öğrencilerinden 177 erkek ve 197 kız öğrenciden oluşmaktadır. Toplam 374 öğrenci, araştırma kapsamında başarı düzeyinde çeşitlilik oluşturmak için seçilen farklı okul ve okul tiplerinden rastgele örneklem yoluyla seçilmiş olup araştırmaya katılmaları konusunda gönüllülük esas alınmıştır. Bursa ilinde 2021-2022 eğitim öğretim yılında 8. sınıf düzeyinde 44182 öğrenci öğrenim görmektedir. 374 öğrenci, örneklem büyüklüğü olarak evreni %95 güvenirlik seviyesinde ve %5 hata payı ile temsil etmektedir (Büyüköztürk vd., 2008).

Sınıflama modelinin doğru bir şekilde oluşturulabilmesi için 374 öğrenciden elde edilmiş olan veriler temizlenerek (Knox vd., 2019; Luckin vd., 2007) örneklem büyüklüğü 292 öğrenciye düşürülmüştür (137 erkek, 155 kız). Verileri temizleme aşamasında öğrencilerin sınavlarının geçerlik ve güvenilirlik verileri, soruları yanıtlama durumları, sınavı tamamlama durumları ve yanıtların dağılımları göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin tüm sorulara aynı seçeneği işaretleyerek yanıt veren öğrencilerin, sınavın bir kısmını işaretleyip sonraki soruları boş bırakmış yani sınavı tamamlamamış öğrencilerin verileri elenmiş ve sonuçta 292 öğrencinin verileri sınıflama modelinin oluşturulması için kullanılmıştır. Daha sonra geliştirilen sınıflama modeli, Bursa ilindeki bilim sanat merkezlerinde öğrenim görmekte olan toplam 150 8. sınıf öğrencisinin 50'sinden gönüllülük esasına göre toplanan veriler üzerinde test edilmiş, bu öğrencilerden testleri tam olarak dolduran 34 üstün yetenekli öğrenci (23 erkek, 11 kız) örnekleme dahil edilmiştir. Böylelikle araştırmanın çalışma grubu toplam 326 öğrenciden oluşmuştur.

3.4. Verilerin Analizi

Araştırmanın öğrenciler üzerinde uygulanması üç basamaktan oluşmaktadır. Pilot uygulama sonrasında hazır hale getirilen veri toplama araçlarından çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi ilk olarak çevrimiçi ortamda uygulanmıştır. Bu yolla elde edilen bilimsel süreç becerilerine ilişkin veriler Google Formlar yardımıyla toplanmış olup, öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeyleri 14 beceri üzerinden değerlendirilmiştir (Çepni, 2014; Milli Eğitim Bakanlığı, 2018). Bu veriler Microsoft Excel yazılımı yardımıyla işlenmiş, testte bulunan açık uçlu sorular ise doğru ya da yanlış olma durumlarına göre nicelleştirilmiş ve sonuçta her becerinin "tam" ya da "eksik" olduğunu ifade eden "1" ve "0" değerleriyle ikili sisteme göre kodlanmıştır. İkili sistemin kullanılmasının nedeni öğrencilerin bir bilimsel süreç becerisine sahip olup olmadığının önemsenmesi ve odak noktasının öğrencilerin söz konusu bilimsel süreç becerisi için ek bir çalışmaya ihtiyaç duyup duymadığının belirlenmesidir. Böylelikle bilimsel

süreç beceri testinden toplanan veriler 14 bilimsel süreç becerisinin her biri için kategorik bir değişken olarak tanımlanmış ve analizler buna göre yapılmıştır. Bilimsel süreç becerilerinden toplanan veriler nicelleştirildikten sonra bu verilerin ve beceri temelli testlerden toplanan verilerin normal dağılıma uygun olup olmadıkları SPSS yazılımı yardımıyla kontrol edilmiş, madde analizleri ise TAP yazılımı yardımıyla yapılmıştır.

Bu verilerin sınıflama modeline bir temel oluşturabilmesi ve makine öğrenmesinde kullanılabilmesi için beceri temelli sorulardan oluşan ilk paket Kasım 2021'de bilimsel süreç becerileri belirlenmiş öğrencilere uygulanmıştır. İkinci paket olan 20 soruluk beceri temelli sorular ise Şubat 2022'de uygulanmış olup, verilerin toplanması sağlanmıştır. Daha sonra toplanan veriler değerlendirilmiş, düzenlenmiş, temizlenmiş, işlenmiş ve sınıflama modelinin oluşturulup seçilmesinde kullanılabilir hale getirilmiştir. Öğrencilerden toplanan beceri temelli sorulara ilişkin veriler de yine çevrimiçi bilimsel süreç beceri testi gibi ikili sistemde kategorik olarak işaretlenmiş ve bu veriler de kategorik değişkenler olarak yordayıcı değişken olarak işlenmiştir.

Bu aşamadan sonra ise toplanan veriler Orange 3.0 isimli otomatikleştirilmiş makine öğrenmesi yazılımında işlenmiş ve 11 farklı yapay zekâ modeli üzerinde çalıştırılmış ve modellerin etkililiği karşılaştırılmıştır. Modellerin eğitilmesi sürecinde 292 öğrenciden toplanan çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testi yanıtları ve öğrencilerin 40 soruluk beceri temelli sorulara verdikleri yanıtların doğru ya da yanlış olma durumlarını gösteren veriler kullanılmıştır. Bu veriler rastgele örneklem seçme özelliği ile %70'i makine öğrenme modelini eğitmede kullanılan eğitim verisi, %30'u da eğitilen modelin etkililiğinin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere test verisi olarak ayrılmıştır. Böylelikle modelin eğitildikten sonra tamamen farklı veriler üzerinde test edilerek daha gerçekçi sonuçlara ulaşılması sağlanmıştır. Söz konusu modelleri biraz daha iyi açıklayabilmek amacıyla bir anlam çözümleme tablosu (Ariely vd., 2022; Margaret Bearman vd., 2020; Elden vd., 2013; Mubarak vd., 2020; Prasanna Kumari ve Usha Rani, 2017; Zhai, Shi, vd., 2021) Tablo 17 ile gösterilmiştir.

Tablo 17

Farklı sınıflandırma modellerinin güçlü ve zayıf yönleri.

Model	Tip	Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
AdaBoost	Topluluk öğrenimi	Gürültülü verileri işleyebilir	Hesaplama açısından maliyetli olabilir
CN2 kural indükleyici	Kural tabanlı öğrenme	Yorumlanması kolay	Gürültüye karşı hassas olabilir
Yapay Sinir Ağı	Derin öğrenme	Karmaşık ilişkileri öğrenebilir	Eğitmek hesaplama açısından pahalı olabilir
Rastsal orman	Topluluk öğrenimi	Fazla takmayı kaldırabilir	Diğer modellere göre daha az doğru olabilir
Destek vektör makinesi (SVM)	Doğrusal model	Yüksek doğruluk elde edebilir	Aykırı değerlere karşı hassas olabilir
Stokastik gradyan iniş (SGD)	Optimizasyon algoritması	Çeşitli modelleri eğitmek için kullanılabilir	Yakınsama yavaş olabilir
k-yakınlaşan komşular	Parametrik olmayan model	Uygulaması kolay	Gürültüye karşı hassas olabilir
Karar ağacı	Ağaç tabanlı model	Yorumlanması kolay	Aşırı uyumsamaya karşı hassas olabilir
Gradyan güçlendirme	Takviyeli öğrenme	Optimal politikaları öğrenebilir	Hesaplama açısından pahalı olabilir
Naive Bayes	Olasılık modeli	Anlaması kolay	Karmaşık problemler için hatalı olabilir
Sabit	Temel model	Basit ve uygulaması kolay	Çok doğru sonuçlar vermeyebilir

Söz konusu bu farklı makine öğrenmesi algoritmalarıyla öğrencilerin toplam bilimsel süreç beceri puanlarını yordamak için yapılan eğitim denemelerinin sonuçlarına ilişkin değerler Tablo 18 ile verilmiştir.

Tablo 18

Farklı farklı makine öğrenmesi algoritmalarıyla yapılan öğrenme denemelerinin test verisi üzerinde test edilmesine ait sonuçlar.

Model	AUC	Doğruluk	F1	Hassasiyet	Duyarlılık
AdaBoost	0.97	0.78	0.80	0.89	0.77
CN2 kural indükleyici	0.86	0.78	0.80	0.87	0.78
Yapay Sinir Ağı	0.97	0.77	0.79	0.87	0.77
Rastsal orman	0.93	0.68	0.70	0.77	0.68
Destek vektör makinesi (SVM)	0.72	0.59	0.58	0.74	0.59
Stokastik gradyan iniş (SGD)	0.68	0.42	0.40	0.45	0.42
k-yakınlaşan komşular	0.83	0.24	0.24	0.41	0.24
Karar ağacı	0.83	0.30	0.26	0.31	0.30
Gradyan güçlendirme	0.71	0.22	0.19	0.25	0.22
Naive Bayes	0.71	0.12	0.03	0.02	0.12
Sabit	0.5	0.10	0.02	0.01	0.10

Bu aşamadan sonra ise, çalışma kapsamında eğitilen yapay zekâ modellerinin değerlendirilmesi amacıyla tabloda verilen ve daha önce açıklanan değerler dikkate alınmıştır (Liu vd., 2016; Lottridge vd., 2018; Minitab, 2022; Zhai vd., 2021). Bahsedildiği üzere, bu değerlerin tek başlarına değerlendirilmesinden ziyade birlikte değerlendirilmesi yapay zekâ modellerinin değerlendirilmesinde önem arz etmektedir (Nayebi, 2020; Pituch ve Stevens, 2015). Tablo 18 incelendiğinde, AdaBoost modelinin diğer modellere nazaran daha kesin tahminler yaptığı (p=0.89), test verileri üzerinde de en yüksek ikinci doğru tahminleri yaptığı (r=0.77) görülmektedir. Bunun yanı sıra söz konusu modellerin hata matrislerinin de incelenmesi daha güvenilir bir sonuç doğuracağı için, en yüksek kesinlik ve doğruluk değerlerine sahip olan modellerin hata matrisleri de incelenmiştir. Bu matrislere ait ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Şekil 9.

Yapay sinir ağı modeli için hata matrisi.

Tahminler

Gerçek değerler	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	∑
2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	12
7	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	20
8	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	18
9	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	17
10	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	3	0	0	0	0	0	0	23
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	9	0	0	0	0	0	1	30
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	10	0	0	0	0	1	0	32
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	1	0	0	30
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0	0	0	1	10
16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	9	0	0	0	12
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	9	2	1	17
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	13	0	16
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	24	27
∑	6	3	7	5	10	17	12	13	20	21	22	81	3	6	11	10	18	27	292

Şekil 9'da görüldüğü gibi, yapay sinir ağlarına ait hata matrisi modelin tahminlerinin gerçek değerlerle uyumunu göstermektedir. Gerçek değerlerle tahminlerin uyumlu olması için frekansların hata matrisinde sol üstten sağ alta diyagonal eksen üzerinde toplanması beklenir. Gerçek değer ile tahmin edilen değer birbirine ne kadar yakınsa, frekanslar da bu çizgiye o derece yakın olacaktır. Hata matrisinin en büyük önemi, modelin yaptığı tahminlerin istatistiksel bir değerden öte, gerçekten ne kadar uzak ya da ne kadar yakın tahminlerin yapıldığını görmeye olanak sağlamasıdır. Kesinlik değerinin yüksek olmasına karşın gerçek değere uygun olmayan tahminlerin -az sayıda bile olsa- gerçek değerden çok uzak olması, sınıflama modelinin etkililiğinin daha sert eleştirilmesi gereğini doğurabilir. Şekil 9'da görüldüğü üzere yapay sinir ağları modeli çok sayıda doğru tahminde bulunmuş olmasına karşın, bazı tahminlerin gerçek değerden çok uzak olduğu görülmektedir (kırmızı tonlarında gösterilen değerler). Buna göre örneğin bilimsel süreç beceri testinden 11 alan bir öğrencinin puanını 19, 19 alan bir öğrencinin puanını ise 13 olarak tahmin etmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında eğitilen yapay zekâ modellerinin karşılaştırılmasında gerçek değerlerden en az

uzak tahminleri yapan modelin tercih edilmesinin yerinde olacağı düşünülerek, değerlendirme tablosunda en iyi puanları alan iki modelin incelenmesine karar verilmiştir.

Bir diğer model olan AdaBoost modeline ait hata matrisi, Şekil 10'da verilmiştir.

Şekil 10

AdaBoost modeli için hata matrisi.

Tahminler

Gerçek değerler	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	∑
2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	12
7	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	20
8	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	18
9	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	17
10	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	3	0	0	0	0	0	0	23
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	9	0	0	0	0	0	1	30
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	10	0	0	0	0	0	0	32
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	30
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0	0	0	1	10
16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	8	0	0	1	12
17	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	1	10	0	1	17
18	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	0	0	0	0	10	0	16
19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	25	27
∑	6	3	7	5	10	17	12	19	20	21	23	82	3	6	9	10	10	29	292

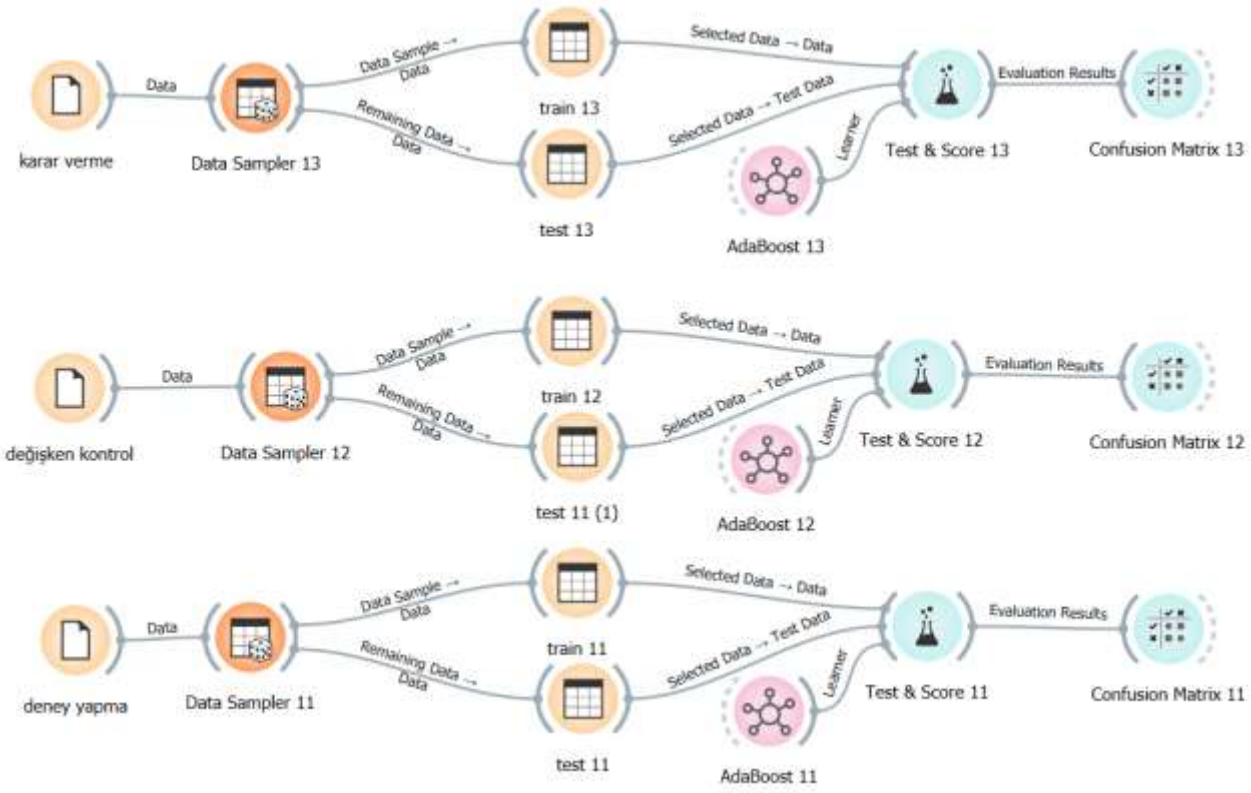
AdaBoost modeline ait hata matrisi incelendiğinde daha az sayıda uç değer olduğu, dolayısıyla gerçekten çok uzak yapılan tahminlerin daha az sayıda olduğu görülmektedir. Yine de özellikle 14 puan düzeyindeki tahminlerin gerçek değerlerden uzaklaştığı da yine hata matrisinde göze çarpmaktadır. Bu durumdan dolayı bahsedilen 14 becerinin sınıflama modeline teker teker tanımlanarak ayrı ayrı yordanmasının etkili olacağı düşünülerek AdaBoost modeli her bir bilimsel süreç becerisi için ayrı ayrı modellenmiştir.

Buradan da görüldüğü üzere AdaBoost ile desteklenmiş yapay sinir ağları modeli, diğer modellere nazaran en yüksek etkililiğe sahiptir. Doğrulayıcı bir analiz, makine algoritmalarını geliştirmek ve doğrulamak için öğe geliştirmenin geç aşamasında kullanılır. Makine, çapraz doğrulamadan türetilen her bir algoritmanın tahminlerine dayanarak algoritmik parametreleri en iyi duruma getiren algoritmaya ağırlıklar atar (Maestrales vd., 2021). Bu modellerin karşılaştırılması için daha önce bahsedilen "Doğrulama (Validation)" ve "Çapraz Doğrulama

(Cross Validation)" yöntemleri kullanılmıştır. Doğrulayıcı bir analiz, makine algoritmalarını geliştirmek ve doğrulamak için öğe geliştirmenin geç aşamasında kullanılır. Makine, çapraz doğrulamadan türetilen her bir algoritmanın tahminlerine dayanarak algoritmik parametreleri en iyi duruma getiren algoritmaya ağırlıklar atar (Lottridge vd., 2018; Minitab, 2022). Bu çalışmada kullanılan sınıflama modeline ilişkin bir ekran görüntüsü Şekil 11'de verilmiştir.

Şekil 11

AdaBoost sınıflama modeli.



Şekil 11'de gösterildiği gibi, veriler Orange yazılımında işlenirken her bir bilimsel süreç becerisi ayrı ayrı hedef değişken olarak seçilmiş ve her bir bilimsel süreç becerisi bağımsız olarak yordanmıştır. Tablo 18'te görüldüğü gibi kullanılması en uygun algoritma olan Adaboost modeli her bir bilimsel süreç becerisinin yordanması sürecinde ayrı ayrı kullanılarak elde edilen ölçüm değerleri de ayrı ayrı yorumlanmıştır.

Çalışmada kullanılmak üzere uygun olduğu anlaşılan Adaboost modeli, ikili sistemdeki verilerin sınıflandırılmasını sağlayan bir makine öğrenmesi algoritması olarak geliştirilmiş (boosted) bir modeldir (Balaji vd., 2021; Jauhari ve Supianto, 2019; Prasanna Kumari ve Usha Rani, 2017). Bireysel sınıflandırıcının performansını artırmak için toplu sınıflandırma yaklaşımları (ensamble) kullanılır. Toplu sınıflandırma, iki veya daha fazla sınıflandırıcının birleşimidir (Elden vd., 2013; Knaus, 2021; Tarik vd., 2021). Eğitim Sistemleri üzerinde uygulanan AdaBoost, en popüler yaklaşımlardan biridir. Bu yaklaşım model oluşturma

sürecinde doğruluğu, hata oranlarını ve modeli oluşturmak için gereken süreyi iyileştirmede çok başarılıdır (Prasanna Kumari ve Usha Rani, 2017).

Bu çalışmada da yukarıda bahsedilen yöntemlerden, doğruluk, kesinlik, F1 değeri, ROC eğrisinin altında kalan alan (AUC) ve hassasiyet değerleri veri analizi ve geliştirilen yapay zekâ modellerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu değerler yorumlanırken Webb uyumsama sürecinin kategorik birlik ölçütü göz önünde bulundurulmuştur. Kategorik birlik ölçütü, belirlenmiş ve kazanılması gereken standartlar ve bu standartlara ulaşılma düzeyinin içerik bakımından değerlendirilmesi arasındaki uyumu değerlendirerek bir uyum göstergesi sağlar (Newton ve Kasten, 2013; Webb, 2007). Bu kriterin sağlanması amacıyla uzman görüşleri alınarak belirlenen bilimsel süreç becerilerinden her birinin test içerisinde var olma durumu ortaya çıkarılmalıdır. Bu süreç sonucunda standartlar ve değerlendirme arasındaki uyumun en az %60 olması, ölçütün sağlandığı şeklinde yorumlanmakta, uyumun %70 ve üzerinde çıkması ise yüksek bir kategorik birlik görüldüğü şeklinde yorumlanmaktadır (Webb, 2007). Benzer şekilde Cohen'in Kappa değeri ve Cronbach'ın Alpha değeri de yine %70 üzeri uyumun geçerli olduğunu kabul etmektedir (Cohen, 1960; Thorndike ve Hagen, 2014). Bu çalışmada da bu nedenle %60 üzeri uyum geçerli, %70 değeri ve üzeri ise, incelenen metrikler açısından yüksek bir uyumun yakalandığını, dolayısıyla sınıflama modelinin başarılı bir yordama gerçekleştirdiğini gösterdiği şeklinde yorumlanmıştır.

Bunun yanında alanyazında AUC ve F1 skorlarının değerlendirilmesine yönelik rubrikler de mevcuttur. Çalışmanın yorumlanmasında kullanılan rubrik, Tablo 19 ile gösterilmiştir.

Tablo 19

Makine öğrenmesi modelinin değerlendirilmesinde kullanılan metriklerin yorumlanmasına ilişkin rubrik.

Metrik	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**
Çok iyi	>0.8	>0.9	>0.9
İyi	0.7-0.8	0.7-0.9	0.8-0.9
Yeterli	0.5-0.7	0.6-0.7	0.5-0.8
Kötü/Yetersiz	0.5	<0.6	<0.5

Tablo 19 ile gösterilen rubrik uyarınca, AUC değerleri için 0.5'ten düşük değerler kötü performans, 0.5 ile 0.7 arasındaki değerler yeterli (orta) performans, 0.7 ile 0.8 arasındaki değerler iyi performans ve 0.8 üzerindeki değerler çok iyi performans olarak sınıflandırılmaktadır (Allwright, 2022). F1 değeri için ise 0.5'ten düşük değerler iyi olmayan

performans, 0.5-0.8 arası değerler yeterli performans, 0.8 ile 0.9 arası değerler iyi performans, 0.9 üzeri değerler ise çok iyi performans olarak yorumlanmaktadır. Benzer şekilde doğruluk için 0.6'dan küçük değerler iyi olmayan performans, 0.6-0.7 arası değerler yeterli performans, 0.7 ile 0.9 arası değerler iyi performans, 0.9 üzeri değerler ise çok iyi performans olarak yorumlanmaktadır (Allwright, 2022). Bu çalışmada elde edilen bulguların yorumlanmasında da bu ölçütler göz önünde bulundurulmuştur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde, araştırmanın problem cümlesi "Geliştirilen sınıflama modelinin beceri temelli sorularla 8. sınıf öğrencilerinin ve fen alanında üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada etkililiği nasıldır?" doğrultusunda incelenen alt problemlere göre elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu bağlamda, öncelikle örnekleme dahil edilen 8. sınıf öğrencilerinin ve fen alanında üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Ardından, makine öğrenmesi ile geliştirilen sınıflama modelinin, 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamadaki etkililiği ölçülmüştür. Son olarak, makine öğrenmesi ile geliştirilen yapay zekâ modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamadaki etkililiği de analiz edilmiştir (Şekil 11).

4.1. Örneklemdeki 8. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerileri

Araştırmanın birinci alt problemi olan "Örnekleme dahil edilen 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ne düzeydedir?" sorusuna bu bölümde yanıt verilmiştir. Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla elde edilen verilere ilişkin betimsel istatistikler, Tablo 20'de gösterilmiştir.

Tablo 20

Öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanlarına ait betimsel istatistikler

	X	Medyan	ss	Çeyrek açıklığı	Çarpıklık	Basıklık
Bilimsel Süreç Beceri Puanı	10.50	11.50	3.23	5.00	-.81	-.27

Tabloya göre, öğrencilerin bilimsel süreç beceri testinden her bir bilimsel süreç becerisi için hesaplanmış toplam 14 puan üzerinden aldıkları toplam puanlarının ortalama değeri 10.50, medyan değeri 11.50, standart sapma ise 3.23 olarak bulunmuştur. Bu nedenle öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin birbirinden farkının yüksek olduğu, başka bir deyişle öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin düzeyinin kendi aralarında büyük bir değişkenlik gösterdiği şeklinde yorumlanabilir (Maks: 14; min: 2). Buna karşılık çarpıklık (-.81) ve basıklık (-.27) değerleri incelendiğinde veriler normal dağılıma benzer bir şekilde dağılmış ve öğrencilerin genelinin bilimsel süreç beceri düzeyinin orta düzeyde (Pituch ve Stevens, 2015) olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (x=10.50).

Bu bulgular, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinde büyük bir çeşitlilik olduğunu, bazı öğrencilerin çok yüksek puanlar alırken bazılarının çok düşük puanlar aldığını göstermektedir. Ancak, genel olarak dağılımın neredeyse simetrik olması ve basıklık değerinin normal dağılım için kabul edilebilir düzeyde olması, öğrencilerin ortalama bilimsel süreç beceri puanlarının 11.83 olması, bilimsel süreç beceri düzeylerinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir (Pituch ve Stevens, 2015). Öğrencilerin her bir bilimsel süreç becerisi, birden fazla madde yardımıyla ölçülen beceriler birleştirilerek incelendiğinde ise bu ortalama puanın 10,50 düzeyine düştüğü görülmektedir. Bu durumun nedeni, bilimsel süreç becerilerinin sınıflandırılmasında testte verilen cevaplar ya "yanlış" ya da "doğru" olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle "tam" ya da "eksik" şeklinde yapılan sınıflamada, aynı beceriyi kullanmayı gerektiren farklı sorulardan herhangi birinin yanlış yapılması durumunda, öğrencinin söz konusu bilimsel süreç becerisinin "eksik" olarak sınıflandırılmış olması ve sıfır olarak kodlanmasıdır. Tablo 21, öğrencilerin çevrimiçi bilimsel süreç beceri testinden aldıkları puanların becerilere göre betimsel istatistiklerini göstermektedir.

Tablo 21

Öğrencilerin her bir bilimsel süreç beceri için puanlarına ait betimsel istatistikler

Bilimsel Süreç Becerisi	Ortalama	Mod	Medyan	Min	Maks
Gözlem yapma	0,93	1,00	1,00	0,00	1,00
Ölçme	0,69	1,00	1,00	0,00	1,00
Verileri kaydetme	0,53	1,00	1,00	0,00	1,00
Çıkarım yapma	0,90	1,00	1,00	0,00	1,00
Önceden kestirme	0,76	1,00	1,00	0,00	1,00
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	0,77	1,00	1,00	0,00	1,00
Sınıflama	0,83	1,00	1,00	0,00	1,00
Verileri kullanma ve model oluşturma	0,71	1,00	1,00	0,00	1,00
Hipotez kurma	0,88	1,00	1,00	0,00	1,00
Sayı uzay ilişkileri kurma	0,60	1,00	1,00	0,00	1,00
Veri yorumlama	0,80	1,00	1,00	0,00	1,00
Deney yapma	0,79	1,00	1,00	0,00	1,00
Karar verme	0,72	1,00	1,00	0,00	1,00
Değişkenleri belirleme	0,78	1,00	1,00	0,00	1,00

Tablo 21 incelendiğinde, öğrencilerin gözlem yapma, çıkarım yapma, hipotez kurma ve sınıflama bilimsel süreç beceri puanlarının en yüksek ortalamaya sahip olduğu, en düşük puanların ise verileri kaydetme, sayı uzay ilişkileri kurma, ölçme ve karar verme becerilerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 22

Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanlarına ait betimsel istatistikler

	X	Medyan	ss	Çeyrek açıklığı	Çarpıklık	Basıklık
Bilimsel Süreç Beceri Puanı	13.05	13.50	1.20	2.00	-1.24	.68

Tabloya göre, öğrencilerin bilimsel süreç beceri testinden her bir bilimsel süreç becerisi için hesaplanmış toplam 14 puan üzerinden aldıkları toplam puanlarının ortalama değeri 13.05, medyan değeri 13.50, standart sapma ise 1.20 olarak bulunmuştur. Bu nedenle öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin birbirinden farkının yüksek olduğu, başka bir deyişle öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin düzeyinin kendi aralarında büyük bir değişkenlik gösterdiği şeklinde yorumlanabilir (Maks: 14; min: 10). Buna karşılık veriler normal dağılıma benzer bir şekilde dağılmış ve öğrencilerin genelinin bilimsel süreç beceri düzeyinin yüksek düzeyde (Pituch ve Stevens, 2015) olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (x=13.05).

Tablo 23 ise üstün yetenekli öğrencilerin çevrimiçi bilimsel süreç beceri testinden aldıkları puanların becerilere göre betimsel istatistiklerini göstermektedir.

Tablo 23

Üstün yetenekli öğrencilerin her bir bilimsel süreç beceri için puanlarına ait betimsel istatistikler

Bilimsel Süreç Becerisi	Ortalama	Mod	Medyan	Min	Maks
Gözlem yapma	0,97	1,00	1,00	0,00	1,00
Ölçme	0,90	1,00	1,00	0,00	1,00
Verileri kaydetme	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Çıkarım yapma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Önceden kestirme	0,94	1,00	1,00	0,00	1,00
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sınıflama	0,97	1,00	1,00	0,00	1,00
Verileri kullanma ve model oluşturma	0,79	1,00	1,00	0,00	1,00

Hipotez kurma	0,97	1,00	1,00	0,00	1,00
Sayı uzay ilişkileri kurma	0,85	1,00	1,00	0,00	1,00
Veri yorumlama	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Deney yapma	0,94	1,00	1,00	0,00	1,00
Karar verme	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Değişkenleri belirleme	0,85	1,00	1,00	0,00	1,00

Tablo 23 incelendiğinde, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinden verileri kaydetme, çıkarım yapma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, verileri yorumlama ve karar verme becerilerinde tam puan aldığı, en düşük ortalamaların ise %85 ile değişkenleri belirleme ve sayı uzay ilişkileri kurma becerilerinde alındığı görülmektedir.

Tablo 24 ise, öğrencilerin ve üstün yetenekli tanısı alan öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanlarını karşılaştırmak amacıyla sunulmuştur.

Tablo 24

Öğrencilerin ve üstün yetenekli tanısı alan öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanlarını karşılaştırılması

Bilimsel Süreç Becerisi	Normal Öğrenci	Üstün Yetenekli Öğrenci
Çıkarım yapma	0.9	1
Değişkenleri belirleme	0.78	0.85
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	0.77	1
Deney yapma	0.79	0.94
Gözlem yapma	0.93	0.97
Hipotez kurma	0.88	0.97
Karar verme	0.72	1
Ölçme	0.69	0.9
Önceden kestirme	0.76	0.94
Sayı uzay ilişkileri kurma	0.6	0.85
Sınıflama	0.83	0.97
Veri yorumlama	0.8	1
Verileri kaydetme	0.53	1
Verileri kullanma ve model oluşturma	0.71	0.79
Toplam	10.50	13.05

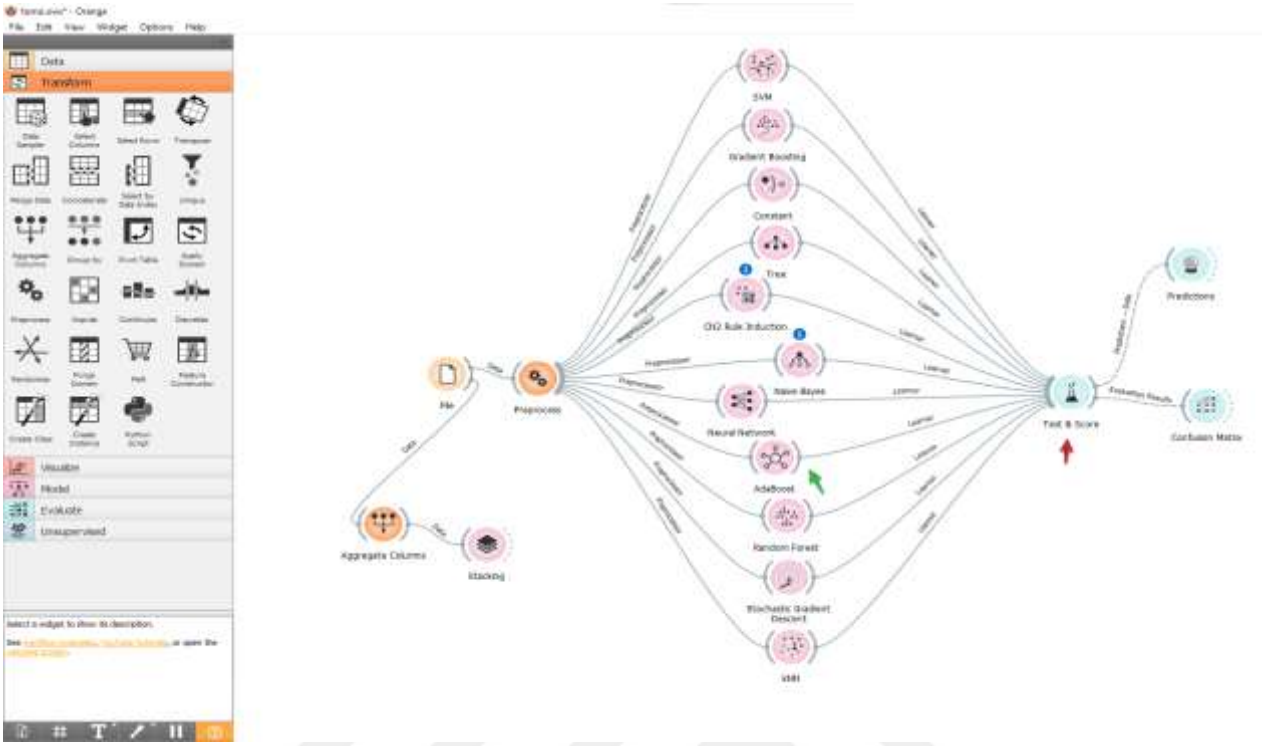
Tablo 24 incelendiğinde, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin tamamında diğer öğrencilere göre daha yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Bunun yanında, toplam bilimsel süreç beceri puanlarının da diğer öğrencilerin toplam puan ortalamasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Öğrencilerin özellikle verileri kaydetme, sayı uzay ilişkileri kurma, ölçme ve karar verme gibi diğer bilimsel süreç becerilerine göre daha düşük puanlar aldıkları bilimsel süreç becerilerinde, üstün yetenekli öğrencilerin çok daha yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Çıkarım yapma, gözlem yapma, hipotez kurma gibi, öğrencilerin yüksek puanlar aldıkları becerilerde de yine üstün yetenekli öğrencilerin daha yüksek bir ortalama yakaladıkları görülmektedir.

4.2. Makine Öğrenmesi ile Geliştirilen Sınıflama Modelinin 8. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerilerini Yordamadaki Etkililiği

Bu bölüm, öncelikle makine öğrenmesi modellerinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordama başarılarını kıyaslayarak hangi makine öğrenme modelinin kullanılmasının en uygun olacağının ortaya çıkarılacağı, ardından bu makine öğrenmesi modeliyle araştırmaya konu olan her bir bilimsel süreç becerisinin yordanma düzeyinin irdeleneceği bölümdür. Öğrencilerin çevrimiçi bilimsel süreç beceri testi yardımıyla “eksik” ya da “tam” şeklinde sınıflandırılan bilimsel süreç becerileri ve çoktan seçmeli beceri temelli sorulara verdikleri yanıtlardan aldıkları puanlar Orange veri madenciliği yazılımı yardımıyla analiz edilmiş, düzenlenmiş ve daha sonra yine sınıflama tahmini yapılması amacıyla model eğitme aşamasına geçilmiştir. Alanyazında en sık kullanılan bu sınıflandırma algoritmaları veri dosyasına bağlanarak her bir modelin metrikleri ayrı ayı incelenmiş ve model seçimi bu doğrultuda yapılmıştır. Geliştirilen modellere ait ekran görüntüsü Şekil 12 ile gösterilmiştir.

Şekil 12

Eğitilen makine öğrenmesi modellerine ait Orange veri madenciliği yazılımı ekran görüntüsü.



Bu bağlamda Tablo 25, Orange veri madenciliği yazılımı yardımıyla geliştirilen ve öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordayan makine öğrenimi modellerinin sınıflandırma performansını karşılaştırmak için kullanılan metrikleri irdeleyen verileri sunmaktadır.

Tablo 25

Orange veri madenciliği yazılımı kullanılarak öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordayan makine öğrenimi modellerinin sınıflandırma performansı.

Model	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
AdaBoost	0.974	0.777	0.801	0.889	0.777
CN2 kural indükleyici	0.870	0.781	0.805	0.889	0.781
Yapay Sinir Ağı	0.971	0.774	0.798	0.881	0.774
Rastsal orman	0.938	0.688	0.702	0.775	0.688
Destek vektör makinesi (SVM)	0.721	0.592	0.587	0.744	0.592
Stokastik gradyan iniş (SGD)	0.683	0.421	0.404	0.456	0.421

k-yakınlaşan komşular	0.837	0.247	0.246	0.411	0.247
Karar ağacı	0.836	0.305	0.263	0.315	0.305
Gradyan güçlendirme	0.720	0.223	0.191	0.257	0.223
Naive Bayes	0.720	0.127	0.038	0.027	0.127
Sabit	0.500	0.110	0.022	0.012	0.110

Tablo 25, Orange veri madenciliği yazılımını kullanarak öğrencilerin fen eğitimindeki performansını tahmin etmek için farklı makine öğrenimi modellerinin sınıflandırma performansını sunmaktadır. Değerlendirme ölçütleri eğri altındaki alan (AUC), doğruluk, F1-skoru, Kesinlik ve duyarlılıktır. Özellikle sınıflandırma bağlamında, belirli bir veri kümesi üzerinde 11 farklı makine öğrenimi modelinin performans metriklerini sunulmuştur. Modeller AdaBoost, CN2 kural indükleyici, Sinir Ağı, Rastsal orman, SVM, SGD, kNN, Ağaç, Gradyan Güçlendirme ve Naive Bayes'in yanı sıra temel olarak kullanılan Sabit modelidir.

Tablodaki her satır bir modeli temsil etmektedir ve sütunlar modelin performansını değerlendirmek için kullanılan farklı değerlendirme metriklerine karşılık gelmektedir. Bu ölçütler AUC, Doğruluk, F1, Kesinlik ve Duyarlılıktır. AUC veya Eğri Altındaki Alan, modelin pozitif ve negatif örnekler arasında ayrım yapma yeteneğini ölçen ikili sınıflandırma görevlerinde yaygın olarak kullanılan bir metriktir (Asselman vd., 2021). Daha yüksek değerler daha iyi performansı gösterirken 0 ile 1 arasında değerler alır. Doğruluk veya Sınıflandırma Doğruluğu, veri kümesindeki tüm örnekler arasından doğru sınıflandırılan örneklerin yüzdesini ölçer. F1 puanı, Kesinlik ve duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasıdır (Asselman vd., 2021). Bu nedenle F1 puanı değerlendirmede kesinlik ve duyarlılık hakkında bilgi verse de yine de bu değerler tablolarda yer verilmiştir. Kesinlik, doğru sınıflandırılmış pozitif örneklerin tahmin edilen tüm pozitif örneklere oranıdır. Modelin pozitif bir örneği tahmin ettiğinde ne sıklıkla doğru olduğunu ölçer. Duyarlılık, doğru sınıflandırılmış pozitif örneklerin tüm gerçek pozitif örneklere oranıdır. Modelin pozitif örnekleri ne kadar iyi tanımladığını ölçer (Kotsiantis vd., 2004).

AdaBoost modeli, AUC skoru .97 olan en yüksek performans gösteren modeldir. Bu model, sınıflandırma doğruluğu .77 olan bir F1 puanı .80 olan en iyi sonuçları elde etmiştir. AdaBoost modelinin Kesinlik ve duyarlılık değerleri sırasıyla .89 ve.78'dir. Bu sonuçlar,

modelin yüksek doğruluk oranı ve düşük hata payı ile bilimsel süreç becerilerini yordamada kullanılabileceğini göstermektedir.

CN2 kural indükleyici modeli, AUC skoru .87 olan bir başka iyi performans gösteren modeldir. Bu modelin sınıflandırma doğruluğu .78 ve F1 puanı .81'dir. CN2 kural indükleyici modelinin Kesinlik ve duyarlılık değerleri sırasıyla .88 ve .78'dir. Bu sonuçlar, bu modelin de araştırma çerçevesinde kullanılabilecek etkili bir model olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte AUC skorunun Adaboost modelinin skoruna göre çok daha düşük olması ve Adaboost modelinin güçlendirilmiş bir model olması göz önünde bulundurularak, Adaboost modeliyle yordamaların yapılmasına karar verilmiştir.

Sinir Ağı modeli, AUC skoru .97 olan yüksek performans gösteren bir diğer modeldir. Bu modelin sınıflandırma doğruluğu .77 ve F1 puanı .79'dur. Sinir Ağı modelinin Kesinlik ve duyarlılık değerleri sırasıyla .88 ve .77'dir. Bu sonuçlar, AUC skoruna göre modelin AdaBoost modeline benzer şekilde etkili bir sınıflandırma yapabileceğini, F1 skoruna bakıldığında ise Adaboost modelinin daha yüksek performans sağlayacak sınıflama modeli olduğunu göstermektedir.

Rastsal orman modeli, AUC skoru .94 olan orta düzeyde performans gösteren bir modeldir. Bu modelin sınıflandırma doğruluğu 0.68 ve F1 puanı .70'tir. Rastsal orman modelinin Kesinlik ve duyarlılık değerleri sırasıyla .77 ve .68'dir. Bu sonuçlar, modelin bilim eğitiminde kullanılabilir ancak diğer modellerden daha düşük performans gösterdiğini göstermektedir.

Tablo 25 incelendiğinde, SVM (Support Vector Machine, Destek Vektör Makinesi) modelinin diğer modellere göre daha düşük performans gösterdiği görülmektedir. SVM modelinin AUC değeri .72 olarak hesaplanmıştır ve diğer modellere kıyasla daha düşüktür. SVM modelinin doğruluğu da %59.25'tir ve bu da diğer modellere göre oldukça düşüktür. SVM modeli, F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık ölçütlerinde de düşük performans göstermiştir. Bu sonuçlar, SVM modelinin bu veri kümesinde uygun bir seçenek olmadığını göstermektedir.

Stokastik gradyan iniş (SGD, Stochastic Gradient Descent) modeli, sınıflandırma performansı açısından diğer modellere göre en düşük olan modellerden biridir. AUC değeri .68 olarak hesaplanmıştır ve bu da diğer modellere göre oldukça düşüktür. Doğruluk oranı sadece %42.12'dir ve F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık ölçütlerinde de düşük performans göstermiştir.

kNN (k-Nearest Neighbors) modeli, AUC değeri 0.84 olan ve diğer performans ölçütleri açısından da makul bir performans gösteren bir modeldir. Ancak, doğruluk oranı sadece

%24.66'dır ve F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık ölçütlerinde de düşük performans göstermiştir. Bu sonuçlar, kNN modelinin bu veri kümesinde en iyi performans gösteren modellerden biri olmadığını göstermektedir.

Karar ağacı (Tree) modeli, AUC değeri .84 olan ve diğer performans ölçütleri açısından da kabul edilebilir bir performans gösteren bir modeldir. Ancak, doğruluk oranı sadece %30.48'dir ve F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık ölçütlerinde de düşük performans göstermiştir.

Gradyan güçlendirme (Gradient Boosting) modeli, AUC değeri .72 olan ve diğer performans ölçütleri açısından da düşük bir performans gösteren bir modeldir. Doğruluk oranı sadece %22.26'dır ve F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık ölçütlerinde de düşük performans göstermiştir.

Naive Bayes modeli, AUC değeri .72 olan ve diğer performans ölçütleri açısından da düşük bir performans gösteren bir modeldir. Doğruluk oranı sadece %12.67'dir ve F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık ölçütlerinde de düşük performans göstermiştir.

Sabit (Constant) modeli, AUC değeri .50 olan ve diğer performans ölçütleri açısından da en düşük performans gösteren bir modeldir. Doğruluk oranı sadece %10.96'dır ve F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık ölçütlerinde de düşük performans göstermiştir. Bu sonuçlar, Constant modelinin bu veri kümesinde bir sınıflandırma modeli olarak uygun olmadığını göstermektedir.

Bu modeller değerlendirildiğinde yüksek AUC değeri ve F1 puanı nedeniyle (Asselman vd., 2021; Dials vd., 2023; Li vd., 2022; Tomasevic vd., 2020) öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada kullanılacak en uygun modelin AdaBoost modeli olduğu görülmektedir (AUC = .97; Doğruluk= .77; F1 = .80; Kesinlik .89; Duyarlılık =.78). Bu nedenle öğrencilerin 14 bilimsel süreç becerisi ayrı ayrı bu modelden yararlanılarak yordanmış ve sonuçları yine aynı metrikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu becerilerin yordanmasına ait sonuçlar aşağıda tablolar ile gösterilmiştir.

Tablo 26

Gözlem yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Gözlem yapma	0.816	0.928	0.913	0.899	0.928
Yorum	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi		

Tablo 26 incelendiğinde, modelin performansı AUC (Alan Altındaki Eğri) değeri ile 0.816, doğruluk oranı ile 0.928, F1 skoru ile 0.913, Kesinlik ile 0.899 ve Duyarlılık ile 0.928 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, modelin AUC değerinin yüksek seviyede olduğu, bununla birlikte yüksek doğruluk oranı ve F1 skoru, öğrencilerin gözlem yapma becerilerinin tahmin edilmesinde başarılı olduğunu göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Hassasiyet ve duyarlılık değerleri, modelin yanlış sınıflandırma oranının düşük olduğunu ve gerçek pozitiflerin doğru bir şekilde sınıflandırıldığını göstermektedir (Elden vd., 2013).

AdaBoost modelinin ölçme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 27 ile gösterilmiştir.

Tablo 27

Ölçme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Ölçme	0.938	0.750	0.714	0.728	0.750
Yorum	Çok iyi	İyi	Yeterli		

Adaboost modelinin ölçme becerisi tahminleri için performans ölçütleri incelendiğinde, modelin ölçme becerisi tahminleri için orta düzeyde bir performans gösterdiği söylenebilir. Modelin AUC değeri 1'e yakın olduğu için, model sınıflandırma performansının iyi düzeyde olduğu görülmektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Doğruluk değeri 0.75 olduğundan, modelin doğru sınıflandırma oranı %75'tir. F1 değeri 0.714 olduğundan, modelin doğru sınıflandırma oranı ile yanlış sınıflandırma oranları arasındaki dengeyi gösteren bir ölçüt olan F1 puanı ortalama düzeydedir. Kesinlik ve Duyarlılık değerleri sırasıyla 0.728 ve 0.750 olduğundan, modelin pozitif sınıf için doğru tahmin oranı ve gerçek pozitiflerin tüm pozitifler içindeki oranı da orta düzeydedir. Bu nedenle modelin ölçme becerisini yordama seviyesinin yüksek düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin sınıflama becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 28 ile gösterilmiştir.

Tablo 28

Sınıflama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Sınıflama	0.928	0.913	0.816	0.887	0.889
Yorum	Çok iyi	Çok iyi	İyi		

Tablo 28, sınıflama yapma becerisinin yordamasına yönelik Adaboost modelinin performans sonuçlarını göstermektedir. Modelin AUC değeri 0.928 olarak yüksek bir değerdir, bu da modelin iyi bir ayrım gücüne sahip olduğunu gösterir. Doğruluk oranı ve F1 skoru sırasıyla 0.913 ve 0.816'dır, yani modelin sınıflandırma başarısı yüksek olarak değerlendirilebilir. Hassasiyet (Kesinlik) değeri 0.887 ve Duyarlılık değeri 0.889 olarak ölçülmüştür, bu nedenle modelin pozitif sınıflandırma yaparken doğru yordamalar yaptığı ve gerçek pozitiflerin çoğunu doğru tespit edebildiği anlaşılmaktadır. Tüm bu sonuçlar bir araya getirildiğinde, modelin sınıflama yapma becerisini yordamak için etkili bir araç olduğu söylenebilir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin sayı uzay ilişkileri kurma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 29 ile gösterilmiştir.

Tablo 29

Sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Sayı uzay ilişkileri kurma	0.815	0.608	0.607	0.606	0.608
Yorum	Çok iyi	Yeterli	Yeterli		

Tablo 29, sayı uzayı ilişkileri kurma becerisinin yordanması için kullanılan AdaBoost modelinin performans sonuçlarını göstermektedir. Modelin sınıflandırma performansı AUC değeri 0.815 olarak ölçülmüştür. Modelin doğruluğu %60.8 olarak bulunmuştur. F1 değeri ise 0.607 olarak hesaplanmıştır. Kesinlik ve duyarlılık değerleri sırasıyla 0.606 ve 0.608'dir. Bu sonuçlar, modelin sayı uzayı ilişkileri kurma becerisini yordamada kabul edilebilir fakat yüksek olmayan bir performans gösterdiğini göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin çıkarım yapma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 30’da gösterilmiştir.

Tablo 30

Çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Çıkarım yapma	0.947	0.873	0.862	0.854	0.873
Yorum	Çok iyi	Çok iyi	İyi		

Tablo 30 incelendiğinde, modelin çıkarım yapma becerisini yordamada AUC değeri 0.947 olan çok iyi performans gösteren bir model olduğu görülmektedir. Doğruluk oranı ve F1 skoru sırasıyla 0.873 ve 0.862'dir, bu da modelin sınıflandırma başarısının yüksek olduğunu göstermektedir. Hassasiyet değeri 0.854 ve duyarlılık değeri 0.873 olarak ölçülmüştür, yani modelin pozitif sınıflandırma yaparken ne kadar doğru olduğu ve gerçek pozitiflerin ne kadarını tespit ettiği yüksek seviyededir. Tüm bu sonuçlar bir araya getirildiğinde, modelin çıkarım yapma becerisini yordamak için etkili bir araç olduğu söylenebilir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin önceden kestirme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 31 ile gösterilmiştir.

Tablo 31

Önceden kestirme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Önceden kestirme	0.773	0.788	0.718	0.834	0.788
Yorum	İyi	İyi	Yeterli		

Tablo 31 incelendiğinde, modelin önceden kestirme becerisini yordamada AUC değerinin 0.773 olduğu, iyi düzeyde performans gösteren bir model olduğu görülmektedir. Doğruluk oranı ve F1 skoru sırasıyla 0.788 ve 0.718'dir ve bu da modelin sınıflandırma başarısının yüksek olduğunu göstermektedir. Hassasiyet değeri 0.834 ve Duyarlılık değeri 0.788 olarak ölçülmüştür, yani modelin pozitif sınıflandırma yaparken ne kadar doğru olduğu ve gerçek pozitiflerin ne kadarını tespit ettiği incelendiğinde sonuçların yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Tüm bu sonuçlar bir araya getirildiğinde, modelin çıkarım yapma becerisini yordamak için etkili bir araç olduğu söylenebilir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin değişken belirleme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 32 ile gösterilmiştir.

Tablo 32

Değişken belirleme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Değişken belirleme	0.787	0.751	0.746	0.854	0.773
Yorum	İyi	İyi	Yeterli		

Tablo 32, modelin öğrencilerin değişken belirleme becerisinin yordanmasına ilişkin yüksek performans gösterdiğine işaret etmektedir. Modelin AUC değeri 0.787, Doğruluk değeri 0.751, F1 skoru 0.746, doğruluk değeri 0.854 ve duyarlılık değeri 0.773 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, modelin öğrencilerin değişken belirleme becerilerinin yordanmasında yüksek başarı gösterdiğini (Elden vd., 2013) ve kullanımının uygun olduğunu göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin hipotez kurma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 33 ile gösterilmiştir.

Tablo 33

Hipotez kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Hipotez kurma	0.885	0.890	0.847	0.808	0.890
Yorum	Çok iyi	İyi	İyi		

Tablo 33'ta görüldüğü üzere, modelin AUC değeri 0.885, Doğruluk değeri 0.890, F1 değeri 0.847, Kesinlik değeri 0.808 ve Duyarlılık değeri 0.890 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, modelin etkin bir şekilde hipotez kurma becerisinin yordanmasında etkili olduğunu göstermektedir (Elden vd., 2013). Ayrıca, modelin yüksek AUC ve Doğruluk değerleri, yüksek Kesinlik ve Duyarlılık değerleri ve iyi bir F1 skoruna sahip olduğu da göz önüne alındığında, modelin hipotez kurma becerisini yordamada kullanımı için uygun olduğu anlaşılmaktadır (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin veri yorumlama becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 34 ile gösterilmiştir.

Tablo 34

Veri yorumlama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Veri yorumlama	0.769	0.751	0.746	0.854	0.773
Yorum	İyi	İyi	Yeterli		

Veri yorumlama becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC oranı 0.769, Doğruluk oranı 0.751, F1 skoru 0.746, Kesinlik değeri 0.854 ve duyarlılık oranı 0.773 olarak ölçülmüştür. Modelin kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, bu değerlerin modeli kullanmak için yeterince yüksek olduğu görülmektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Bu nedenle modelin veri yorumlama becerisini yordamada kullanılmasının uygun olacağı söylenebilir.

AdaBoost modelinin verileri kullanma ve model oluşturma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 35 ile gösterilmiştir.

Tablo 35

Verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Verileri kullanma ve model oluşturma	0.824	0.801	0.763	0.758	0.801
Yorum	Çok iyi	İyi	Yeterli		

Tablo 35 incelendiğinde modelin AUC, Doğruluk, F1, Kesinlik ve duyarlılık göstergeleri bakımından iyi bir performans sergilediği görülmektedir. Model, Kesinlik ve duyarlılık değerleri arasında iyi bir dengeye işaret eden 0.758 ve 0.801'e sahip olduğundan, verileri kullanma ve model oluşturma becerisi için uygun bir çözüm olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte AUC değerinin 1'e yakın olması ve Doğruluk ve F1 değerlerinin de yüksek olarak ölçülmesi, modelin verileri kullanma ve model oluşturma becerisini yordamada kullanılabilir olması anlamına gelmektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin deney yapma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 36 ile gösterilmiştir.

Tablo 36

Deney yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Deney yapma	0.968	0.818	0.764	0.716	0.818
Yorum	Çok iyi	İyi	Yeterli		

Tablo 36 incelendiğinde, modelin AUC değeri 0.968, Doğruluk değeri 0.818, F1 skoru 0.764, Kesinlik değeri 0.716 ve duyarlılık değeri 0.818 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, bu modelin veri setine güçlü bir uyum sağladığını ve yüksek performans gösterdiğini göstermektedir. Dahası, modelin duyarlılık ve Kesinlik değerleri arasındaki dengenin kabul edilebilir düzeyde olduğu ve iyi bir kararlılık sağladığı görülmektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Bu sonuçlar, bu modelin deney yapma becerisini yordamada kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

AdaBoost modelinin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 37 ile gösterilmiştir.

Tablo 37

Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	0.939	0.795	0.753	0.750	0.795
Yorum	Çok iyi	İyi	Yeterli		

Modelin AUC değeri 0.939, doğruluk oranı değeri 0.795, F1 skoru 0.753, Kesinlik değeri 0.750 ve duyarlılık değeri 0.795 olarak hesaplanması, modelin kullanılabilirliğinin olumlu bir şekilde değerlendirilebileceğini göstermektedir. Dahası, duyarlılık ve Kesinlik değerlerinin kabul edilebilir seviyede olduğu ve iyi bir denge sağladığı gözlemlenmektedir. Bu nedenle, bu modelin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordamada kullanılabilirliği olumlu olarak değerlendirilmiştir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin karar verme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 38 ile gösterilmiştir.

Tablo 38

Karar verme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Karar verme	0.738	0.702	0.759	0.747	0.702
Yorum	İyi	İyi	Yeterli		

Tablo 38 ile gösterilen sonuçlar, modelin anlamlı ve tutarlı bir ölçüm yapabileceğini göstermektedir. Modelin kullanılabilirliği AUC, Doğruluk, F1, Doğruluk ve Duyarlılık değerleri yardımıyla değerlendirildiğinde, duyarlılık ve Kesinlik değerlerinin kabul edilebilir seviyede olduğu ve iyi bir denge sağladığı gözlemlenmektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Bu nedenle öğrencilerin karar verme becerilerinin yordanmasında modelin yeterli performans gösterdiği (Elden vd., 2013) ve kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir.

AdaBoost modelinin verileri kaydetme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 39 ile gösterilmiştir.

Tablo 39

Verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Verileri kaydetme	0.732	0.778	0.737	0.728	0.778
Yorum	İyi	İyi	Yeterli		

Modelin, verileri kaydetme becerisinin yordama başarısı için elde edilen sonuçlar incelendiğinde, modelin AUC değerinin yüksek 0.732 olması ve Doğruluk değerinin 0.778 olması, modelin verileri kaydetme becerisini doğru bir şekilde kestirim yapabildiğini göstermektedir. Ayrıca, modelin F1 skoru 0.737, Kesinlik oranı 0.728 ve duyarlılık oranı 0.778 olarak kabul edilebilir seviyelerde olduğunu göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Sonuç olarak, bu modelin öğrencilerin verileri kaydetme becerisine yönelik yordamalar için kullanılabilir olduğu söylenebilir.

Adaboost modelinin tüm bilimsel süreç becerileri için ortalama performansını gösteren değerler Tablo 40 ile gösterilmiştir.

Tablo 40

Adaboost modelinin bilimsel süreç becerileri için ortalama performans göstergeleri

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Ortalama	0.861	0.799	0.780	0.782	0.799
Yorum	Çok iyi	İyi	Yeterli		

Tablo 40 incelendiğinde, Adaboost makine öğrenmesi modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini başarılı bir şekilde tahmin ettiği söylenebilir. AdaBoost modeli bilimsel süreç becerileri için ortalama performans göstergeleri açısından başarılı bir performans sergilemektedir. Modelin ortalama AUC değeri .861, doğruluk oranı .799, F1 skoru .780, Kesinlik değeri .782 ve Duyarlılık değeri de .799'dur. Bu sonuçlar, Adaboost modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmede kullanılabileceğini ve bu tahminlerin yüksek doğruluk oranları ile yapılabileceğini göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

4.3. Makine Öğrenmesi ile Geliştirilen Sınıflama Modelinin Üstün Yetenekli Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerini Yordamadaki Etkililiği

Bu bölümde, Adaboost ile geliştirilen makine öğrenmesi modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamadaki başarısını incelemek amacıyla performans değerleri incelenmiştir. Her bir beceriye ilişkin gösterge tablosu ayrı ayrı incelenerek yorumlanmış, modelin ortalama performansı ise en son derlenerek değerlendirilmiştir. Üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma bilimsel süreç becerisinin yordanmasına ilişkin bulgular Tablo 41'de gösterilmiştir.

Tablo 41

Üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Gözlem yapma	0.750	0.879	0.907	0.937	0.879
Yorum	İyi	İyi	Çok iyi		

Tablo 41 incelendiğinde, modelin performansı AUC (Alan Altındaki Eğri) değeri 0.750, doğruluk oranı 0.879, F1 skoru 0.907, Kesinlik 0.937 ve duyarlılık 0.879 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, modelin AUC değerinin iyi düzeyde olduğu ve öğrencilerin gözlem

yapma becerilerini yordama konusunda etkililiğinin iyi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, modelin iyi doğruluk oranı ve çok iyi düzeydeki F1 skoru, öğrencilerin gözlem yapma becerilerinin tahmin edilmesinde başarılı olduğunu göstermektedir. Hassasiyet ve duyarlılık değerleri, modelin yanlış sınıflandırma oranının düşük olduğunu ve gerçek pozitiflerin doğru bir şekilde sınıflandırıldığını göstermektedir. Bu da modelin, üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma becerisini yordamada yüksek bir başarı elde ettiğini göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

Modelin üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 42 ile gösterilmiştir.

Tablo 42

Üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Ölçme	0.667	0.724	0.734	0.793	0.724
Yorum	Yeterli	İyi	Yeterli		

Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisi tahminleri için performans ölçütleri incelendiğinde, modelin ölçme becerisi tahminleri için yeterli düzeyde bir performans gösterdiği söylenebilir. Modelin AUC değeri 0.5'ten büyük olduğu için, model sınıflandırmada yeterli düzeyde bir performans sergilemiştir. Ancak AUC değeri 1'e yakın olmadığından, modelin mükemmel bir sınıflandırma performansı sergilemediği görülmektedir. Doğruluk değeri 0.724 olduğundan, modelin doğru sınıflandırma oranı kabul edilebilir seviyededir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Modelin doğru sınıflandırma oranı ile yanlış sınıflandırma oranları arasındaki dengeyi gösteren F1 puanı yeterli düzeydedir. Kesinlik ve Duyarlılık değerleri sırasıyla 0.728 ve 0.750 olduğundan, modelin pozitif sınıf için doğru tahmin oranı ve gerçek pozitiflerin tüm pozitifler içindeki oranı da yüksek düzeydedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Bu nedenle, Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisini yordamadaki başarısının kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir (Webb, 2007).

Modelin sınıflama becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 43 ile gösterilmiştir.

Tablo 43

Sınıflama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Sınıflama	0.679	0.694	0.759	0.729	0.694
Yorum	Yeterli	Yeterli	Yeterli		

Tablo 43, Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin sınıflama becerisinin yordamasına yönelik performans sonuçlarını göstermektedir. Modelin AUC değeri 0.679 olarak ölçülmüştür, bu da modelin yeterli düzeyde bir ayrım gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Doğruluk oranı ve F1 skorunun sırasıyla 0.694 ve 0.759 olduğu görülmektedir, bu nedenle modelin sınıflandırma başarısı yeterli düzeyde olarak değerlendirilebilir. Hassasiyet (Kesinlik) değeri 0.729 ve Duyarlılık değeri 0.694 olarak ölçülmüştür. Tüm bu sonuçlar bir araya getirildiğinde, modelin üstün yetenekli öğrencilerin sınıflama becerisini yordamak için orta düzeyde ve yeterince etkili (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) bir araç olduğu söylenebilir.

AdaBoost modelinin sayı uzay ilişkileri kurma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 44 ile gösterilmiştir.

Tablo 44

Üstün yetenekli öğrencilerin sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Sayı uzay ilişkileri kurma	0.683	0.697	0.760	0.884	0.697
Yorum	Yeterli	Yeterli	Yeterli		

Tablo 44 incelendiğinde, modelin sınıflandırma performansı AUC değeri 0.683, doğruluğu 0.697, F1 değeri ise 0.760 olarak hesaplanmıştır ve bu durum modelin üç metrik bakımından da yeterli düzeyde performans gösterdiği şeklinde yorumlanabilir. Modelin Kesinlik ve Duyarlılık değerleri ise sırasıyla 0.884 ve 0.697'dir. Bu durumda elde edilen değerler modelin sayı uzay ilişkileri kurma becerisini yordamada geçerli bir performans sergilediği şeklinde yorumlanabilir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

AdaBoost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 45 ile gösterilmiştir.

Tablo 45

Üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Çıkarım yapma	0.826	0.840	0.883	0.868	0.840
Yorum	Çok iyi	İyi	İyi		

Tablo 45 incelendiğinde, modelin üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisini yordamada AUC değeri 0.826 olan yüksek performans gösteren bir model olduğu görülmektedir. Doğruluk oranı ve F1 skoru sırasıyla 0.840 ve 0.883'tür, bu da modelin sınıflandırma başarısının yüksek olduğunu göstermektedir. Kesinlik değeri 0.868 ve Duyarlılık değeri 0.840 olarak ölçülmüştür, bu değerler modelin yanlış sınıflandırma oranının düşük olduğunu ve gerçek pozitiflerin doğru bir şekilde sınıflandırıldığını göstermektedir. Tüm bu sonuçlar bir araya getirildiğinde, modelin çıkarım yapma becerisini yordamak için etkili bir araç olduğu söylenebilir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

Üstün yetenekli öğrencilerin önceden kestirme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 46 ile gösterilmiştir.

Tablo 46

Üstün yetenekli öğrencilerin önceden kestirme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	AUC	Doğruluk	F1	Kesinlik	Duyarlılık
Önceden kestirme	0.878	0.758	0.808	0.934	0.758
Yorum	Çok iyi	İyi	İyi		

Tablo 46 ile gösterilen sonuçlara göre, AdaBoost modeli için AUC değeri 0.878, Doğruluk değeri 0.758, F1 değeri 0.808, Kesinlik değeri 0.934 ve Duyarlılık değeri 0.758 olarak hesaplanmıştır. Modelin yüksek AUC değeri, modelin doğru sınıflandırma oranının yüksek olduğunu göstermektedir. Yüksek Kesinlik değeri, modelin yanlış pozitif sınıflandırmaların sayısını azalttığını, yüksek Duyarlılık değeri ise modelin yanlış negatif sınıflandırmaların sayısını azalttığını göstermektedir. Doğruluk ve F1 değerleri de modelin sınıflama başarısının iyi derecede olduğunu göstermektedir. Tablo 46'teki sonuçlara göre, AdaBoost modeli yüksek bir performans göstermektedir ve üstün yetenekli öğrencilerin önceden kestirme bilimsel süreç becerilerinin yordamasında kullanılabilir.

Modelin üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 47'de gösterilmiştir.

Tablo 47

Üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Değişken belirleme	0.695	0.727	0.757	0.795	0.727
Yorum	Yeterli	İyi	Yeterli		

Tablo 47, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinden biri olan değişken belirleme becerisinin yordama performansını göstermektedir. Model olarak AdaBoost kullanılmış ve AUC değeri 0.695 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, modelin üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisini yordama performansının yeterli derecede olduğunu göstermektedir. Doğruluk değeri 0.727 ve F1 değeri 0.757 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, modelin üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisini yordama performansının iyi ve yeterli derecede olduğunu teyit etmektedir. Hassasiyet (Kesinlik) değeri 0.795 ve Duyarlılık değeri 0.727 olarak hesaplanmıştır. Kesinlik değeri, modelin doğru tahmin ettiği pozitif sonuçların yüksek oranı olduğunu göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Ancak duyarlılık değeri, modelin gerçek pozitif sonuçları kaçırma eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, Tablo 47, modelin üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisini yordama performansının yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

Modelin üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 48 ile gösterilmiştir.

Tablo 48

Üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Hipotez kurma	0.832	0.878	0.837	0.878	0.878
Yorum	Çok iyi	İyi	Çok iyi		

Tablo 48'te yer alan sonuçlara göre, AdaBoost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerilerini yordama performansı düşük görünmektedir. Modelin AUC değeri

0.832, Doğruluk değeri 0.878 ve F1 değeri 0.837 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, modelin sınıflandırma doğruluğunun çok iyi olduğunu ve üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma becerilerini çok iyi düzeyde tahmin edebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, modelin Kesinlik değeri 0.878 ve Duyarlılık değeri 0.878 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, modelin yüksek bir doğrulukla yanıt verdiğini göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Sonuç olarak, Tablo 48'teki sonuçlar, modelin üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerilerini yeterince başarılı bir şekilde yordadığını göstermektedir.

Modelin üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 49 ile gösterilmiştir.

Tablo 49

Üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Veri yorumlama	0.600	0.664	0.609	0.779	0.364
Yorum	Yeterli	Yeterli	Yeterli		

Tablo 49, üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerilerinin yordama performansını değerlendirmektedir. Modelin AUC değeri 0.600, Doğruluk değeri 0.664, F1 değeri 0.609, Kesinlik değeri 0.779 ve Duyarlılık değeri 0.364 olarak verilmiştir. Bu sonuçlara göre, modelin üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerilerini yordama performansı yeterli seviyede kalmaktadır. Kesinlik değeri, Duyarlılık değerinden daha yüksek olduğu için, modelin öğrencilerin doğru tahmin ettiği sınıflar arasında daha yüksek bir oranda gerçek sınıfı tahmin ettiği söylenebilir. Ancak, Duyarlılık değerinin düşük olması, modelin öğrencilerin veri yorumlama becerilerinin bir kısmını doğru bir şekilde tahmin etmede zayıf olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara dayanarak, bu modelin üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerilerini yordama performansının yeterli olduğu söylenebilir.

AdaBoost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 50'de gösterilmiştir.

Tablo 50

Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Verileri kullanma ve model oluşturma	0.771	0.866	0.835	0.818	0.866
Yorum	İyi	İyi	İyi		

Tablo 50'de, üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanması sonucunda elde edilen performans metrikleri yer almaktadır. Modelin AUC değeri 0.771 olarak ölçülmüştür. Modelin sınıflandırma doğruluğu 0.866, Kesinlik değeri 0.818, Duyarlılık değeri ise 0.866 olarak bulunmuştur. F1 skoru ise 0.835 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, modelin üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisini oldukça iyi bir şekilde yordadığı söylenebilir. Ayrıca, modelin diğer performans metrikleri de oldukça yüksek değerlere sahip olduğundan, modelin etkili bir şekilde çalıştığı söylenebilir.

Deney yapma becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 51'de gösterilmiştir.

Tablo 51

Deney yapma becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Deney yapma	0.868	0.697	0.725	0.829	0.797
Yorum	Çok iyi	Yeterli	Yeterli		

Tablo 51'de verilen sonuçlara göre, AdaBoost modelinin deney yapma becerisini yordama performansı oldukça yüksek görünmektedir. AUC değeri 0.868 olarak ölçülmüştür, bu da modelin tahminlerinin oldukça doğru olduğunu ve çok iyi bir sınıflandırma performansı sergilediğini göstermektedir. Doğruluk ve F1 skorları da sırasıyla 0.697 ve 0.725 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, modelin hem doğruluk oranının hem de Kesinlik ve geri çağırma ölçütlerinin yeterli olduğunu gösterir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Kesinlik ve Duyarlılık değerleri de yüksek olarak ölçülmüştür (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

Bu sonuçlar, AdaBoost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin deney yapma becerisini yordama konusunda etkili bir araç olabileceğini göstermektedir.

AdaBoost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 52 ile gösterilmiştir.

Tablo 52

Üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	0.718	0.767	0.723	0.701	0.767
Yorum	İyi	İyi	Yeterli		

Tablo 52 sonuçlarına göre, AdaBoost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordama performansı iyi görünmektedir. AUC değeri 0.718, Doğruluk değeri 0.767, F1 ölçütü 0.723, Kesinlik ölçütü 0.701 ve Duyarlılık ölçütü 0.767 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, modelin öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerilerini yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Genel olarak, modelin bu beceriyi yordama performansı tatmin edici bir seviyededir ve bu sonuçlar, öğretmenlerin üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerilerini ölçmek için kullanabilecekleri bir araç olarak AdaBoost modelinin uygun bir model olabileceğini göstermektedir.

AdaBoost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin karar verme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 53 ile gösterilmiştir.

Tablo 53

Üstün yetenekli öğrencilerin karar verme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Karar verme	0.651	0.798	0.759	0.764	0.798
Yorum	Yeterli	İyi	Yeterli		

Tablo 53 ile verilen sonuçlara göre, AdaBoost modeli üstün yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerini yordamada yeterli seviyede bir performans sergilemiştir. AUC değeri 0.651

olarak ölçülmüş ve bu da modelin doğruluğunun yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir. Doğruluk değeri ise 0.798 olarak ölçülmüş ve modelin doğru sınıflandırma oranının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. F1 değeri 0.759 olarak ölçülmüştür, bu değer ise modelin doğruluğunu, Kesinlik değeri ve özgüllüğü bir arada değerlendiren bir metrik olup, performansın yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Kesinlik değeri 0.764 ve Duyarlılık değeri 0.798 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, modelin öğrencilerin karar verme becerilerini yordamada yeterli bir performans sergilediğini göstermektedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007).

Modelin üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisini yordama başarısını gösteren değerler, Tablo 54 ile gösterilmiştir.

Tablo 54

Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ait sonuçlar

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Verileri kaydetme	0.730	0.767	0.738	0.717	0.767
Yorum	İyi	İyi	Yeterli		

Tablo 54, Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisini yordama performansını göstermektedir. Modelin AUC değeri 0.730, Doğruluk değeri 0.767, F1 değeri 0.738, Kesinlik değeri 0.717 ve Duyarlılık değeri 0.767 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, modelin üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisini yordama konusunda iyi düzeyde bir başarı elde ettiğini göstermektedir.

Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin tüm bilimsel süreç becerileri için ortalama performansını gösteren değerler Tablo 55 ile gösterilmiştir.

Tablo 55

Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileri için ortalama performans göstergeleri.

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Kesinlik**	**Duyarlılık**
Ortalama	0.861	0.799	0.780	0.782	0.799
Yorum	Çok iyi	İyi	Yeterli		

Tablo 55 incelendiğinde, Adaboost makine öğrenmesi modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini de başarılı bir şekilde tahmin ettiği söylenebilir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). AUC değeri 0.861, doğruluk oranı değeri 0.799, F1 değeri 0.780, Kesinlik değeri 0.782 ve Duyarlılık değeri 0.799 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, Adaboost modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmede kullanılabileceği ve bu tahminlerin yüksek doğruluk oranları ile yapılabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Araştırmadan elde edilen bulgular Tablo 56 ve Tablo 57 ile özetlenmiştir. Tablo 56, öğrencilerin her bir bilimsel süreç becerisinin yordama başarısına ait yorumlanan metriklerini ve yorumlama sonucunda modelin başarı durumunu göstermektedir.

Tablo 56

Adaboost modelinin normal öğrencilerin bilimsel süreç becerileri için yordama başarısı

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Yorum**
Çıkarım yapma	0,947	0,873	0,862	Çok iyi
Gözlem	0,816	0,928	0,913	Çok iyi
Sınıflama	0,928	0,913	0,816	Çok iyi
Hipotez kurma	0,885	0,890	0,847	Çok iyi
Deney yapma	0,968	0,818	0,764	İyi
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	0,939	0,795	0,753	İyi
Ölçme	0,938	0,750	0,714	İyi
Verileri kullanma ve model oluşturma	0,824	0,801	0,763	İyi
Değişken belirleme	0,787	0,751	0,746	İyi
Önceden kestirme	0,773	0,788	0,718	İyi
Veri yorumlama	0,769	0,751	0,746	İyi
Verileri kaydetme	0,732	0,778	0,737	İyi
Karar verme	0,738	0,702	0,759	İyi
Sayı uzay ilişkileri kurma	0,815	0,608	0,607	Yeterli

Tablo 56 incelendiğinde, öğrencilerin Adaboost ile geliştirilen sınıflama modeli yardımıyla yordanan bilimsel süreç becerilerinden çıkarım yapma, gözlem yapma, sınıflama ve hipotez kurma becerilerinin yordanma başarısının “çok iyi” düzeyde olduğu; sayı uzay ilişkileri kurma becerisini yordanma başarısının “yeterli” düzeyde olduğu, diğer bilimsel süreç becerilerinin yordanma başarısının ise “iyi” düzeyde olduğu görülmektedir.

Tablo 57, üstün yetenekli öğrencilerin her bir bilimsel süreç becerisinin yordama başarısına ait yorumlanan metriklerini ve yorumlama sonucunda modelin başarı durumunu göstermektedir.

Tablo 57

Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileri için yordama başarısı

Beceri	**AUC**	**Doğruluk**	**F1**	**Yorum**
Çıkarım yapma	0,826	0,840	0,883	Çok iyi
Hipotez kurma	0,832	0,878	0,837	Çok iyi
Önceden kestirme	0,878	0,758	0,808	Çok iyi
Gözlem	0,750	0,879	0,907	Çok iyi
Verileri kullanma ve model oluşturma	0,771	0,866	0,835	İyi
Deney yapma	0,868	0,697	0,725	İyi
Verileri kaydetme	0,730	0,767	0,738	İyi
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	0,718	0,767	0,723	İyi
Karar verme	0,651	0,798	0,759	Yeterli
Değişken belirleme	0,695	0,727	0,757	Yeterli
Veri yorumlama	0.600	0.664	0.609	Yeterli
Sayı uzay ilişkileri kurma	0,683	0,697	0,760	Yeterli
Sınıflama	0.679	0.694	0.759	Yeterli
Ölçme	0,667	0,724	0,734	Yeterli

Tablo 57 incelendiğinde, üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma, hipotez kurma, önceden kestirme ve gözlem yapma becerilerinin Adaboost sınıflama modeli tarafından “çok iyi” düzeyde yordandığı; verileri kullanma ve model oluşturma, deney yapma, verileri kaydetme ve değişkenleri değiştirme ve kontrol etme bilimsel süreç becerilerinin “iyi” düzeyde yordandığı; karar verme, değişkenleri belirleme, veri yorumlama, sayı uzay ilişkileri kurma, sınıflama ve ölçme becerilerinin ise “yeterli” düzeyde yordandığı sonucuna ulaşılmıştır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın amacına yönelik olarak belirlenen araştırma problemine bulunan yanıtlar irdelenmiş, ilgili alanyazın ile tartışılmış ve çalışmanın önerdiği sonuçlar ortaya çıkarılmıştır. Bununla birlikte konuya ilişkin ileriki araştırmalara yönelik önerilere de yine bu bölümde yer verilmiştir.

5.1. Tartışma ve Sonuç

Araştırmanın temelini oluşturan problem cümlesi "Geliştirilen sınıflama modelinin beceri temelli sorularla 8. sınıf öğrencilerinin ve fen alanında üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada etkililiği nasıldır?" şeklinde belirlenmiştir. Bu bölümde, araştırmanın temel problemine yönelik oluşturulan üç alt problem cümlesine yönelik tartışma ve sonuçlar ayrı ayrı irdelenmiştir.

5.1.1. Birinci alt probleme ilişkin tartışma ve sonuç: Bu başlıkta araştırmanın birinci alt problemi olan "Örnekleme dahil edilen 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ne düzeydedir?" sorusuna ilişkin bulgular tartışılmış ve ulaşılan sonuçlar irdelenmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgular incelendiğinde, öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerinin orta düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 20). Bu durum, alanyazında benzer yaş gurubundaki öğrencilerle yürütülen çalışmalarla (Aydınlı vd., 2011; Çam ve Ercan Yalman, 2020; Ceran ve Ates, 2020; Chokchai ve Pimdee, 2019; Dökme ve Aydınlı, 2009; Temiz, 2020; Tilakaratne ve Ekanayake, 2017) paralellik göstermiştir. Her ne kadar bahsedilen çalışmalarda yöntem, örneklem büyüklüğü, araştırmanın yürütüldüğü yıl, hatta bilimsel süreç becerilerini ölçmede kullanılan materyalin yapısı gibi pek çok değişken açısından büyük bir çeşitlilik olsa da öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinde orta düzeyden anlamlı bir farklılaşmanın olmadığı yorumunu yapmak yerinde olacaktır. Bunun nedenini tartışmak gerekirse, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 2023 yılı itibariyle yürürlükte olan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) dikkate alındığında, araştırmanın temel değişkeni olan bilimsel süreç becerilerinin alana özgü beceriler başlığı altında öğretim programına alındığı, fen bilimleri öğretimi bakımından öneminin vurgulandığı görülmektedir. Buna karşın, öğretim programlarının kazanımlarının yapısı ya da Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan merkezi sınav soruları incelendiğinde, bu önemli becerilerin ya örtük kaldığı ya da yeterince açık bir şekilde ortaya koyulmadığı (Arıkan ve Kırındı, 2020; G. B. Kılıç vd., 2010) anlaşılmaktadır. Bu da sonuç olarak sınıf içerisinde bilimsel süreç becerilerine ayrılan odağın azalmasına ve bu becerilerin gelişimine özen göstermenin zorlaşmasına neden

olmuş olabilir. Nitekim yine ilgili alanyazın incelendiğinde, beceri gibi işe vuruk bir özelliğin ölçülmesinin (Ceran ve Ates, 2020) ve zaman içerisinde geliştirilmesinin uzun zaman alacağı (Aktamış ve Ergin, 2007) ve meşakkatli bir yolculuk olduğu da açıktır. Bu nedenle sonuç olarak, araştırmaya katılan ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinin orta düzeyde olduğu, bu bakımdan geliştirilmesine daha fazla önem atfedilmesi gerektiği söylenebilir.

Öğrencilerin bilimsel süreç beceri puanları ayrı ayrı incelendiğinde (Tablo 21), öğrencilerin gözlem yapma, çıkarım yapma, hipotez kurma ve sınıflama bilimsel süreç beceri puanlarının en yüksek ortalamaya sahip olduğu, en düşük puanların ise verileri kaydetme, sayı uzay ilişkileri kurma, ölçme ve karar verme becerilerinde olduğu görülmektedir. Bu durum, Paine (2020)'in araştırmasında ortaya koyduğu öğrencilerin deneysel becerileri daha üst düzeyde kullanmaları bulgusu ile ve Sibic ve Sesen (2022) tarafından da desteklenen temel süreçlerin daha sık başvurulan ve öğrencilerin daha yüksek performans olduğu beceriler olduğu bilgisiyle (Brotherton ve Preece, 1996; Gabel, 1993; Harlen, 1999; Rezba vd., 1995) örtüşmektedir. Bununla birlikte bu durumun öğrencilerin önceki öğrenmeleriyle, öğretimde kullanılan yöntem, teknik ya da yaklaşımlarla, öğrenme ortamından ya da öğretmenden kaynaklanabilecek farklılarla ilişkili olabileceği de göz ardı edilmemelidir. Bilişsel, duyuşsal ya da devinişsel özellikler bu tarama ve yordama çalışmasında değişken olarak gözlenmediğinden, bu durumun çalışmanın sonuçlarını etkileyebileceği sınırlılığı ileriki araştırmalarda irdelenmesi gereken bir potansiyel barındırmaktadır. Sonuç olarak öğrencilerin her bir bilimsel süreç becerisi birbirinden farklı ortalamalara sahip olduğundan, fen bilimleri öğretiminin önemli kazanımlarından olmaları nedeniyle daha dikkatli takip edilmesi ve ayrı ayrı incelenmesi gereken birer standart olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın bulgularından da anlaşılacağı üzere, 8. sınıf düzeyine gelmiş öğrencilerin temel bilimsel süreç becerileri gibi daha erken yaşlarda kazanmış olmaları gereken becerilerde tam bir performans gösterememiş olmaları dikkate değer bir sonuç olarak göze çarpmaktadır.

Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri puan ortalamaları incelendiğinde (Tablo 22), bu öğrencilerin çevrimiçi bilimsel süreç beceri testinden yüksek puanlar aldıkları anlaşılmaktadır (Tablo 22). Bu durum, alanyazında yer edinmiş olan üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yüksek olduğu şeklinde yorumlanabileceği gibi (Ceran ve Ates, 2020; Ülger, 2021; VanTassel-Baska vd., 1998), üstün yetenekli öğrencilerin ölçme değerlendirme faaliyetlerinde de öğretim sürecinde olduğu gibi zenginleştirilmiş ve farklılaştırılmış araçlar kullanılması gerektiğine (McCoach ve Siegle, 2016; VanTassel-Baska vd., 2020) de işaret edebilir. Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri puan ortalamaları ayrı ayrı incelendiğinde (Tablo 23), üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç

becerilerinden verileri kaydetme, çıkarım yapma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, verileri yorumlama ve karar verme becerilerinde daha başarılı oldukları, en düşük ortalamaların ise %85 ile değişkenleri belirleme ve sayı uzay ilişkileri kurma becerilerinde alındığı görülmektedir. Bu durumda üstün yetenekli öğrencilerin çevrimiçi bilimsel süreç becerileri testinden normalin üzerinde bir başarı gösterdikleri, bu nedenle normal öğrenciler için hazırlanan testin üstün yetenekli öğrenciler açısından yeterince ayırt edici olmadığının (Abell, 2013; DeVellis, 2016) görüldüğü söylenebilir. Aslında bu durum, üstün yetenekli öğrencilerin alanyazında yerini almış bulunan zenginleştirme ve farklılaştırma ihtiyaçlarının (Akkaş, 2015; Camcı Erdoğan, 2014; Inman, 2022; Kaya vd., 2022; Ülger ve Irving, 2019; Van Tassel-Baska, 2015) bilimsel süreç becerileri konusunda da geçerli olduğunun bir kanıtı olarak görülebilir. Bunun yanı sıra çalışmadan elde edilen bulgular, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin de yüksek olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu bulgular da alanyazındaki benzer çalışmalarla (Kılıç Bulut, 2021; Shin ve Lee, 2012; Ülger ve Çepni, 2021) paralellik göstermektedir. Bu bakımdan, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi ve olası eksikliklerinin tespit edilmesinin önemli olduğu söylenebilir. Bu hususta, Bursa ilinde örnekleme dahil edilen öğrencilerin evreni temsil etme gücü göz önünde bulundurulduğunda (%22,7), alanyazında sıklıkla belirtilen üstün yetenekli öğrencilerin fen eğitiminde zenginleştirme, farklılaştırma, onların özelliklerine uygun öğrenme ortamları hazırlama, operasyonel etkinlikler gerçekleştirme (Akkaş, 2015; Çalıkoğlu, 2014; Camcı Erdoğan, 2014; Camcı Erdoğan ve Kahveci, 2015; Graham, 2023; Kaya vd., 2022; Watters ve Diezmann, 2003) gibi yöntemlerin, örnekleme dahil edilen üstün yetenekli öğrencilerin eğitiminde de kullanılmasının elde edilen sonuç üzerinde etkili olduğu varsayılabilir.

Öğrencilerin ve üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerileri kıyaslandığında ise (Tablo 24), üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin tamamında diğer öğrencilere göre daha yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Özellikle verileri kaydetme, sayı uzay ilişkileri kurma, ölçme ve karar verme gibi öğrencilerin diğer bilimsel süreç becerilerine göre daha düşük puanlar aldıkları bilimsel süreç becerilerinde, üstün yetenekli öğrencilerin çok daha yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Çıkarım yapma, gözlem yapma, hipotez kurma gibi, öğrencilerin yüksek puanlar aldıkları becerilerde de yine üstün yetenekli öğrencilerin daha yüksek bir ortalama yakaladıkları görülmektedir. Alanyazında bu konuda yapılan çalışmalar da benzer şekilde üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesinin önemli olduğunu (Ceran ve Ates, 2020; Ülger, 2021), bu öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin bilim sanat merkezleri aracılığıyla desteklendiğini (Kaya, 2018; Özdemir ve Gürlen, 2019; Tanık

Onal ve Buyuk, 2021), bu merkezlerde bilimsel etkinliklere ağırlık verildiğini (Camcı Erdoğan, 2014; Nacaroğlu ve Güney, 2021; Özdemir ve Gürlen, 2019; Sak vd., 2015) göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin diğer öğrencilerden daha yüksek seviyede bulunmuş olması beklendik bir sonuç olarak görülebilir. Bu açılardan bakıldığında çalışmada ortaya çıkan durum, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin diğer öğrencilere kıyasla daha yüksek olduğu sonucunu desteklemektedir. Bu durumdan yola çıkılarak üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin günlük yaşamda kullanılabilecek şekilde desteklenmesi için olası eksikliklerin ve hasarlı noktalarının belirlenmesinin büyük bir önem arz ettiği sonucuna ulaşılmaktadır.

5.1.2. İkinci alt probleme ilişkin tartışma ve sonuç: Bu başlıkta araştırmanın ikinci alt problemi olan "Makine öğrenmesi ile geliştirilen sınıflama modeli, 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada ne kadar etkilidir?" sorusuna ilişkin bulgular tartışılmış ve ulaşılan sonuçlar irdelenmiştir. Bu bağlamda öncelikle irdelenmesi gereken sonuç, araştırma kapsamında sınıflandırma amacıyla kullanılan makine öğrenmesi modellerinin performans sonuçlarının değerlendirilmesi olacaktır. Tablo 19 ile gösterilen veriler incelendiğinde, oluşturulan sınıflandırma modelleri arasında hem AUC (.974), hem Kesinlik (.889), değerlerinde en yüksek; F1 (.801), sınıflandırma doğruluğu (.777) ve geri çağırma (.777) değerlerinde ise ikinci en yüksek metriklere sahip olan AdaBoost modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yordanması için kullanılmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Yapay zekâ kapsamında makine öğrenmesi yoluyla sınıflandırma yaklaşımları incelendiğinde Adaboost modeli, her ne kadar öğrencilerin akademik performansı, hekimlerin el becerileri, akademik yönlendirme ve yönetim gibi farklı değişkenler üzerinde çalışılmış olsa da alanyazında eğitim ve beceri yordaması alanlarında kullanılması önerilen bir model olarak göze çarpmaktadır (Abdullah vd., 2023; Ajibade vd., 2020; Dials vd., 2023; Elden vd., 2013; Firdaus vd., 2019; Jauhari ve Supianto, 2019; R. Liu ve Li, 2022; Prasanna Kumari ve Usha Rani, 2017; Punlumjeak vd., 2017; Z. Wu vd., 2020). Bu bakımdan örnekleme dahil edilen 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini yordamada Adaboost makine öğrenmesi modelinin kullanılması yönünde elde edilen sonuç, ilgili alanyazın bulgularıyla paralellik göstermektedir. Nitekim yapay zekâ modellerinin değerlendirilmesine yönelik araştırmalar da incelendiğinde (Deepak, 2013; Looi vd., 2005; Luckin vd., 2007; Russell ve Norwig, 2014), öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yordanması için uygun olduğu bulgularına erişilen AdaBoost modelinin metriklerinin istenen düzeyin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu durum, Adaboost modelinin sınıflandırma modelleri arasındaki üstün performansı ile birlikte bilimsel süreç

becerilerinin “eksik” ve “tam” şeklinde sınıflandırılarak analiz edilmesi nedeniyle üstün bir performans göstermesi ile desteklenmektedir. Bu bakımdan AdaBoost makine öğrenmesi modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini sınıflandırmada kullanılması ilgili alanyazınla (Deepak, 2013; Looi vd., 2005; Luckin vd., 2007; Russell ve Norwig, 2014) uyumludur. Ancak, bu modelin potansiyel avantajlarının yanı sıra bazı sınırlılıklarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Öncelikle, çalışmanın sadece 8. sınıf öğrencileri ile sınırlı olması, bulguların farklı yaş ve eğitim seviyesindeki öğrencilere genellenmesini zorlaştırmaktadır. Bir diğer sınırlılık, modelin uzun vadedeki tutarlılığı ve geçerliği ile ilgilidir. Elde edilen sonuçlar Adaboost modelinin bilimsel süreç becerilerini ölçmede güçlü olduğuna işaret etse de bu etkinliğin zaman içinde nasıl değişebileceği bilinmemektedir. Boylamsal çalışmalar, modelin uzun vadedeki performansını değerlendirmede yararlı olacaktır. Sonuç olarak, mevcut araştırmanın bulguları Adaboost modelinin bilimsel süreç becerilerini değerlendirmede etkili bir seçenek olabileceğine işaret etmektedir.

Yapay zekâ ile makine öğrenmesi modeline karar verildikten sonraki aşamada, örnekleme dahil edilen öğrencilerin her bir bilimsel süreç becerisini yordamada bu modelin ne düzeyde etkili olduğunu ayrı ayrı tartışmak yerinde olacaktır.

İlgili alanyazın ve öğretim programı gereğince tercih edilen bilimsel süreç becerileri sınıflandırması, temel süreçler, nedensel süreçler ve deneysel süreçler başlıkları altında toplanan 14 bilimsel süreç becerisinden oluşmaktadır. Bu nedenle makine öğrenme modelinin etkililiğinin değerlendirilmesi amacıyla bu becerilerin her biri ayrı ayrı tartışılmıştır.

5.1.2.1. Gözlem yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin gözlem yapmaya ilişkin bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde (Tablo 26), Adaboost modelinin öğrencilerin gözlem yapma becerisini yordamada başarılı olduğu (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007), bu amaçla kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Alanyazındaki benzer çalışmalar göz önüne alındığında, Pallathadka ve diğerleri (2022) öğrenci performansını tahmin etmek için kullandıkları makine öğrenmesi yöntemlerinde destek vektör makinesi modelinde en fazla %88, rastsal ormanda %67, regresyon analizinde ise %62 başarı sağlayabilmişlerdir. Abu Zohair (2019) de %76 düzeyinde bir başarı elde etmiştir. Benzer şekilde alanyazındaki önemli öğrenci performans yordaması makalelerini tarayan Baashar ve diğerleri (2022) sonuçların %70 ile %98 arasında olduğunu belirtmiş, bu seviyenin örneklem büyüklüğü, öğrenci seviyesi ve çalışmanın değişkeni gibi faktörlere bağlı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmalar özelinde, kullanılan yapay zekâ modellerinin performansları çeşitli metriklerle değerlendirilmiş olsa da “başarısız” olarak görülen bir model sınıflamasına

gidilmemiş, üretilen modellerin her bir yeni veri seti üzerinde farklı bir performans göstereceği gerçeğinden yola çıkılarak kurulan ilişkinin modelin başarısı açısından yalnızca genel bir fikir sağlamasının yararlı olacağı kanısı yaygın görüş olarak ortaya çıkmıştır (Baashar vd., 2022; Cui vd., 2019; Felix vd., 2018; Martins vd., 2022; Mthimunye ve Daniels, 2019; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020). Bu nedenle alanyazında bir beceriyi ya da performansı yordama konusunda başarısız olan çalışmalara rastlamayı beklemek yerine, başarısız olan modellerin yerine daha başarılı modellerin üretilmesinin ve geliştirilmesinin önemsendiği noktasında bir tartışmaya gitmenin daha yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle her bir becerinin bulgularının tartışması ve değerlendirilmesi, bu durum gözetilerek yapılmıştır. Buradan hareketle 8. sınıf öğrencilerinin gözlem yapma bilimsel süreç becerisi gibi temel bir becerinin başarılı bir şekilde yordanması, öğrencilerin çoğunun bu seviyede bu beceriye çoktan sahip olması gerektiğinin varsayılabilecek olması (Chiappetta vd., 2015; Ergül vd., 2011; Rezba vd., 1995) bakımından da alanyazınla paralellik gösterse de farklı veri setleri üzerinde yeniden yorumlanması gerektiği, özellikle farklı ölçme araçlarıyla, farklı sınıf seviyeleri ya da beceri türleri üzerinde farklı etkililik değerlerinin ortaya çıkacağı unutulmamalıdır. Bu açılardan bakıldığında araştırmadan elde edilen gözlem yapma becerisine ilişkin bulgunun ilgili alanyazın ile paralel olduğu, Adaboost modelinin öğrencilerin gözlem yapma becerisinin yordanmasında kullanılmasının yüksek doğrulukta sonuçlarla öğretim sürecine katkıda bulunabileceği görülmektedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, öğrencilerin gözlem yapma bilimsel süreç becerisini yordamada yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası eksikliklerini saptamada yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.2. Ölçme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin ölçme bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.938, doğruluk oranının 0.75, F1 skorunun 0.714, Kesinlik değerinin 0.728 ve Duyarlılık değerinin 0.75 olarak hesaplandığı ve yordama başarısının iyi düzeyde olduğu görülmektedir (Tablo 27). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında kimi çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlardan (Abu Zohair, 2019; Baashar vd., 2022; Du vd., 2020; Guo vd., 2020; M. Kumar vd., 2017; Pallathadka vd., 2022) daha yüksek olsa da yine öğrenci performansını ya da becerisini yordamayı amaçlayan bazı çalışmalardaki sonuçlardan (Ariely vd., 2022; Baashar vd., 2022; Yibulayimu vd., 2022; Zhai, Yin, vd., 2020) da daha düşük düzeydedir. Bu durumda modelin ölçme becerisinin yordanmasında kullanımı iyi düzeyde olsa da geliştirilmeye müsait bir durumdadır. Modelin ölçme becerisini sınıflandırmada çok yüksek bir başarı elde edememesinin temel nedeninin ölçme becerisinin yapısından kaynaklı olduğu düşünülebilir.

Ölçme becerisi, öğrencilerin ölçme işlemini bizzat gerçekleştirme şartına bağlı olduğundan (Ayas vd., 1993; Çepni, 2014; Göranzon ve Florin, 1992; Wellington, 1989) alanyazında tanımlanan temel bilimsel süreç becerileri arasında en işe vuruk olanıdır. Bu çalışmanın teknoloji odaklılık, ekonomiklik, zamandan kazandırma, tekrar kullanılabilir olma gibi özellikleri bizzat kinestetik performansa dayalı olan bu becerinin yordanmasında kısmen bir doğal sınırlılık getirmektedir. Bunun yanı sıra, Ar ve diğerleri (2023) Türkiye'de 2021 ve 2022 yıllarında yapılan merkezi sınavları incelemiş ve ölçme becerisinin hiçbir çoktan seçmeli soruda görülmediğini belirlemiştir. Bu durum da ölçme temel süreç becerisinin düzeyinin çoktan seçmeli sorularla anlaşılması konusunda bir sınırlılık olduğu sonucunu destekler niteliktedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin ölçme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak orta düzeyde görünen başarısının (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007), diğer etmenler de göz önünde bulundurulduğunda, öğretim sürecinde kullanılmasının öğrencilerin ölçme becerisine ilişkin yapılacak çıkarımlar açısından yararlı olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, öğrencilerin ölçme bilimsel süreç becerisini öngörmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki muhtemel yetersizlikleri belirlemede etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.3. Sınıflama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin sınıflama bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.928, doğruluk oranının 0.913, F1 skorunun 0.816, Kesinlik değerinin 0.887 ve Duyarlılık değerinin 0.889 olarak hesaplandığı ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 28). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), elde edilen değerlerin oldukça yüksek bir başarıya işaret ettiği sonucuna ulaşılmaktadır. Sınıflandırma becerisi temel süreç becerilerinden biri olarak öğrencilerin çoktan seçmeli sorularda sıklıkla başvurdukları (Arıkan ve Kırındı, 2020) ve sınavlarda sıklıkla karşılaştıkları bir beceridir. Bu durum da sınıflama becerisinde elde edilen yüksek yordama başarısını destekler niteliktedir (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007). Buna karşın, alanyazında sınıflama becerisini ölçme ya da yordama konusunda bir ihtiyacın olduğu açıktır ve bu konuda veri sağlayacak olan her kaynağın kullanılabilirliğine paralel bir yararının olacağı iddia edilebilir. Bu nedenle, öğrencilerin sınıflama temel süreç becerisinin yordanmasında Adaboost modelinin kullanılmasının etkili olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

5.1.2.4. Sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin sayı uzay ilişkileri kurma bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.815, doğruluk oranının 0.608, F1 skorunun 0.607, Kesinlik değerinin 0.606 ve Duyarlılık değerinin 0.608 olarak hesaplandığı ve yeterli düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 29). Bu değerler alanyazındaki öğrenci performansını yordayan benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), daha düşük bir düzeyde kalmaktadır. Elde edilen AUC ve F1 değerleri yüksek bir yordama başarısına işaret etmese de yeterli bir yordama başarısına ulaşıldığını göstermektedir. Adaboost modeliyle geliştirilmiş makine öğrenmesinin öğrencilerin sayı uzay ilişkileri kurma becerisini yordamada diğer değişkenlerde elde edilen başarıya kıyasla daha düşük bir başarı göstermesi, sayı uzay ilişkileri kurma becerilerini yordama konusunda kullanılan beceri temelli soruların, öğrencileri bu beceriye sahip olma durumu bakımından yeterince ayırt edememesi ile açıklanabilir. Nitekim, alanyazında beceri temelli soruların içerdiği bilimsel süreç becerilerini inceleyen Ar ve diğerleri (2023) de beceri temelli soruların sayı uzay ilişkileri kurma becerisini yeterince içermediği ve dolayısıyla kullanmayı gerektirmediği sonucuna ulaşmıştır. Bu açıdan bakıldığında Adaboost modelinin bu beceriyi yordamada diğer becerilere göre daha düşük bir başarı göstermesi alanyazın ile paralellik göstermektedir. Bu nedenle, öğrencilerin sayı uzay ilişkileri kurma süreç becerisinin yordanmasında Adaboost modelinin kullanılmasının yararlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Alanyazında bu beceriyi ölçmeye yönelik bir eksiklik bulunduğu gerçeği, kullanışlılığı ile ön plana çıkan sınıflama modelinin öğretmen ve öğrencilere bir dönüt sağlayarak muhtemel eksikliklere işaret etmesinin bu becerinin geliştirilmesi ve geçmişten gelen muhtemel eksiklikleri ortaya çıkarması açılarından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, öğrencilerin sayı uzayı ilişkileri kurma bilimsel süreç becerisini öngörmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki muhtemel yetersizlikleri belirlemede etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.5. Çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin çıkarım yapma bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.947, doğruluk oranının 0.873, F1 skorunun 0.862, Kesinlik değerinin 0.854 ve Duyarlılık değerinin 0.873 olarak hesaplandığı ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo

30). Bu değerler alanyazındaki öğrenci performansını yordayan benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), oldukça yüksek bir yordama başarısına işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, alanyazında özellikle LGS sınavında sorulan ve öğrencilerin okul hayatlarında karşılaştıkları beceri temelli soruların çıkarım yapma becerisini sıklıkla içerdiği (Ar vd., 2023) görülmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin çıkarım yapma becerilerinin yordanmasında Adaboost modeli ile geliştirilmiş makine öğrenmesi modelinin başarılı bir performans gösterdiği sonucu (Thorndike ve Hagen, 2014; Webb, 2007), ilgili alanyazını destekler niteliktedir. Bu nedenle, öğrencilerin çıkarım yapma bilimsel süreç becerisinin yordanmasında Adaboost modelinin kullanılmasının başarılı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Çıkarım yapma becerisi, öğrencilerin özellikle bilimsel etkinliklerde kullanması gereken önemli becerilerden biri olması ve beceri temelli sorularda da sıklıkla bulunması nedeniyle önemli bir beceridir. Alanyazında çıkarım yapma becerisini beceri temelli sorularda olduğu gibi dolaylı olarak kullandırmak yerine doğrudan ölçmeye yönelik araçların yetersizliği, bu becerinin yordanmasını da önemli hale getirmekte ve bu alanda kolaylıkla kullanılabilecek araçlara ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, öğrencilerin çıkarım yapma bilimsel süreç becerisini tahmin etmede kullanılmasının, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri belirlemede yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.6. Önceden kestirme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin önceden kestirme bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.773, doğruluk oranının 0.788, F1 skorunun 0.718, Kesinlik değerinin 0.834 ve Duyarlılık değerinin 0.788 olarak hesaplandığı ve iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 31). Bu değerler alanyazındaki öğrenci performansını yordayan benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), yüksek bir yordama başarısına işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, alanyazında beceri temelli soruların önceden kestirme becerisini sıklıkla içerdiği (Ar vd., 2023; Arıkan ve Kırındı, 2020; Çataldere, 2022) görülmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin önceden kestirme becerilerinin yordanmasında Adaboost modeli ile geliştirilmiş makine öğrenmesi modelinin yüksek bir başarı göstermesi

sonucu, ilgili alanyazın ile paralellik göstermektedir. Alanyazında önceden kestirme becerisini doğrudan ölçmeye yönelik direkt araçların yetersizliği, bu becerinin yordanmasını da önemli hale getirmekte ve bu alanda kolaylıkla kullanılabilecek araçlara ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, öğrencilerin önceden kestirme bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.7. Değişken belirleme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin değişken belirleme bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.928, doğruluk oranının 0.913, F1 skorunun 0.816, Kesinlik değerinin 0.887 ve Duyarlılık değerinin 0.889 olarak hesaplandığı ve iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 32). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), elde edilen değerlerin yüksek bir başarıya işaret ettiği sonucuna ulaşılmaktadır. Nitekim değişken belirleme becerisi nedensel süreçler arasında öğrencilerin çoktan seçmeli sorularda sıklıkla başvurdukları bir beceri (Ar vd., 2023; Arıkan ve Kırındı, 2020) olarak ön plana çıkmaktadır. Bu durum da değişken belirleme becerisinde elde edilen yüksek yordama başarısını destekler niteliktedir. Bu nedenle, öğrencilerin değişken belirleme becerisinin yordanmasında Adaboost modelinin kullanılmasının uygun olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Alanyazında değişken belirleme becerisinin doğrudan ölçümüne yönelik araçların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu durum değişken belirleme becerisinin tahmin edilmesini önemli kılmakta ve kolaylıkla kullanılabilecek araçlara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, öğrencilerin değişkenleri belirleme bilimsel süreç becerisini öngörmede yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki muhtemel zayıflıkları tespit etmede faydalı olacağı öngörülmektedir.

5.1.2.8. Hipotez kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin hipotez kurmaya yönelik bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.885, doğruluk oranının 0.89, F1 skorunun 0.847, Kesinlik değerinin 0.808 ve Duyarlılık değerinin 0.89 olarak hesaplandığı ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 33). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında kimi çalışmalarda elde edilen

başarılı sonuçlardan (Abu Zohair, 2019; Baashar vd., 2022; Du vd., 2020; Guo vd., 2020; M. Kumar vd., 2017; Pallathadka vd., 2022) daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun temel nedeninin hipotez kurma becerisinin beceri temelli çoktan seçmeli sorularda sıklıkla bulunan bir beceri olarak ön plana çıkmasından (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) kaynaklı olduğu düşünülebilir. Bu durum da hipotez kurma becerisinin çoktan seçmeli sorularla yordanması konusunda bir avantajı olduğu sonucuna işaret etmektedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin hipotez kurma bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu sonuna ulaşılmaktadır. Sonuç olarak, Adaboost modelinin öğrencilerin hipotez kurma becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Alanyazında hipotez kurma becerisinin doğrudan ölçümüne yönelik araçların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu durum hipotez kurma becerisinin tahmin edilmesini önemli kılmakta ve kolaylıkla kullanılabilecek araçlara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, öğrencilerin hipotez kurma bilimsel süreç becerisini öngörmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki muhtemel yetersizlikleri belirlemede faydalı olacağı öngörülmektedir.

5.1.2.9. Veri yorumlama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin veri yorumlama becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC oranı 0.769, Doğruluk oranı 0.751, F1 skoru 0.746, Kesinlik değeri 0.854 ve duyarlılık oranı 0.773 olarak ölçülmüş ve iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği (Tablo 34) görülmüştür. Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği, sonuç olarak iyi bir performans ortay koyduğu görülmektedir. Buna karşın, veri yorumlama becerisi nedensel beceriler arasında beceri temelli sorularda en sık kullanılan bilimsel süreç becerilerinden biridir (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022). Bu nedenle veri yorumlama becerisini çoktan seçmeli sorular içerisinde diğer bilimsel süreç becerilerinden arındırarak tek başına değerlendirmenin zorluğu doğal bir sınırlılık olarak görülebilir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin veri yorumlama bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Diğer bilimsel süreç becerilerini yordamada daha yüksek bir başarı oranı gösteren Adaboost

modelinin, veri yorumlama becerisi için görece daha düşük bir performans göstermesi bu durumdan kaynaklı olabilir. Yine de Adaboost modelinin veri yorumlama becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle, öğrencilerin veri yorumlama becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Mevcut testler veri yorumlama becerisini doğrudan değerlendirmekte yetersiz kalmaktadır. Bu da veri yorumlama beceri düzeyinin dolaylı olarak belirlenmesi gerekliliğini doğurmakta ve kullanımı kolay araçların geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, öğrencilerin veri yorumlama bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.10. Verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC oranı 0.824, Doğruluk oranı 0.801, F1 skoru 0.763, Kesinlik değeri 0.758 ve duyarlılık oranı 0.801 olarak ölçülmüş ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 35). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği görülmektedir. Sonuç olarak iyi düzeyde yordanan bu becerinin diğer bilimsel süreç becerilerine göre daha az başarı ile yordanmış olması, verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin çoktan seçmeli beceri temelli sorularla ölçülmesi çok zor bir beceri olmasından (Brookhart, 2010; Chiappetta vd., 2015; Smith, 2016) ve merkezi sistemde kullanılan beceri temelli sorular söz konusu beceriyi yeterince içermediğinden (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin verileri kullanma ve model oluşturma bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak iyi düzeyde (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak AdaBoost modelinin verileri kullanma ve model oluşturma becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle, öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Alanyazında verileri kullanma ve model oluşturma becerisini değerlendirmede kullanılabilecek araçların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu, veri kullanma ve modelleme beceri düzeyinin dolaylı yollarla belirlenmesini gerekli kılmakta ve alanda kullanımı kolay araçlara duyulan ihtiyacı

artırmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma bilimsel süreç becerisini öngörmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki muhtemel yetersizlikleri belirlemede etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.11. Deney yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin deney yapma becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC değeri 0.968, Doğruluk değeri 0.818, F1 skoru 0.764, Kesinlik değeri 0.716 ve duyarlılık değeri 0.818 olarak hesaplanmıştır ve iyi düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 36). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen bazı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği görülmektedir. Bu durum, deney yapma becerisinin de yine ölçme becerisinde olduğu gibi işe vuruk bir üst düzey beceri olmasından (Rezba vd., 1995), çoktan seçmeli beceri temelli sorularla ölçülmesi çok zor bir beceri olmasından (Brookhart, 2010; Chiappetta vd., 2015; Smith, 2016) ve merkezi sistemde kullanılan beceri temelli sorular söz konusu beceriyi yeterince içermediğinden (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) kaynaklanmış olabilir. Buna karşın modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından yüksek düzeydedir (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007). Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin deney yapma bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak AdaBoost modelinin deney yapma becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle, öğrencilerin deney yapma becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, öğrencilerin deney yapma bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.12. Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC değeri 0.939, Doğruluk değeri 0.795, F1 skoru 0.753, Kesinlik değeri 0.75 ve duyarlılık değeri 0.795 olarak hesaplanmış ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmüştür (Tablo 37). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd.,

2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, görülmektedir. Bu durum, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin çoktan seçmeli beceri temelli sorularda sıklıkla bulunan bir beceri olması (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) yönüyle açıklanabilir. Bununla birlikte modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından yüksek düzeydedir (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007). Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak AdaBoost modelinin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle, öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Alanyazında öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerilerini doğrudan ölçmede kullanılan araçların yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Bu da beceri düzeyinin dolaylı yollarla da olsa belirlenmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme bilimsel süreç becerisini kestirmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası yetersizlikleri belirlemede etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.13. Karar verme becerisinin yaranmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin karar verme becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC değeri 0.939, Doğruluk değeri 0.795, F1 skoru 0.753, Kesinlik değeri 0.75 ve duyarlılık değeri 0.795 olarak hesaplanmış ve iyi düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 38). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, görülmektedir. Bu durum, karar verme becerisinin alanyazındaki, özellikle merkezi sınavlarda sorulan çoktan seçmeli beceri temelli sorularda sıklıkla bulunan bir beceri olması (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) yönüyle açıklanabilir. Bununla birlikte modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından yüksek düzeydedir (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007). Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin karar verme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak Adaboost modelinin karar verme becerisini yordamada geçerli ve iyi bir performans göstermiş olması nedeniyle, öğrencilerin karar verme becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Alanyazında öğrencilerin

karar verme bilimsel süreç becerilerini doğrudan ölçmede kullanılan araçların yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Bu da karar verme beceri düzeylerinin yordanması konusundaki gerekliliği doğurmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, öğrencilerin karar verme bilimsel süreç becerisini tahmin etmede yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri tespit etmede yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.14. Verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin verileri kaydetme bilimsel süreç becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, modelin AUC değerinin 0.732 olması, Doğruluk değerinin 0.778, F1 skorunun 0.737, Kesinlik oranının 0.728 ve duyarlılık oranının 0.778 olması modelin verileri kaydetme becerisini iyi bir şekilde yordayabildiğini göstermektedir (Tablo 39). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen bazı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği görülmektedir. Modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından iyi düzeydedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin verileri kaydetme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak Adaboost modelinin verileri kaydetme becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle, öğrencilerin verileri kaydetme becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Verileri kaydetme becerisini doğrudan ölçmeye yönelik araçların alanyazında yeterince bulunmaması, veri kaydetme performansının yordanmasını da önemli hale getirmekte ve bu alanda kolaylıkla kullanılabilecek araçlara ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, öğrencilerin verileri kaydetme bilimsel süreç becerisini tahmin etmede yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri tespit etmede yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.2.15. Adaboost modelinin bilimsel süreç becerilerini yordamada ortalama performans göstergelerine ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen ortalama sonuçlar incelendiğinde, modelin AUC değerinin 0.861 olması, Doğruluk değerinin 0.799, F1 skorunun 0.78, Kesinlik oranının 0.782 ve duyarlılık oranının 0.799 olması, modelin 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini etkili bir şekilde

yordayabildiğini göstermektedir (Tablo 40). Bu ortalama değerler göz önüne alındığında, alanyazında öğrenci performansını yordamayı amaçlayan diğer çalışmalara göre (Al Braiki vd., 2020; Margaret Bearman vd., 2020; Cope vd., 2020; Ghatasheh, 2015; Lam vd., 2022; S. Şahin, 2021; Xiao ve Yi, 2020; Zawacki-Richter vd., 2019) yüksek bir performans gösterdiği, yine de geliştirilmeye müsait olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada her bir bilimsel süreç becerisinin ayrı ayrı yordanması ve öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinde var olabilecek muhtemel eksikliklerin tek tek ortaya çıkarılabilmesi amaçlanmış olsa da öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada iyi derecede bir performans göstergesi olarak göz önünde bulundurulmalıdır (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007). Bu çalışmada elde edilen başarılı sonuçların nedenlerinin örneklemin mümkün olduğunca büyük seçilmesi, öğrenci seviyesi ve ölçülen özelliklerin birbiriyle ilişkili olması, Baashar ve diğerlerinin (2022) yürüttüğü çalışmanın sonuçlarıyla paraleldir. Bunun yanı sıra kullanılan verinin kalitesi de (Gardner vd., 2021; Tuychiev, 2021; Zeineddine vd., 2021; Zewe, 2022) modelin doğru şekilde eğitilmesi ve geçerli tahminler üretebilmesi için hayati öneme sahiptir. Bu çalışma kapsamında veri toplama araçlarının geliştirilmesine verilen önemin, Webb'in uyumsama sürecine yönelik izlenen adımların, uzman görüşlerinden alınan desteğin ve araştırmacının beceri temelli sorular konusundaki mesleki tecrübesinin de toplanan verinin kalitesine olumlu etkide bulunduğu, bunun sonucunda da daha yüksek performanslı bir modelin üretilebildiği düşünülmektedir. Beceri kavramının işe vuruk yapısından kaynaklanan ölçme değerlendirme zorluklarının giderilmesi amacıyla ekonomik bir çözüm sunan bu modelin, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerindeki eksikliklerin ortaya çıkarılarak tamamlanması konusunda katkı sağlayacağı umulmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerini yordamada kullanılmasının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek iyi bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.3. Üçüncü alt probleme ilişkin tartışma ve sonuç: Bu başlıkta araştırmanın üçüncü alt problemi olan "Makine öğrenmesi ile geliştirilen sınıflama modeli, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada ne kadar etkilidir?" sorusuna ilişkin bulgular tartışılmış ve ulaşılan sonuçlar irdelenmiştir. Bu alt problemin yapısına paralel olarak, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeyleri ve Adaboost modelinin bu öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada göstermiş olduğu performans, her bir beceri için tek tek incelenecek ve yine en sonunda bir genel sonuca varılmaya çalışılmıştır.

5.1.3.1. Üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin gözlem yapma becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen sonuçlar (AUC=0,75; doğruluk=0,879; F1=0,907; kesinlik=0,937; duyarlılık=0,879) incelendiğinde modelin, üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma becerisini çok iyi bir şekilde yordayabildiğini göstermektedir (Tablo 41). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen sonuçlara (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) oldukça yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, görülmektedir. Bu durum, gözlem yapma becerisinin, her ne kadar çoktan seçmeli beceri temelli sorularla ölçülmesi çok zor bir beceri olsa da (Brookhart, 2010; Chiappetta vd., 2015; Smith, 2016) ve merkezi sistemde kullanılan beceri temelli sorular gözlem yapma becerisini yeterince içermiyorsa da (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) makine öğrenmesi yoluyla yordanmasının mümkün olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin gözlem yapma becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak Adaboost modelinin gözlem yapma becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle, öğrencilerin gözlem yapma becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, üstün yetenekli öğrencilerin gözlem yapma bilimsel süreç becerisini kestirmede yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri saptamada yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.2. Üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin ölçme bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.667, doğruluk oranının 0.724, F1 skorunun 0.734, Kesinlik değerinin 0.793 ve Duyarlılık değerinin 0.724 olarak hesaplandığı ve yeterli düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 42). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında kimi çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlardan (Abu Zohair, 2019; Baashar vd., 2022; Du vd., 2020; Guo vd., 2020; M. Kumar vd., 2017; Pallathadka vd., 2022) daha yüksek olsa da yine öğrenci performansını ya da becerisini yordamayı amaçlayan bazı çalışmalardaki sonuçlardan (Ariely vd., 2022; Baashar vd., 2022; Yibulayimu vd., 2022; Zhai, Yin, vd., 2020) da daha düşük düzeydedir. Bu durumun temel nedeninin ölçme becerisinin yapısından kaynaklı olduğu düşünülebilir. Ölçme becerisi, doğası gereği işe vuruk bir beceridir

ve ölçme işlemini bizzat yapabilmeyi gerektirir. Doğrudan ve dolaylı ölçme gibi türleri birbirinden farklı süreçlerle yürütülmesi gerekmektedir ve pek çok farklı araç kullanılabilen, bu nedenle de çeşitli becerileri bir arada bulundurmayı gerektirir (Ayas vd., 1993; Çepni, 2014; Göranzon ve Florin, 1992; Wellington, 1989). Bu bakımdan alanyazında tanımlanan temel bilimsel süreç becerileri arasında en işe vuruk olanıdır. Bu çalışmanın teknoloji odaklılık, ekonomiklik, zamandan kazandırma, tekrar kullanılabilir olma gibi özellikleri bizzat kinestetik performansa dayalı olan bu becerinin yordanmasında kısmen bir doğal sınırlılık getirmektedir. Bunun yanı sıra, Ar ve diğerleri (2023) Türkiye'de yapılan merkezi sınavları incelemiş ve ölçme becerisinin hiçbir çoktan seçmeli soruda görülmediğini belirlemiştir. Bu durumda ölçme temel süreç becerisinin çoktan seçmeli beceri temelli sorularla yordanması konusunda bir sınırlılık olduğu sonucunu destekler niteliktedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin ölçme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yeterli düzeyde görünen başarısının, diğer etmenler de göz önünde bulundurulduğunda, öğretim sürecinde kullanılmasının üstün yetenekli öğrencilerin ölçme becerisine ilişkin yapılacak çıkarımlar açısından yararlı olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin ölçme bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, üstün yetenekli öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı söylenebilir.

5.1.3.3. Üstün yetenekli öğrencilerin sınıflama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin sınıflama bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.679, doğruluk oranının 0.694, F1 skorunun 0.759, Kesinlik değerinin 0.729 ve Duyarlılık değerinin 0.694 olarak hesaplandığı ve yeterli düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 43). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), orta düzeyde bir sınıflandırma başarısına işaret ettiği sonucuna ulaşılmaktadır. Sınıflandırma becerisi temel süreç becerilerinden biri olarak, öğrencilerin çoktan seçmeli sorularda sıklıkla yararlanmaları gereken bir beceri (Ar vd., 2023; Arıkan ve Kırındı, 2020) olarak ön plana çıkmaktadır. Bu durum çalışmanın diğer sonuçlarıyla da kıyaslandığında, modelin yüksek bir sınıflandırma başarısına ulaşması beklentisi doğurmaktadır. Yine de modelin üstün yetenekli öğrencilerin

sınıflama becerilerini yordamada diğer becerilerde ölçülen başarıya kıyasla sınırlı kalması, bu becerinin sorularda sıklıkla bulunması ve örneklemdeki üstün yetenekli öğrenci sayısı oranının yeterli olmadığına işaret edebilir. Bununla birlikte, alanyazında üstün yetenekli öğrencilerle gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, üstün yetenekli öğrencilerin toplam öğrenciler içinde en küçük evrenlerden birini temsil etmesi doğal sınırlılığı nedeniyle örneklem büyüklüğünün 6 ila 20 arasında değiştiği (Başkurt Sayhan, 2019; Çalıkoğlu, 2014; Kılıç Bulut, 2021; Özdemir ve Gürlen, 2019; Özdeniz, 2021; Shin ve Lee, 2012; Ülger, 2021; Ülger ve Çepni, 2021), az sayıda çalışmada ise daha büyük örneklemlere ulaşıldığı (Adams ve Callahan, 1995; Robinson vd., 2014; VanTassel-Baska vd., 1998) görülmektedir. Bu nedenle, üstün yetenekli öğrencilerin sınıflama temel süreç becerisinin yordanmasında Adaboost modelinin kullanılmasının yararlı olacağı sonucu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, üstün yetenekli öğrencilerin sınıflama bilimsel süreç becerisini tahmin etmede yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri tespit etmede yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.4. Üstün yetenekli öğrencilerin sayı uzay ilişkileri kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin sayı uzay ilişkileri kurma bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.683, doğruluk oranının 0.697, F1 skorunun 0.76, Kesinlik değerinin 0.884 ve Duyarlılık değerinin 0.697 olarak hesaplandığı ve yeterli düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 44). Bu değerler alanyazındaki öğrenci performansını yordayan benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), daha düşük bir düzeyde kalmaktadır. Adaboost modeliyle geliştirilmiş makine öğrenmesinin öğrencilerin sayı uzay ilişkileri kurma becerisini yordamada yeterli düzeyde (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) bir başarı gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durumun nedeninin sayı uzay ilişkileri kurma becerilerini yordama konusunda kullanılan beceri temelli soruların, öğrencileri bu beceriye sahip olma durumu bakımından yeterince ayırt edememesi olduğu düşünülebilir. Nitekim, alanyazında beceri temelli soruların içerdiği bilimsel süreç becerilerini inceleyen Ar ve diğerleri (2023) de soruların sayı uzay ilişkileri kurma becerisini gerektirmediği sonucuna ulaşmıştır. Bu açıdan bakıldığında Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerde bu özgün beceriyi yordamada düşük bir başarı göstermesi alanyazın ile paralellik göstermektedir. Sonuç olarak, Adaboost

modeli üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisini yordamada yeterince başarılı bir şekilde kullanılabilecek bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, üstün yetenekli öğrencilerin sayı uzayı ilişkileri kurma bilimsel süreç becerisini tahmin etmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki muhtemel yetersizlikleri belirlemede etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.5. Üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin çıkarım yapma bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.826, doğruluk oranının 0.840, F1 skorunun 0.883, Kesinlik değerinin 0.868 ve Duyarlılık değerinin 0.84 olarak hesaplandığı ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 45). Bu değerler alanyazındaki öğrenci performansını yordayan benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), oldukça yüksek bir yordama başarısına işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, alanyazında beceri temelli soruların çıkarım yapma becerisini sıklıkla içerdiği (Ar vd., 2023) görülmektedir. Bu nedenle, üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerilerinin yordanmasında Adaboost modeli ile geliştirilmiş makine öğrenmesi modelinin başarılı bir performans gösterdiği sonucu (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007), ilgili alanyazını destekler niteliktedir. Sonuç olarak, Adaboost modeli üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisini yordamada başarılı bir şekilde kullanılabilecek bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma bilimsel süreç becerisini tahmin etmede kullanılmasının, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri belirlemede yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.6. Üstün yetenekli öğrencilerin önceden kestirme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin önceden kestirme bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.878, doğruluk oranının 0.758, F1 skorunun 0.808, Kesinlik değerinin 0.934 ve Duyarlılık değerinin 0.758 olarak hesaplandığı ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 46). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında kimi çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlardan (Abu Zohair, 2019; Baashar vd., 2022; Du vd., 2020; Guo vd., 2020; M. Kumar vd., 2017; Pallathadka vd., 2022) daha yüksek olsa da yine öğrenci performansını ya da becerisini yordamayı amaçlayan

bazı çalışmalardaki sonuçlardan (Ariely vd., 2022; Baashar vd., 2022; Yibulayimu vd., 2022; Zhai, Yin, vd., 2020) da daha düşük düzeydedir. Bunun yanı sıra, alanyazında beceri temelli soruların önceden kestirme becerisini sıklıkla içerdiği (Ar vd., 2023; Arıkan ve Kırındı, 2020; Çataldere, 2022) görülmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin önceden kestirme becerilerinin yordanmasında Adaboost modeli ile geliştirilmiş makine öğrenmesi modelinin yüksek bir başarı göstermesi sonucu (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007), ilgili alanyazın ile paralellik göstermektedir. Sonuç olarak, Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin çıkarım yapma becerisini yordamada başarılı bir şekilde kullanılabilecek bir araç olduğu söylenebilir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, üstün yetenekli öğrencilerin önceden kestirme bilimsel süreç becerisini tahmin etmede yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri tespit etmede yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.7. Üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Adaboost modelinin, beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin değişken belirleme bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.695, doğruluk oranının 0.727, F1 skorunun 0.757, Kesinlik değerinin 0.795 ve Duyarlılık değerinin 0.727 olarak hesaplandığı ve yeterli düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 47). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020), orta düzeyde bir sınıflandırma başarısına işaret ettiği sonucuna ulaşılmaktadır. Nitekim değişken belirleme becerisi nedensel süreçler arasında öğrencilerin çoktan seçmeli sorularda sıklıkla başvurdukları bir beceri (Ar vd., 2023; Arıkan ve Kırındı, 2020) olarak ön plana çıkmaktadır. Bu durumda sınıflama becerisinde elde edilen yordama başarısının daha yüksek olması beklentisi doğal bir beklentidir. Buna karşın, modelin performansı bu beceriyi yordamada beklenen performansı karşılayamadığı düşünülebilir. Bunun nedeni, üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisinde genellikle üstün bir performans göstermeleri (Ülger ve Çepni, 2021) ve bunun sonucunda modelin öğrencileri etkin bir şekilde sınıflandıramaması olabilir. Bu nedenle, üstün yetenekli öğrencilerin değişken belirleme becerisinin yordanmasında Adaboost modelinin kullanılmasının her ne kadar uygun olsa da (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) modelin bu konuda geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

5.1.3.8. Üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin hipotez kurmaya yönelik bilimsel süreç becerilerini yordayabilmedeki başarısı incelendiğinde, AUC değerinin 0.832, doğruluk oranının 0.878, F1 skorunun 0.837, Kesinlik değerinin 0.878 ve Duyarlılık değerinin 0.878 olarak hesaplandığı ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı gösterdiği görülmektedir (Tablo 48). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında (Abu Zohair, 2019; Alshanqiti ve Namoun, 2020; Asif vd., 2014; Cui vd., 2019; Dascalu vd., 2016; David Kolo vd., 2015; Elbadrawy vd., 2016; Felix vd., 2018; B. Kumar ve Pal, 2011; M. Kumar vd., 2017; Mthimunye ve Daniels, 2019; Namoun ve Alshanqiti, 2020; Pandey ve Taruna, 2016; Rastrollo-Guerrero vd., 2020) modelin yordamada daha yüksek bir performans olduğu görülmektedir. Bu durumun temel nedeninin hipotez kurma becerisinin beceri temelli çoktan seçmeli sorularda sıklıkla bulunan bir beceri olarak ön plana çıkmasından (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) kaynaklı olduğu düşünülebilir. Bu da hipotez kurma becerisinin çoktan seçmeli sorularla yordanması konusunda bir avantajı olduğu sonucuna işaret etmektedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu sonuna ulaşılmaktadır. Sonuç olarak, Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin hipotez kurma bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, üstün yetenekli öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı söylenebilir.

5.1.3.9. Üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin veri yorumlama becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC oranı 0.6, Doğruluk oranı 0.664, F1 skoru 0.609, Kesinlik değeri 0.779 ve duyarlılık oranı 0.364 olarak ölçülmüş ve yeterli düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 49). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği

görülmektedir. Buna karşın, veri yorumlama becerisi nedensel beceriler arasında beceri temelli sorularda en sık kullanılan bilimsel süreç becerilerinden biridir (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022). Bu nedenle veri yorumlama becerisini çoktan seçmeli sorular içerisinde diğer bilimsel süreç becerilerinden arındırarak tek başına değerlendirmenin zorluğu doğal bir sınırlılık olarak görülebilir. Nitekim Ülger ve Çepni (2021) de çalışmalarında üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerilerinin üst düzey olduğunu bulmuştur. Bu durum, öğrencilerin veri yorumlama becerilerini ayırt etme konusunda bir sınırlılık getirmiş olabilir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin veri yorumlama bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak orta düzeyde görünen başarısının (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Yine de AdaBoost modelinin veri yorumlama becerisini yordamada geçerli bir performans göstermiş olması nedeniyle, üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama becerisini yordamada yeterli seviyede kullanılabileceği sonucu çıkarılabilir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, üstün yetenekli öğrencilerin veri yorumlama bilimsel süreç becerisini öngörmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki muhtemel yetersizlikleri belirlemede etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.10. Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC oranı 0.771, Doğruluk oranı 0.866, F1 skoru 0.835, Kesinlik değeri 0.818 ve duyarlılık oranı 0.866 olarak ölçülmüş ve iyi düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 50). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği görülmektedir. Bu durum, verileri kullanma ve model oluşturma becerisinin çoktan seçmeli beceri temelli sorularla ölçülmesi zor bir beceri olmasından (Brookhart, 2010; Chiappetta vd., 2015; Smith, 2016) ve merkezi sistemde kullanılan beceri temelli sorular söz konusu beceriyi yeterince içermediğinden (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin verileri kullanma ve model oluşturma bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak iyi düzeyde (Al Braiki vd., 2020; Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak AdaBoost modelinin verileri

kullanma ve model oluşturma becerisini yordamada iyi bir performans göstermiş olması nedeniyle, üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin verileri kullanma ve model oluşturma bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, üstün yetenekli öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilme potansiyelinden yararlanmanın sınıf içi ölçme değerlendirme faaliyetlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5.1.3.11. Üstün yetenekli öğrencilerin deney yapma becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin deney yapma becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC değeri 0.868, Doğruluk değeri 0.697, F1 skoru 0.725, Kesinlik değeri 0.829 ve duyarlılık değeri 0.797 olarak hesaplanmıştır ve çok iyi düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 51). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen bazı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği görülmektedir. Bu durum, deney yapma becerisinin de yine ölçme becerisinde olduğu gibi işe vuruk bir üst düzey beceri olmasından (Rezba vd., 1995), çoktan seçmeli beceri temelli sorularla ölçülmesi çok zor bir beceri olmasından (Brookhart, 2010; Chiappetta vd., 2015; Smith, 2016) ve merkezi sistemde kullanılan beceri temelli sorular söz konusu beceriyi yeterince içermediğinden (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) kaynaklanmış olabilir. Buna karşın modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından yüksek düzeydedir. Bunun nedeni üstün yetenekli öğrenciler bakımından deney yapma becerisinin ayırt edici bir beceri olması (A. S. Kılıç, 2015; Ülger, 2021; Ülger ve Çepni, 2021) olabilir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin deney yapma bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak AdaBoost modelinin deney yapma becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans (Al Braiki vd., 2020; Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007) göstermiş olması nedeniyle, üstün yetenekli öğrencilerin deney yapma becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin deney yapma bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, üstün yetenekli öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı söylenebilir.

5.1.3.12. Üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC değeri 0.718, Doğruluk değeri 0.767, F1 skoru 0.723, Kesinlik değeri 0.701 ve duyarlılık değeri 0.767 olarak hesaplanmış ve iyi düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 52). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, görülmektedir. Bu durum, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisinin çoktan seçmeli beceri temelli sorularda sıklıkla bulunan bir beceri olması (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) yönüyle açıklanabilir. Ayrıca Ülger ve Çepni (2021), üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerilerinin orta düzeyde olduğunu bulmuştur. Bu da bahsedilen becerinin ayırt edici bir beceri olacağına işaret edebilir. Bununla birlikte modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından iyi düzeydedir (Thorndike ve Thorndike-Christ, 2014; Webb, 2007). Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak AdaBoost modelinin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordamada iyi düzeyde bir performans (Al Braiki vd., 2020) göstermiş olması nedeniyle, üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelini, üstün yetenekli öğrencilerin değişkenleri değiştirme ve kontrol etme bilimsel süreç becerisini kestirmede kullanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası yetersizlikleri belirlemede etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.13. Üstün yetenekli öğrencilerin karar verme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç: Beceri temelli sorular yardımıyla üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin karar verme becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen AUC değeri 0.651, Doğruluk değeri 0.798, F1 skoru 0.759, Kesinlik değeri 0.764 ve duyarlılık değeri 0.798 olarak hesaplanmış ve yeterli düzeyde bir yordama başarısı göstermiştir (Tablo 53). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, görülmektedir. Bu durum, karar verme becerisinin çoktan seçmeli beceri temelli

sorularda sıklıkla bulunan bir beceri olması (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) yönüyle açıklanabilir. Bununla birlikte modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından yeterli düzeydedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin karar verme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak AdaBoost modelinin karar verme becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle (Al Braiki vd., 2020), üstün yetenekli öğrencilerin karar verme becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinden, üstün yetenekli öğrencilerin karar verme bilimsel süreç becerisini tahmin etmede yararlanmanın, öğrencilerin bu becerideki olası eksiklikleri tespit etmede yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.1.3.14. Üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisinin yordanmasına ilişkin tartışma ve sonuç. Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin verileri kaydetme bilimsel süreç becerisinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, modelin AUC değerinin 0.730 olması, Doğruluk değerinin 0.767, F1 skorunun 0.738, Kesinlik oranının 0.717 ve duyarlılık oranının 0.767 olması modelin verileri kaydetme becerisini iyi düzeyde kestirim yapabildiğini göstermektedir (Tablo 54). Bu değerler alanyazındaki benzer çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmalarda elde edilen bazı sonuçlardan (Ajibade vd., 2020; Altabrawee vd., 2019; Kotsiantis vd., 2004; B. Kumar ve Pal, 2011; Livieris vd., 2016; Sandra vd., 2021; Tarik vd., 2021) daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, bazı çalışmalardan (Alshanqiti ve Namoun, 2020; Amjad vd., 2022; Saravana Kumar, 2019) ise daha düşük bir performans sergilediği görülmektedir. Bu durum, verileri kaydetme becerisinin de yine ölçme becerisinde olduğu gibi işe vuruk bir beceri olmasından (Rezba vd., 1995), çoktan seçmeli beceri temelli sorularla ölçülmesi çok zor bir beceri olmasından (Brookhart, 2010; Chiappetta vd., 2015; Smith, 2016) ve merkezi sistemde kullanılan beceri temelli sorular söz konusu beceriyi yeterince içermediğinden (Ar vd., 2023; Çataldere, 2022) kaynaklanmış olabilir. Buna karşın modelin performans metrikleri makine öğrenmesinin değerlendirilmesi bakımından iyi düzeydedir. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin verileri kaydetme bilimsel süreç becerisini yordama konusunda istatistiksel olarak yüksek düzeyde görünen başarısının alanyazındaki çalışmalarla (Al Braiki vd., 2020) paralel olduğu yorumu yapılabilir. Sonuç olarak Adaboost modelinin verileri kaydetme becerisini yordamada geçerli ve yüksek bir performans göstermiş olması nedeniyle, üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme becerisini yordamada etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin verileri kaydetme

bilimsel süreç becerisini yordamada kullanılmasının, üstün yetenekli öğrencilerin bu bilimsel süreç becerisindeki muhtemel eksikliklere işaret edebilecek bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı söylenebilir.

5.1.3.15. Adaboost modelinin üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada ortalama performans göstergelerine ilişkin tartışma ve sonuç. Beceri temelli sorular yardımıyla 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinin Adaboost modeli kullanılarak yordanması sonucunda elde edilen ortalama sonuçlar incelendiğinde, modelin AUC değerinin 0.861 olması, Doğruluk değerinin 0.799, F1 skorunun 0.78, Kesinlik oranının 0.782 ve duyarlılık oranının 0.799 olması, modelin üstün yetenekli 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini başarılı bir şekilde yordayabildiğini göstermektedir (Tablo 55). Bu ortalama değerler göz önüne alındığında, alanyazında öğrenci performansını yordamayı amaçlayan diğer çalışmalara göre (Al Braiki vd., 2020; Margaret Bearman vd., 2020; Cope vd., 2020; Ghatasheh, 2015; Lam vd., 2022; S. Şahin, 2021; Xiao ve Yi, 2020; Zawacki-Richter vd., 2019) yüksek bir performans gösterdiği, yine de geliştirilmeye müsait olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada her bir bilimsel süreç becerisinin ayrı ayrı yordanması ve öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinde var olabilecek muhtemel eksikliklerin tek tek ortaya çıkarılabilmesi amaçlanmış olsa da öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamada ortalama değer de bir performans göstergesi olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada elde edilen başarılı sonuçların nedenlerinin örneklemin mümkün olduğunca büyük seçilmesi, öğrenci seviyesi ve ölçülen özelliklerin birbiriyle ilişkili olması Baashar ve diğerlerinin (2022) ve Al Braiki ve diğerlerinin (2020) yürüttüğü çalışmanın sonuçlarıyla paraleldir. Bunun yanı sıra kullanılan verinin kalitesi de (Gardner vd., 2021; Tuychiev, 2021; Zeineddine vd., 2021; Zewe, 2022) modelin doğru şekilde eğitilmesi ve geçerli tahminler üretebilmesi için hayati öneme sahiptir. Bu çalışma kapsamında veri toplama araçlarının geliştirilmesine verilen önemin, Webb'in (2007) uyumsama sürecine yönelik izlenen adımların, uzman görüşlerinden alınan desteğin ve araştırmacının beceri temelli sorular konusundaki mesleki tecrübesinin de toplanan verinin kalitesine olumlu etkide bulunduğu, bunun sonucunda da daha yüksek performanslı bir modelin üretilebildiği düşünülmektedir. Beceri kavramının işe vuruk yapısından kaynaklanan ölçme değerlendirme zorluklarının giderilmesi amacıyla çevrimiçi ortamda ekonomik bir çözüm sunan bu modelin, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerindeki eksikliklerin ortaya çıkarılarak tamamlanması konusunda katkı sağlayacağı umulmaktadır. Bu nedenle geliştirilen Adaboost modelinin, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç beceri düzeylerini yordamada kullanılmasının, üstün yetenekli öğrencilerin bu bilimsel süreç becerilerindeki muhtemel

eksikliklere işaret edebilecek iyi bir yordayıcı olarak kullanılmasının yararlı olacağı söylenebilir.

5.2. Öneriler

Bu bölümde öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin yordanması ve geliştirilmesine yönelik daha ileri araştırmalar için göz önünde bulundurulmasının yararlı olacağı düşünülen hususlara yer verilmiştir. Öncelikle, makine öğrenmesi modellerinin doğası gereği, örneklem büyüklüğünün taşıdığı önem göz ardı edilmemeli, mümkün olduğunca fazla sayıda öğrenci ile çalışmanın modelin öğrenme ve test performansını olumlu etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, örneklemden elde edilen verilerin temizlenmesi, örneklemden kaynaklanabilecek "gürültü"nün en aza indirilmesi de yine çalışma için önemlidir. Örneğin, katılımcının testte hep aynı seçeneği işaretlemiş olması, belirli bir düzene göre işaretlemiş olması, testin bir bölümünü boş bırakmış olması gibi durumlar makine öğrenme performansını düşüreceği için öğrenme verisinden ayıklanması önerilebilir. Bununla birlikte becerilerin ölçülmesi sürecinde alternatif ölçme değerlendirme yöntemlerinin entegre edilmesi ve becerilerin mümkün olduğunca geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçülmesi önemlidir. Performansa dayalı görevler, doğrudan gözlem ve simülasyon görevlerinin bu becerilerin doğasına uygun ve özgün yönlerini yakalaması daha olası olabilir. Bu açıdan, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini belirlemede kullanılan ölçeklerin birden fazla olması, aralarındaki uyumun gözetilmesi de modelin performansını olumlu yönde etkileyebilir. Adaboost modelinin bilimsel süreç becerilerini yordamasında elde edilen bulgular, örneklemin ortaokul öğrencilerinden oluşması, derslerde kullanılan yöntem ve teknikler, öğrencilerin önceki öğrenmeleri, bilim odaklı etkinliklerde daha önce bu beceriyi kullanma durumları gibi değişkenlerden etkilenmiş olabileceği için genellenmesi ve tüm öğrencilerin ilişkili becerisini yordamada kullanılması konusunda dikkatli davranmayı ve mümkün olduğunda çeşitli ölçme değerlendirme araçlarından faydalanmayı gerektirmektedir. Buna karşın, yapay zekâ modellerinin etkililiğini inceleyen diğer araştırmalarda da olası ara değişkenlerin ihmal edildiği ve genel sonuçların birer ön sonuç olarak değerlendirilmesinin kıymetli olduğu belirtilmektedir. Bu konuda yapılmaya devam eden araştırmaların, çok daha fazla veriyle tekrarlanması ve geliştirilmesi, bahsedilen sınırlılıkların giderilmesi için önemli kilit taşları olarak alanyazında yerini alacaktır. Bu durumun yine de bahsedilen değişkenler ele alınarak yeniden incelenmesinin ve bu konuda hangi değişkenin ne düzeyde etkili olduğunun ortaya çıkarılmasının, etkisi görülen alanlarının nasıl daha fazla geliştirilebileceği yönünde açacağı araştırma alanıyla birlikte alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bununla birlikte, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini yordamanın yanı sıra zaman içindeki gelişimini takip etmek için boylamsal çalışmalar yapılması ve becerilerdeki eksikliklerin her bir beceri için giderilmesine yönelik çalışmalar yürütülmesi önerilebilir. Boylamsal verilerin, araştırmacıların öğrencilerin bilimsel süreç becerilerindeki ilerlemeyi incelemelerine ve bu becerilerin gelişimine katkıda bulunan faktörleri belirlemelerine olanak tanıyacağı, farklı öğretim stratejilerinin etkililiği, öğrenme ortamının etkisi ve becerilerin kazanılmasında bireysel özelliklerin rolü hakkında önemli sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

Üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin daha ekonomik, hızlı ve kullanışlı araçlar yardımıyla belirlenmesi, olası eksikliklerin tespit edilmesi ve bu becerilerin tamamlanması için gerekli araç, yöntem ve tekniklerin geliştirilmesinin desteklenmesi de bu çalışma sonuçlarına göre önerilmektedir. Bunun yanında, üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesinde olduğu kadar ölçme değerlendirmesinde de farklılaştırılmış ve zenginleştirilmiş araçların kullanımının önemli olduğu görülmektedir. Bu nedenle üstün yetenekli öğrencilerin kendi düzey ve limitlerinde bilimsel süreç beceri düzeylerini ayırt edebilecek yüksek ayırt ediciliğe sahip ölçme araçlarının geliştirilmesi gerektiği açıktır. Bu araçların geliştirilmesinde kullanışlılığı artırmak için çevrimiçi sistemlerin kullanılmasının ve otonomlaşma sürecinin de desteklenmesinin önemli olduğu söylenebilir.

Ayrıca, gelecekteki araştırmalarda farklı makine öğrenimi modellerinin bilimsel süreç becerilerini tahmin etmedeki performansının farklı örneklemlerle yeniden araştırılması önerilebilir. Mevcut çalışmada Adaboost modeli kullanılmış olsa da Rastgele Orman, Destek Vektör Makineleri veya Sinir Ağları gibi diğer algoritmalar da becerileri tahmin etmedeki etkinlikleri açısından değerlendirilebilir.

Her bir bilimsel süreç becerisinin kendine has özellikleri ve gereklilikleri doğrultusunda, bu becerilere özgü değerlendirme stratejilerinin geliştirilmesinin alanyazına katkısının olacağı düşünülmektedir. Böylelikle her bir bilimsel süreç becerisinin ayrı ayrı ölçülmesi sağlanarak bu bilimsel süreç becerilerinin doğası daha kolay anlaşılabilir hale getirilebilir.

Bu çalışma kapsamında karşılaşılan zorluklardan biri, geliştirilen sınıflama modelinin değerlendirilmesi bakımından özgün bir metrik değerlendirme modelinin bulunmamasıdır. Bu nedenle klasik istatistik yaklaşımlarından yararlanılmış ve elde edilen sonuçların yorumlaması bu kriterlere göre yapılmıştır. Teknolojinin ve istatistik biliminin gelişmesine paralel olarak, yapay zekâ ve makine öğrenmesi alanlarına özgü bu sınıflandırma ve yordama metriklerinin

değerlendirilmesi için evrensel bir yapı ve modele ihtiyaç vardır. Bu alanda yapılacak çalışmaların bundan sonraki araştırmalarda faydasının olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Abdullah, M., Al-Ayyoub, M., Shatnawi, F., Rawashdeh, S., ve Abbott, R. (2023). Predicting students' academic performance using e-learning logs. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, *12*(2), 831–839. https://doi.org/10.11591/ijai.v12.i2.pp831-839

Abell, S. K. (2013). Research on science teacher knowledge. In Abell, S. K. ve Lederman, N., (Eds.). *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1150). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203824696.

Abu Zohair, L. M. (2019). Prediction of student's performance by modelling small dataset size. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *16*, 1–18. https://link.springer.com/articles/10.1186/s41239-019-0160-3

Adams, C. M., ve Callahan, C. M. (1995). The reliability and validity of a performance task for evaluating science process skills. *Gifted Child Quarterly*, *39*(1), 14–20. https://doi.org/10.1177/001698629503900103

Ajibade, S. S. M., Ahmad, N. B., ve Shamsuddin, S. M. (2020). A data mining approach to predict academic performance of students using ensemble techniques. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *940*, 749–760. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16657-1_70

Akbulut, H. İ., ve Çepni, S. (2013). Bir üniteye yönelik başarı testi nasıl geliştirilir?: İlköğretim 7. sınıf kuvvet ve hareket ünitesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *2*(1), 18–44. https://www.researchgate.net/publication/338719011

Akkaş, E. (2015). Üstün Yetenekliler Eğitiminde Farklılaştırma: Temel Kavramlar, Modellerin Karşılaştırılması ve Öneriler. *Journal of Gifted Education and Creativity*, *2*(2), 31–44. https://doi.org/10.18200/JGEDC.2015214250

Aktamış, H., ve Ergin, Ö. (2007). Bilimsel süreç becerileri ile bilimsel yaratıcılık arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *33*, 11–23. http://efdergi.hacettepe.edu.tr/yonetim/icerik/makaleler/987-published.pdf

Aktamış, H., ve Pekmez, E. Ş. (2011). Fen ve teknoloji dersine yönelik bilimsel süreç becerileri ölçeği geliştirme çalışması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, *30*(30), 192–205. https://dergipark.org.tr/tr/pub/deubefd/issue/25121/265269

Al Amin, A., Hossen, S., Mehedi H., Refat, M., Ghosh, P., ve Marouf, A. A. (2022). Predicting entrepreneurship skills of tertiary-level students using machine learning algorithms. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, *96*, 715–724. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7167-8_52

Al Braiki, B., Harous, S., Zaki, N., ve Alnajjar, F. (2020). Artificial intelligence in education and assessment methods. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, *9*(5), 1998–2007. https://doi.org/10.11591/EEI.V9I5.1984

Alshanqiti, A., ve Namoun, A. (2020). Predicting student performance and its influential factors using hybrid regression and multi-label classification. *IEEE Access*, *8*, 203827–203844. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3036572

Altabrawee, H., Abdul, O., Ali, J., ve Ajmi, Q. (2019). Predicting students' performance using machine learning techniques. *Journal of University of Babylon, Pure and Applied Sciences*, *27*(1), 194–206. https://doi.org/10.29196/jubpas.v27i1.2108

American Association for the Advancement of Science (2001). Designs for science literacy. *Oxford*. http://www.project2061.org/publications/designs/online/default.htm

Amjad, S., Younas, M., Anwar, M., Shaheen, Q., Shiraz, M., ve Gani, A. (2022). Data mining techniques to analyze the ımpact of social media on academic performance of high school students. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2022*, 1–12. https://doi.org/10.1155/2022/9299115

Anagnostopoulou, P., Alexandropoulou, V., Lorentzou, G., Lykothanasi, A., Ntaountaki, P., ve Drigas, A. (2020). Artificial intelligence in autism assessment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *15*(6), 95–107. https://doi.org/10.3991/IJET.V15I06.11231

Anderson, D., Irvin, S., Alonzo, J., ve Tindal, G. A. (2015). Gauging ıtem alignment through online systems while controlling for rater effects. *Educational Measurement: Issues and Practice*, *34*(1), 22–33. https://doi.org/10.1111/EMIP.12038

Anderson, L. W., ve Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman. https://www.uky.edu/~rsand1/china2018/texts/Anderson-Krathwohl - A taxonomy for learning teaching and assessing.pdf

Ar, M. E., Sarıoğlu, S., Demir, B., ve Yıldız, G. (2023). Examination of 2021 Turkish central exam science questions in terms of science process skills. *Yüzüncü Yil Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *20*(1), 332–351. https://doi.org/10.33711/yyuefd.1178620

Ariely, M., Nazaretsky, T., ve Alexandron, G. (2022). Machine learning and hebrew nlp for automated assessment of open-ended questions in biology. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1–34. https://doi.org/10.1007/S40593-021-00283-X/TABLES/9

Arıkan, O., ve Kırındı, T. (2020). OKS, SBS, TEOG fen bilimleri testi sorularının bilimsel süreç becerileri ve eleştirel düşünme becerilerine göre incelenmesi. *Turkish Journal of Primary Education (TUJPED).* 5(2). 155 – 170. https://dergipark.org.tr/tr/pub/tujped/issue/58028/750117

Asif, R., Merceron, A., ve Pathan, M. K. (2014). Predicting student academic performance at degree level: A case study. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, *7*(1), 49–61. https://doi.org/10.5815/IJISA.2015.01.05

Attewell, P. (1990). What is the skill? *Work and Occupations: An International Sociological Journal*, 422–448.

Avrupa Eğitim Vakfı (2014). *Beceriler vizyon 2020 Türkiye*.

Ayas, A., Çepni, S., ve Akdeniz, A. R. (1993). Development of the Turkish secondary science curriculum. *Science Education*, *77*(4), 433–440. https://doi.org/10.1002/sce.3730770406

Aydınlı, E., Dökme, I., Ünlü, Z. K., Öztürk, N., Demir, R., ve Benli, E. (2011). Turkish elementary school students' performance on integrated science process skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *15*, 3469–3475. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.320

Aydogdu, B. (2017). A study on basic process skills of Turkish primary school students. *Eurasian Journal of Educational Research*, *67*(2017), 51–69. https://doi.org/10.14689/ejer.2017.67.4

Aydoğdu, B. (2015). The investigation of science process skills of science teachers in terms of some variables. *Educational Research and Reviews*, *10*(5), 582–594. https://doi.org/10.5897/ERR2015.2097

Aydoğdu, B., Tatar, N., Yıldız, E., ve Buldur, S. (2012). İlköğretim öğrencilerine yönelik bilimsel süreç becerileri ölçeğinin geliştirilmesi. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, *5*(3), 292–311. https://dergipark.org.tr/tr/pub/akukeg/issue/29346/314037

Aygün, S. (2019). *Problem çözme öğretimine yönelik oyunlaştırılmış uyarlanabilir bir zeki öğretim sisteminin tasarlanması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Trabzon Üniversitesi, Trabzon.

Azizah, K. N., Ibrahim, M., ve Widodo, W. (2018). Process skill assessment ınstrument: Innovation to measure student's learning result holistically. *Journal of Physics: Conference Series*, *947*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012026

Baashar, Y., Alkawsi, G., Mustafa, A., Alkahtani, A. A., Alsariera, Y. A., Ali, A. Q., Hashim, W., Pange, J., Nikiforidou, Z., Baashar, Y., Alkawsi, G., Mustafa, A., Alkahtani, A. A.,

Yazan, Alsariera, A., Ali, A. Q., Hashim, W., ve Tiong, S. K. (2022). Toward predicting student's academic performance using artificial neural networks (ANNs). *Applied Sciences (Switzerland)*, *12*(3), 1–16. https://doi.org/10.3390/app12031289

Bahşi, A., ve Açikgül Firat, E. (2020). STEM etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine, bilimsel epistemolojik inançlarına ve fen başarılarına etkisinin incelenmesi. *OMÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, *39*(1), 1–22. https://doi.org/10.7822/omuefd.616509

Bahtiyar, A., ve Can, B. (2016). Fen öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerileri ile bilimsel araştırmaya yönelik tutumlarının incelenmesi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi 42*. https://dergipark.org.tr/en/pub/deubefd/issue/35757/399518

Balaji, P., Alelyani, S., Qahmash, A., ve Mohana, M. (2021). Contributions of machine learning models towards student academic performance prediction: A systematic review. *Applied Sciences*, *11*(21), 1–22. https://doi.org/10.3390/APP112110007

Balanay, C. A. S., ve Roa, E. C. (2013). Assessment on student s ' science process skills : A student-centred approach. *International Journal of Biological Education*, *3*(1), 24–44. https://dergipark.org.tr/en/pub/ijobed/issue/8524/105888

Başkurt Sayhan, E. (2019). *Sözde-bilim uygulamaları yoluyla üstün zekâlı ve yetenekli 4. Sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç beceri düzeylerinin belirlenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ege Üniversitesi, İzmir.

Bearman, M., Boud, D., ve Ajjawi, R. (2020). New directions for assessment in a digital world. In M. Bearman, P. Dawson, R. Ajjawi, J. Tai, ve D. Boud (Eds.), *Re-imagining university assessment in a digital world* (pp. 7–23). http://www.springer.com/series/13204

Beaumont-Walters, Y., ve Soyibo, K. (2001). An analysis of high school students' performance on five integrated science process skills. *Research in Science ve Technological Education*, *19*, 133–145. https://doi.org/10.1080/02635140120087687

Beck, M. D. (2007). Review and other views: "Alignment" as a psychometric issue. *Applied Measurement in Education*, *20*(1), 127–135. https://doi.org/10.1080/08957340709336733

Beggrow, E. P., Ha, M., Nehm, R. H., Pearl, D., ve Boone, W. J. (2014). Assessing scientific practices using machine-learning methods: How closely do they match clinical interview performance? *Journal of Science Education and Technology*, *23*(1), 160–182. https://doi.org/10.1007/S10956-013-9461-9/FIGURES/6

Bellman, R. (1978). *An introduction to artificial intelligence :Can computers think?* Boyd ve Fraser.https://books.google.com/books/about/An_Introduction_to_Artificial_Intellige n.html?hl=trveid=8WZgAAAAMAAJ

Bennett, R. E. (1990). Toward intellıgent assessment: An integratıon of constructed response testing, artıfıcıal intelligence, and model-based measurement. *ETS Research Report Series*, *1990*(1). https://doi.org/10.1002/J.2333-8504.1990.TB01342.X

Bilgin, I. (2006). The effects of hands-on activities incorporating a cooperative learning approach on eight grade students' science process skills and attitudes toward science. *Journal of Baltic Science Education*, *5*. https://www.semanticscholar.org/paper/f665c3cf86bca342af5ebdd5fef46bde110881b5

Bland, L., Coxon, S., Chandler, K., ve Van Tassel-Baska, J. (2010). Science in the city: Meeting the needs of urban gifted students with project clarion. *Gifted Child Today*, *33*(4), 48–57. https://doi.org/10.1177/107621751003300412

Brookhart, S. M. (2010). *How to assess higher-order thinking skills in your classroom*. ASCD.

Brotherton, P. N., ve Preece, P. F. W. (1996). Teaching science process skills. *International Journal of Science Education*, *18*(1), 65–74. https://doi.org/10.1080/0950069960180106

Brougham, D., ve Haar, J. (2018). Smart technology, artificial intelligence, robotics, and algorithms (STARA): Employees' perceptions of our future workplace. *Journal of Management ve Organization*, *24*(2), 239–257. https://doi.org/10.1017/JMO.2016.55

Burns, J. C., Okey, J. R., ve Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, *22*(2), 169–177. https://doi.org/10.1002/tea.3660220208

Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem A. https://avesis.medeniyet.edu.tr/yayin/d93be4a3-e3bb-42ae-8635-96946af53ee9/bilimsel-arastirma-yontemleri

Camcı Erdoğan, S. (2014). Üstün zekâlı ve yetenekli öğrenciler için fen bilimleri eğitiminde farklılaştırmanın gerekliliği. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *2*(2), 1–10. https://dergipark.org.tr/en/pub/jegys/issue/37434/432895

Camcı Erdoğan, S., ve Kahveci, G. (2015). Farklılaştırılmış fen ve teknoloji öğretiminin üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerin tutumlarına etkisi. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, *12*(23), 191–207.

Can, G. (1998). Fen bilgisi öğretiminde ölçme ve değerlendirme. Içinde Ş. Yaşar (Ed.), *Fen bilgisi öğretimi* (ss. 133–149). Anadolu Üniversitesi.

Carleton, R. H. (1964). *Theory into science curriculum development*. NSTA. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED011000.pdf

Ceran, S. A., ve Ates, S. (2020). Measuring scientific process skills with different test formats: A research from the perspective of cognitive styles. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, *6*(3), 220–230. https://doi.org/10.21891/jeseh.703442

Chabalengula, V. M., Mumba, F., ve Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers' understand and perform science process skills. *Eurasia journal of mathematics, science and technology education*, *8*, 167–175. https://doi.org/10.12973/EURASIA.2012.832A

Charniak, E., ve McDermott, D. V. (1985). *Introduction to artificial intelligence*. Addison-Wesley.

Chiappetta, E. L., Koballa, T. R., ve Collete, A. T. (2015). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools* (4th ed.). Merrill Prentice Hall.

Chokchai, O., ve Pimdee, P. (2019). Examining of secondary school students' integrated science process skills. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *7*(4), 1137–1157. https://doi.org/10.17478/jegys.597449

Cizek, G. J., Kosh, A. E., ve Toutkoushian, E. K. (2018). Gathering and evaluating validity evidence: The generalized assessment alignment tool. *Journal of Educational Measurement*, *55*(4), 477–512. https://doi.org/10.1111/JEDM.12189

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, *20*(1), 37–46. https://doi.org/10.1177/001316446002000104

Cope, B., ve Kalantzis, M. (2015). Sources of evidence-of-learning: Learning and assessment in the era of big data. *Open Review of Educational Research*, *2*(1), 194–217. https://doi.org/10.1080/23265507.2015.1074869

Cope, B., ve Kalantzis, M. (2020). Futures for research in education. *Educational Philosophy and Theory*, *54*(11), 1732-1739. https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1824781

Cope, B., Kalantzis, M., ve Searsmith, D. (2020). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory*, *53*(12), 1229-1245. https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1728732

Cui, Y., Chen, F., Shiri, A., ve Fan, Y. (2019). Predictive analytic models of student success in higher education: A review of methodology. *Information and Learning Sciences*, *12*(3/4), 208–227. https://doi.org/10.1108/ILS-10-2018-0104

Çakır, L. ve Kocabaş, İ. (2016). Mentoring in gifted student's education and a model suggestion. *Educational Process International Journal, 5*(1), 76-90. https://doi.org/10.12973/edupij.2016.51.6

Çalıkoğlu, B. S. (2014). *Üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerde derinlik ve karmaşıklığa göre farklılaştırılmış fen öğretiminin başarı, bilimsel süreç becerileri ve tutuma etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Çam, N., ve Ercan Yalman, F. (2020). Değişkenleri belirleme ve kontrol etme becerisi için bir test geliştirme çalışması: Karma yöntem araştırması. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi, 16*(32), 410–422. https://doi.org/10.35675/befdergi.804317

Çataldere, K. (2022). *Fen bilimleri öğretmenlerinin ve araştırmacıların bakış açılarıyla beceri temelli soruların bazı değişkenler açısından analizi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Çepni, S. (2014). *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi*. Pegem. https://doi.org/10.14527/9786053186496

Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D., ve Turgut, M. F. (1997). *Fizik öğretimi*. YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi, Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi.

Çepni, S., ve Kara, Y. (2019). Problem solving procedure in terms of cognitive theories. In S. Çepni ve Y. Kara (Eds.), *Current Studies in Educational Measurement and Evaluation* (ss. 1–25). Paradigma.

Çil, E. (2021). Kuramdan uygulamaya 21. yüzyıl becerileri ve öğretimi. Içinde Ü. Ormancı ve S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya 21. yüzyıl becerileri ve öğretimi* (ss. 413–433). Nobel.

Çilengiroğlu, E. (2016). *Generating learning concepts in intelligent tutoring systems* [Unpublished master's thesis]. Yaşar University, İzmir.

Çitil, M. (2018). Türkiye'de üstün yeteneklilerin eğitimi politikalarının değerlendirilmesi. *Milli Eğitim 47*(1), 143-172. https://dergipark.org.tr/tr/pub/milliegitim/issue/40518/480017

Çitil, M., ve Ataman, A. (2018). İlköğretim çağındaki üstün yetenekli öğrencilerin davranışsal özelliklerinin eğitim ortamlarına yansıması ve ortaya çıkabilecek sorunlar. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 38*(8), 185-231.

Čipková, E., ve Karolčík, Š. (2019). Assessing of scientific inquiry skills achieved by future biology teachers. *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology, 23*(1–2), 71–80. https://doi.org/10.1515/cdem-2018-0004

Çolak, M. ve Dolapçıoğlu, S. (2022). Öğretim strateji, yöntem ve tekniklerinin bilimsel süreç becerilerine etkisi: meta analiz. *Yaşadıkça Eğitim, 36*(3), 643-655. https://doi.org/10.33308/26674874.2022363424

Dascalu, M., Popescu, E., Becheru, A., Crossley, S., ve Trausan-Matu, S. (2016). Predicting academic performance based on students' blog and microblog posts. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 9891 LNCS*, 370–376. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_29

David Kolo, K., A. Adepoju, S., ve Kolo Alhassan, J. (2015). A decision tree approach for predicting students academic performance. *International Journal of Education and Management Engineering*, *5*(5), 12–19. https://doi.org/10.5815/IJEME.2015.05.02

Davidson Institute. (2022). *2023 THINK information session*. http:/www.davidsongifted.org

Deepak, K. (2013). *A first course in artificial intelligence*. https://www.ics.uci.edu/~rickl/courses/cs-171/aima-resources/Artificial Intelligence A Modern Approach (3rd Edition).pdf

DeKeyser, R. (2015). Skill acqusition theory. In B. VanPatten ve J. Williams (Ed.), *Theories in second language acquisition: An introduction* (pp. 94–113). Routledge.

DeLuca, C., ve Bellara, A. (2013). The current state of assessment education: Aligning policy, standards, and teacher education curriculum. *Journal of Teacher Education*, *64*(4), 356–372. https://doi.org/10.1177/0022487113488144

Develi, A., ve Çavuş, M. F. (2021). Çalışma yeterliliği kavramı: Kuramsal temeller ve ölçüm yöntemi. *İş ve İnsan Dergisi*, *8*(1), 123–137.

DeVellis, R. F. (2016). Scale development theory and applications (Fourth Edition). *SAGE Publication*.

Dials, J., Demirel, D., Sanchez-Arias, R., Halic, T., Kruger, U., De, S., ve Gromski, M. A. (2023). Skill-level classification and performance evaluation for endoscopic sleeve gastroplasty. *Surgical Endoscopy*, *1*, 1–12. https://doi.org/10.1007/S00464-023-09955-2/TABLES/4

Dillashaw, F. G., Okey, J. R., Gerald Dillashaw, F., ve Okey, J. R. (1980). Test of the integrated science process skills for secondary science students. *Science Education*, *64*(5), 601–608. https://doi.org/10.1002/SCE.3730640506

Diwanji, P., Hinkelmann, K., ve Witschel, H. F. (2018). Enhance classroom preparation for flipped classroom using AI and analytics. *ICEIS 2018 - Proceedings of the 20th*

International Conference on Enterprise Information Systems, *1*(Iceis 2018), 477–483. https://doi.org/10.5220/0006807604770483

Diyer, O., Achtaich, N., ve Najib, K. (2020). Artificial intelligence in learning skills assessment: A pedagogical innovation. *ACM International Conference Proceeding Series*. https://doi.org/10.1145/3386723.3387901

Dökme, I., ve Aydınlı, E. (2009). Turkish primary school students' performance on basic science process skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *1*(1), 544–548. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.098

Du, X., Yang, J., Hung, J.-L., ve Shelton, B. (2020). Educational data mining: A systematic review of research and emerging trends. *Information Discovery and Delivery*, 48–4. https://doi.org/10.1108/IDD-09-2019-0070

Duruk, U., Akgün, A., Dogan, C., ve Gülsuyu, F. (2017). Examining the learning outcomes included in the turkish science curriculum in terms of science process skills: A document analysis with standards-based assessment. *International Journal of Environmental and Science Education*, *12*(2), 117–142. http://www.ijese.net/makale_indir/IJESE_1787_article_589c7465e7f14.pdf

Elbadrawy, A., Polyzou, A., Ren, Z., Sweeney, M., Karypis, G., ve Rangwala, H. (2016). Predicting student performance using personalized analytics. *Computer*, *49*(4), 61–69. https://doi.org/10.1109/MC.2016.119

Elden, A., Moustafa, M. A., Harb, H. M., ve Emara, A. (2013). Adaboost ensemble with simple genetic algorithm for student prediction model. *International Journal of Computer Science ve Information Technology (IJCSIT)*, *5*(2). https://doi.org/10.5121/ijcsit.2013.5207

Erdemir, M. (2015). *İnternet tabanlı bir zeki öğretim sisteminin fizik eğitimine uyarlanması ve uygulanması* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi, Ankara.

Erduran, S., Masri, Y. El, Cullinane, A., ve Ng, Y. (2020). Assessment of practical science in high stakes examinations: A qualitative analysis of high performing English-speaking countries. *International Journal of Science Education*, *42*(9), 1544–1567. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1769876

Ergül, R., Şimşekli, Y., Çalış, S., Özdilek, Z., Göçmençelebi, S., ve Şanlı, M. (2011). The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, *5*(1), 48–69.

Erkalan, M., Calp, M. H., ve Sahin, I. (2012). Designing and realizing an expert system to be used to profession choosing by utilizing multiple intelligences theory. *International Journal of Informatics Technologies*, 49–55.

ESCO. (2020). *Skills/competences*. https://ec.europa.eu/esco/portal/skill?uri=http%3A%2F%2Fdata.europa.eu%2Fesco%2Fskill%2FSveconceptLanguage=envefull=true#veuri=http://data.europa.eu/esco/skill/S

ESCO. (2021). *ESCO skill-occupation matrix tables: Linking occupation and skill groups*.

Escobar, V. D. G. (2016). *An international comparison study of the alignment between standards and assessment of pre-service elementary mathematics teacher preparation courses* [Unpublished master's thesis]. Boise State University, Idaho.

Fahd, K., Venkatraman, S., Miah, S. J., ve Ahmed, K. (2022). Application of machine learning in higher education to assess student academic performance, at-risk, and attrition: A meta-analysis of literature. *Education and Information Technologies*, *27*(3), 3743–3775. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10741-7

Fathonah, N., Rahardjo, S., ve Prayitno, B. (2018). Analysis of students' science process skill of junior high school in Ngawi district in material classification and its changes. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 262*, 302–305. https://doi.org/10.2991/ictte-18.2018.55

Felix, I., Ambrósio, A. P., Lima, P. D. S., ve Brancher, J. D. (2018). Data mining for student outcome prediction on moodle: A systematic mapping. *Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018)*, *1*, 1393. https://doi.org/10.5753/CBIE.SBIE.2018.1393

Ferreira, L. B. M. (2004). *The role of a science story, activities, and dialogue modeled on philosophy for children in teaching basic science process skills to fifth graders*. https://www.semanticscholar.org/paper/9eadcaa56136afbcb75072d9075a1946ab22423a

Firdaus, A., Abidin, Z., Faaizie Darmawan, M., Osman, M. Z., Anwar, S., Kasim, S., Yunianta, A., ve Sutikno, T. (2019). Adaboost-multilayer perceptron to predict the student's performance in software engineering. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, *8*(4), 1556–1562. https://doi.org/10.11591/EEI.V8I4.1432

Fowler Cain, M. (1990). The diet cola test. *Science Scope*, *13*(1), 32–34. https://www.jstor.org/stable/45028712

Gabel, D. (1993). *Introductory science skills*. Waveland Press.

García-Peñalvo, F., Casado-Lumbreras, C., Colomo-Palacios, R., & Yadav, A. (2020). Smart learning. *Applied Sciences*, *10*(19), 6964. https://doi.org/10.3390/app10196964

Gardner, J., O'Leary, M., ve Yuan, L. (2021). Artificial intelligence in educational assessment: 'Breakthrough? Or buncombe and ballyhoo?' *Journal of Computer Assisted Learning*, *37*(5), 1207–1216. https://doi.org/10.1111/JCAL.12577

Germann, P., ve Aram, R. J. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, *33*, 773–798. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199609)33:7<773::AID-TEA5>3.0.CO;2-K

Germann, P. J. (1994). Testing a model of science process skills acquisition: an interaction with parents' education, preferred language, gender, science attitude, cognitive development, academic ability, and biology knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(7), 749–783. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.3660310707

Germann, P. J., Aram, R. J., ve Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, *33*(1), 79–99. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1<79::AID-TEA5>3.0.CO;2-M

Ghatasheh, N. (2015). Knowledge level assessment in e-learning systems using machine learning and user activity analysis. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *6*(4), 107–114. https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/User+Knowledge+Modeling

Gill, A. F. (2019). *A study of progression in science process skills during a midwestern public research university's STEM summer camps* [Unpublished doctoral dissertation]. Northern Illinois University, Illinois.

Goldstein, I. ve Papert, S. (1977). Artificial intelligence, language, and the study of knowledge. *Cognitive Science*, *1*(1), 84-123. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0101_5

González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P., ve Roig-Vila, R. (2021). Artificial intelligence for student assessment: A systematic review. *Applied Sciences*, *11*(12), 5467. https://doi.org/10.3390/APP11125467

Göranzon, B., ve Florin, M. (1992). Skill and education: Reflection and experience. In *Skill and Education: Reflection and Experience* (B. Göranzon and I. Josefson, Springer-Verlag eds.). https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1983-8

Graham, D. (2023). *A teacher's guide to supporting gifted middle school students*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003332015

Guevara, C. A. (2015). Science process skills development through ınnovations in science teaching. *Research Journal of Educational Sciences*, *3*(2), 6–10. www.isca.me

Günel, K. (2010). *Zeki öğretim sistemlerinde öğrenci değerlendirme modelleri üzerine* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ege Üniversitesi, İzmir.

Guo, S., Cui, J., Zhao, Y., Wang, Y., Ma, Y., Gao, W., Mao, G., ve Hong, S. (2020). Machine learning–based operation skills assessment with vascular difficulty index for vascular intervention surgery. *Medical and Biological Engineering and Computing*, *58*(8), 1707–1721. https://doi.org/10.1007/S11517-020-02195-9/FIGURES/12

Güven, G., ve Yılmaz, E. (2020). Investigation of the relationship between attention skills and science process skills in children regarding external elements. *Ilkogretim Online - Elementary Education Online*, *19*(4), 2227–2236. https://doi.org/10.17051/ilkonline.2020.763874

Hamarat, E., ve Arkan, A. (2018). 2023 Eğitim vizyon belgesi'nde gelecek becerileri. *Seta Perspektif*, *222*, 1–7. https://setav.org/assets/uploads/2018/12/222.pdf

Harlen, W. (1999). Purposes and procedures for assessing science process skills. *International Journal of Phytoremediation*, *21*(1), 129–144. https://doi.org/10.1080/09695949993044

Hasançebi, B., Terzi, Y., ve Küçük, Z. (2020). Madde güçlük indeksi ve madde ayırt edicilik indeksine dayalı çeldirici analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *10*(1), 224–240. https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.615465

Haugeland, J. (1985). *Artificial intelligence: The very idea*. MIT Press.

Hernawati, D., Amin, M., Irawati, M., ve Aziz, M. (2018). Integration of project activity to enhance the scientific process skill and self-efficacy in zoology of vertebrate teaching and learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(6), 2475–2485. https://doi.org/10.29333/ejmste/89940

Holden, M. S., Xia, S., Lia, H., Keri, Z., Bell, C., Patterson, L., Ungi, T., ve Fichtinger, G. (2019). Machine learning methods for automated technical skills assessment with instructional feedback in ultrasound-guided interventions. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, *14*(11), 1993–2003. https://doi.org/10.1007/S11548-019-01977-3/FIGURES/6

Huang, J., Saleh, S., & Liu, Y. (2021). A review on artificial intelligence in education. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, *10*(3), 206. https://doi.org/10.36941/ajis-2021-0077

Huang, J., Shen, G., & Ren, X. (2021). Connotation analysis and paradigm shift of teaching design under artificial intelligence technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Ijet), 16*(05), 73. https://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.20287

Indri, O. W., Sarwanto, ve Nurosyid, F. (2020). Analysis of high school students' science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, *1567*(3). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032098

Inman, T. F. (2022). *Educating the gifted*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003259190

International Labour Organization (2021). *World employment and social outlook: Trends 2021*.

Irwanto, Rohaeti, E., ve Widjajanti, E. (2017). Students' science process skill and analytical thinking ability in chemistry learning. *AIP Conference Proceedings*, *030001*(August). https://doi.org/10.1063/1.4995100

İnci, G. (2014). *Üstün yetenekli öğrencilerin sınıf içi davranış sorunlarının belirlenmesi ve çözüm önerileri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Jauhari, F., ve Supianto, A. A. (2019). Building student's performance decision tree classifier using boosting algorithm. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *14*(3), 1298–1304. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v14.i3.pp1298-1304

Jevons, F. R. (2022). *The teaching of science*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003311089

Kaelbling, L., Lozano-Pérez, T., Chuang, I., ve Boning, D. (2020). Introduction to machine learning. *Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare: C. 6.036*. https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-036-introduction-to-machine-learning-fall-2020/#

Kaestner, L. (2022). Artificial intelligence: training the trainer. *British Journal of Haematology, 198*(5), 805-806. https://doi.org/10.1111/bjh.18358

Kahraman, H. T. (2009). *Web-Tabanlı Uyarlanır Zeki Öğretim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi, Ankara.

Kanlı, E. (2021). Zekâ ve özel yetenek. *Özel yetenek ve bilsem'ler* İçinde, 9-48. Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Kar, H., ve Çil, E. (2019). The effects of visual art supported inquiry based science activities on 5th grade students' scientific process skills. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi*, *9*(2), 351–380. https://doi.org/10.14527/PEGEGOG.2019.011

Karaaslan, O., Yoldaş, Z., Beklen, C., Öztarhan, H., ve Karakut, R. (2023). Fen ve teknoloji öğretmenlerinin alternatif ölçme ve değerlendirme tekniklerini uygulamadaki

yeterlilikleri. *Uluslararası Akademik Yönetim Bilimleri Dergisi*, *9*(13), 26–99. https://doi.org/10.51947/yonbil.1136176

Karademir, E. (2016). Investigation the scientific creativity of gifted students through project-based activities. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, *2*(2), 416–427. www.ijres.net

Karslı, F., ve Şahin, Ç. (2009). *Developing worksheet based on science process skills: Factors affecting solubility*. https://www.semanticscholar.org/paper/96abeb93cb28846ebee41eba6a1fa994924d7df2

Karslı, F., Şahin, Ç., ve Ayas, A. (2009). Determining science teachers' ideas about the science process skills: A case study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *1*, 890–895. https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2009.01.158

Kavak, Ş., ve Deretarla Gül, E. (2021). Scientific process skills scale development for preschool children. *KEFAD*, *22*(2), 1071–1099. https://toad.halileksi.net/sites/default/files/pdf/okul-oncesi-cocuklari-icin-bilimsel-surec-becerileri-olcegi-toad.pdf

Kaya, N. G. (2018). Üstün yetenekli öğrencilerin öğretmenlerinin yaratıcılığı destekleme düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, *16*(2), 157–175. https://dergipark.org.tr/en/pub/tebd/issue/41575/436900

Kaya, N. G., Mertol, H., Turhan, G., Araz, D., ve Uçar, H. (2022). Üstün yetenekli öğrencilerin eğitiminde farklılaştırma ve zenginleştirme uygulamalarına ilişkin yapılan lisansüstü tezlerin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, *0*(41), 102–114. https://doi.org/10.14582/DUZGEF.2022.189

Keskinkılıç Yumuşak, G. (2017). Yansıtıcı düşünmeye dayalı etkinliklerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, *11*(1), 222–251. https://doi.org/10.17522/balikesirnef.356148

Kim, S., Kim, S., Lee, M., ve Kim, H. (2020). Review on artificial intelligence education for K-12 students and teachers. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, *23*(4), 1–11. https://doi.org/10.32431/kace.2020.23.4.001

Kılıç, A. S. (2015). *Fen ve matematik entegrasyonu ile hazırlanan etkinliklerin üstün yetenekli ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme ve bilimsel süreç becerilerine etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi, Ankara. https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results

Kılıç Bulut, S. A. (2021). The effect of the integration of science and mathematics on critical thinking and scientific process skills of the gifted students. *International Journal of Curriculum and Instruction*, *13*(1), 290–312.

Kılıç, G. B., Haymana, F., ve Bozyılmaz, B. (2010). İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı'nın bilim okuryazarlığı ve bilimsel süreç becerileri açısından analizi. *Eğitim ve Bilim*, *33*(150), 52–63. http://213.14.10.181/index.php/EB/article/view/630

Knaus, M. C. (2021). A double machine learning approach to estimate the effects of musical practice on student's skills. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, *184*(1), 282–300. https://doi.org/10.1111/RSSA.12623

Knox, J., Wang, Y., ve Gallagher, M. (2019). AI, inclusion, and 'everyone learning everything'. In J. Knox, Y. Wang, M. Gallagher (Eds.) *Artificial Intelligence and Inclusive Education: Speculative Futures and Emerging Practices* (pp.1-13). Springer.

Kotsiantis, S., Pierrakeas, C., ve Pintelas, P. (2004). Predicting students' performance in distance learning using machine learning techniques. *Applied Artificial Intelligence*, *18*(5), 411–426. https://doi.org/10.1080/08839510490442058

Kulik, J. A., ve Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A META-analytic review. *Review of Educational Research*, *86*(1), 42–78. https://doi.org/10.3102/0034654315581420

Kumar, B., ve Pal, S. (2011). Mining educational data to analyze students performance. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *2*(6), 63–69. https://doi.org/10.14569/ijacsa.2011.020609

Kumar, M., Singh, A. J., ve Handa, D. (2017). Literature survey on student's performance prediction in education using data mining techniques. *International Journal of Education and Management Engineering*, *7*(6), 40–49. https://doi.org/10.5815/IJEME.2017.06.05

Kurz, A., Elliott, S. N., Wehby, J. H., ve Smithson, J. L. (2010). Alignment of the intended, planned, and enacted curriculum in general and special education and its relation to student achievement. *The Journal of Special Education*, *44*(3), 131–145. https://doi.org/10.1177/0022466909341196

Kurzweil, R. (1990). *The age of intelligent machines*. Kurzweil Foundation. https://books.google.de/books/about/The_Age_of_Intelligent_Machines.html?id=SI1QAAAAMAAJveredir_esc=y

Kwon, J.-S., ve Kim, B.-K. (1994). The development of an ınstrument for the measurement of science process skills of the Korean elementary and middle school students. *Journal of The Korean Association For Science Education*, *14*(3), 251–264.

Lam, K., Chen, J., Wang, Z., Iqbal, F. M., Darzi, A., Lo, B., Purkayastha, S., ve Kinross, J. M. (2022). Machine learning for technical skill assessment in surgery: A systematic review. *npj Digital Medicine 2022 5:1*, *5*(1), 1–16. https://doi.org/10.1038/s41746-022-00566-0

Lavanchy, J. L., Zindel, J., Kirtac, K., Twick, I., Hosgor, E., Candinas, D., ve Beldi, G. (2021). Surgical skill assessment using machine learning algorithms. *British Journal of Surgery*, *108*(Supplement_4). https://doi.org/10.1093/BJS/ZNAB202.093

Lavanchy, J. L., Zindel, J., Kirtac, K., Twick, I., Hosgor, E., Candinas, D., ve Beldi, G. (2021). Automation of surgical skill assessment using a three-stage machine learning algorithm. *Scientific Reports*, *11*(1). https://doi.org/10.1038/S41598-021-84295-6

Leana Taşçılar, M. (2021). Özel yetenekli bireylerin tanılanması. *Özel Yetenek ve Bilsem'ler*, (137-163). Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Leat, D., ve Nichols, A. (2000). Brains on the Table: Diagnostic and formative assessment through observation. *Assessment in Education: Principles, Policy ve Practice*, *7*, 103–121. https://doi.org/10.1080/713613327

Lederman, J. S., ve Stefanich, G. P. (2007). Addressing disabilities ın the context of ınquiry and nature of science instruction. In L. B. Flick ve N. G. Lederman (Eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp-55-74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_4

Leibo, J. Z., Liao, Q., Anselmi, F., ve Poggio, T. (2015). The invariance hypothesis implies domain-specific regions in visual cortex. *PLoS Computational Biology*, *11*(10), 1–29. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004390

Lester, P. E., Inman, D., ve Bishop, L. K. (2014). *Handbook of tests and measurement in education and the social sciences*. Rowman ve Littlefield.

Lin, H. (2022). Influences of artificial intelligence in education on teaching effectiveness. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Ijet)*, *17*(24), 144-156. https://doi.org/10.3991/ijet.v17i24.36037

Liu, O. L., Rios, J. A., Heilman, M., Gerard, L., ve Linn, M. C. (2016). Validation of automated scoring of science assessments. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(2), 215–233. https://doi.org/10.1002/TEA.21299

Liu, R., ve Li, L. (2022). Evaluation system for the talent training quality of higher education based on the combination of the subjective and objective evaluation method and AdaBoost-SVM. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2022*. 1-13. https://doi.org/10.1155/2022/8022386

Livieris, I., Mikropoulos, T., ve, Pintelas, P. (2016). A decision support system for predicting students' performance. *Themes in Science ve Technology Education.*, *9*(1), 43–57. https://www.learntechlib.org/p/174254/

Looi, C.-K., McCalla, G., Bredeweg, B., ve Breuker, J. (2005). *Artificial Intelligence in Education*. IOS.

Lottridge, S., Wood, S., ve Shaw, D. (2018). The effectiveness of machine score-ability ratings in predicting automated scoring performance. *Applied Measurement in Education*, *31*(3), 215–232. https://doi.org/10.1080/08957347.2018.1464452

Luckin, R., Koedinger, K., ve Greer, J. (2007). *Artificial intelligence in education*. IOS.

Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour*, *1*(3), 1–3. https://doi.org/10.1038/s41562-016-0028

Maestrales, S., Zhai, X., Touitou, I., Baker, Q., Schneider, B., ve Krajcik, J. (2021). Using machine learning to score multi-dimensional assessments of chemistry and physics. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(2), 239–254. https://doi.org/10.1007/S10956-020-09895-9/TABLES/4

Mahboob, T., Irfan, S., ve Karamat, A. (2017). A machine learning approach for student assessment in E-learning using Quinlan's C4.5, Naive Bayes and Random Forest algorithms. *Proceedings of the 2016 19th International Multi-Topic Conference, INMIC 2016*. https://doi.org/10.1109/INMIC.2016.7840094

Malhotra, R. (2015). A systematic review of machine learning techniques for software fault prediction. *Applied Soft Computing*, *27*, 504–518. https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2014.11.023

Mammadov, S. (2019). Being gifted in turkey: educational and social experiences of high-ability students. *Gifted Education International*, *35*(3), 216-236. https://doi.org/10.1177/0261429419839397

Mao, L., Liu, O. L., Roohr, K., Belur, V., Mulholland, M., Lee, H. S., ve Pallant, A. (2018). Validation of automated scoring for a formative assessment that employs scientific argumentation. *Educational Assessment*, *23*(2), 121–138. https://doi.org/10.1080/10627197.2018.1427570

Martins, R. M., Gresse, C., ve Wangenheim, V. (2022). Findings on teaching machine learning in high school: A ten year systematic literature review. *Informatics in Education*, 1–15. https://doi.org/10.15388/INFEDU.2023.18

Martone, A., ve Sireci, S. G. (2009). Evaluating alignment between curriculum, assessment, and ınstruction. *Review of Educational Research*, *79*(4), 1332–1361. https://doi.org/10.3102/0034654309341375

McCoach, D. B., ve Siegle, D. (2016). Factors that differentiate underachieving gifted students from high-achieving gifted students. *http://dx.doi.org/10.1177/001698620304700205*, *47*(2), 144–154. https://doi.org/10.1177/001698620304700205

McComas, W. (2014). The language of science education. In W. F. McComas (Ed.), *The language of science education*. Sense. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0

Gerrig, R., ve Zimbardo, P. (2020). *Psikoloji ve yaşam* (G. Sart, Çev.). Nobel Akademi.

Millî Eğitim Bakanlığı (2013). *Üstün yetenekli bireyler strateji ve uygulama planı 2013-2017*. Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.

Millî Eğitim Bakanlığı (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. https://doi.org/10.14527/9786053189879.01

Millî Eğitim Bakanlığı (2019). *Bilim ve sanat merkezleri öğrenci tanılama ve yerleştirme kılavuzu*. https://orgm.meb.gov.tr/www/2019-2020-bilim-ve-sanat-merkezleri-ogrenci-tanilama-ve-yerlestirme-kilavuzu-guncellendi/icerik/1384

Minitab (2022). *Regression Analysis: How do I ınterpret r-squared and assess the goodness-of-fit?* https://blog.minitab.com/en/adventures-in-statistics-2/regression-analysis-how-do-i-interpret-r-squared-and-assess-the-goodness-of-fit

Monhardt, L., ve Monhardt, R. (2006). Creating a context for the learning of science process skills through picture books. *Early Childhood Education Journal*, *34*, 67–71. https://doi.org/10.1007/S10643-006-0108-9

Mthimunye, K., ve Daniels, F. M. (2019). Predictors of academic performance, success and retention amongst undergraduate nursing students: A systematic review. *South African Journal of Higher Education*, *33*(1). https://doi.org/10.20853/33-1-2631

Mubarak, A. A., Cao, H., ve Zhang, W. (2020). Prediction of students' early dropout based on their interaction logs in online learning environment. *Interactive Learning Environments*, *30*(8), 1414–1433. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1727529

Mutlu, N., ve Özden, M. Y. (2017). Fen ve teknoloji öğretmenlerinin alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemlerine yönelik ihtiyaç analizi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *13*(3), 936–948. https://doi.org/10.17860/mersinefd.301633

Müller, K.-R., Krauledat, M., Dornhege, G., Curio, G., ve Blankertz, B. (2004). Machine learning techniques for brain-computer interfaces. *Biomed. Tech*, *49*(1), 11–22.

Myers, B., Washburn, S. G., ve Dyer, J. E. (2004). *Assessing agriculture teachers' capacity for teaching science ıntegrated process skills*. https://www.semanticscholar.org/paper/9a5d188ff3aa8881486e27b6754c5d099edaf94e

Nabiyev, V., ve Erümit, A. K. (2020). Yapay zekânın temelleri. İçinde V. Nabiyev ve A. K. Erümit (Ed.), *Kuramdan uygulamaya eğitimde yapay zekâ*. Pegem Akademi. https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=76578

Nacaroğlu, O., ve Güney, H. E. (2021). Özel yetenekli öğrencilerin fen deneylerine yönelik özyeterliklerinin planlama, uygulama ve değerlendirme bağlamında incelenmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. *19(1). 125-140. https*://doi.org/10.18026/CBAYARSOS.631199

Namoun, A., ve Alshanqiti, A. (2020). predicting student performance using data mining and learning analytics techniques: A systematic literature review. *Applied Sciences*, *11*(1), 237. https://doi.org/10.3390/APP11010237

Näsström, G. (2008). *Measurement of alignment between standards and assessment* [Unpublished doctoral dissertation]. Umeå University, Umea.

Nayebi, H. (2020). *Advanced statistics for testing assumed casual relationships*. Springer.

Nehm, R. H., Ha, M., ve Mayfield, E. (2012). Transforming biology assessment with machine learning: automated scoring of written evolutionary explanations. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(1), 183–196. https://doi.org/10.1007/S10956-011-9300-9/TABLES/2

Newton, J. A., ve Kasten, S. E. (2013). Two models for evaluating alignment of state standards and assessments: Competing or complementary perspectives? *Journal for Research in Mathematics Education*, *44*(3), 550–581. https://doi.org/10.5951/JRESEMATHEDUC.44.3.0550

Nilsson, N. J. (1998). *Artificial intelligence: A new synthesis*. Morgan Kaufmann Publishers.

OECD (2018). *The OECD PISA global competence framework*. https://www.oecd.org/education/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf

OECD (2019a). *Fostering Science and Innovation in the Digital Age*. *March*.

OECD (2019b). *OECD Future of Education and Skills 2030 Concept Note*. www.oecd.org/education/2030-project

Ostlund, K. (1998). What the research says about science process skills. *Electronic Journal of Science Education*, *2*(4). https://eric.ed.gov/?id=EJ649635

Özbek, M. (2007). *Etmen tabanlı zeki öğretim sistemi geliştirme* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Özçelik, H. (2019). *Kavram karikatürleri ile desteklenen tahmin et-gözle-açıkla (tga) yönteminin ortaokul öğrencilerinin sorgulama becerileri, bilimsel süreç becerileri ve kavram öğrenmelerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul. https://www.proquest.com/docview/2495427617

Özdemir, G., ve Gürlen, E. (2019). Üstün yetenekli öğrencilere yönelik zenginleştirilmiş fen bilimleri öğretim programına ilişkin eylem araştırması. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Education Faculty*, *49*, 231–255. https://doi.org/10.21764/maeuefd.480399

Özdeniz, Y. (2021). *Harmanlanmış öğrenme ortamında bütünleştirilmiş müfredat modeline göre tasarlanan fen modülünün uygulamasının üstün yetenekli öğrencilerin bilimsel muhakeme ve bilimsel süreç becerilerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.

Özgelen, S. (2012). Students' science process skills within a cognitive domain framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *8*(4), 283–292. https://doi.org/10.12973/eurasia.2012.846a

Padalkar, S., Ramchand, M., Shaikh, R., ve Vijaysimha, I. (2022). *Science Education*. Routledge India. https://doi.org/10.4324/9781003047506

Padilla, M. J. (1990). *The science process skills: Research matters*. NARST. https://narst.org/research-matters/science-process-skills

Paek, S., ve Kim, N. (2021). Analysis of worldwide research trends on the impact of artificial intelligence in education. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 7941*, *13*(14), 7941. https://doi.org/10.3390/SU13147941

Paine, A. R. (2020). *Students' use of science process skills in introductory level biology labs* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Colorado, Colorado.

Pallathadka, H., Sonia, B., Sanchez, D. T., De Vera, J. V., Godinez, J. A. T., ve Pepito, M. T. (2022). Investigating the impact of artificial intelligence in education sector by predicting student performance. *Materials Today: Proceedings*, *51*, 2264–2267. https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.11.395

Pandey, M., ve Taruna, S. (2016). Towards the integration of multiple classifier pertaining to the Student's performance prediction. *Perspectives in Science*, *8*, 364–366. https://doi.org/10.1016/J.PISC.2016.04.076

Pituch, K. A., ve Stevens, J. P. (2015). *Applied multivariate statistics for the social sciences: Analyses with SAS and IBM's SPSS*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315814919

Poole, D. L., Mackworth, A., ve Goebel, R. (1998). *Computational intelligence: A logical approach*. Oxford University Press.

Prasanna Kumari, G. T., ve Usha Rani, M. (2017). A study of AdaBoost and Bagging approaches on student dataset. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, *2*(2), 375–380.

Preece, P., ve Brotherton, P. N. (1997). Teaching science process skills: long-term effects on science achievement. *International Journal of Science Education*, *19*, 895–901. https://doi.org/10.1080/0950069970190803

Punlumjeak, W., Rugtanom, S., Jantarat, S., ve Rachburee, N. (2017). Improving classification of imbalanced student dataset using ensemble method of voting, bagging, and adaboost with under-sampling technique. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, *449*, 27–34. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6451-7_4/FIGURES/3

Rambuda, A., ve Fraser, W. (2004). Perceptions of teachers of the application of science process skills in the teaching of Geography in secondary schools in the Free State province. *South African Journal of Education*, *24*, 10–17. https://doi.org/10.4314/SAJE.V24I1.24960

Ramesh, M. (2014). *Acquisition of science process skills through experiential learning in students of standard VIII* [Unpublished doctoral dissertation]. Maharaja Sayajirao University, Baroda.

RapidMiner. (2022). *Machine Learning*. https://rapidminer.com/glossary/machine-learning/

Rastrollo-Guerrero, J. L., Gómez-Pulido, J. A., ve Durán-Domínguez, A. (2020). Analyzing and predicting students' performance by means of machine learning: A review. *Applied Sciences (Switzerland), 10*(3). 1-16. https://doi.org/10.3390/app10031042

Repišti, S., Jovanović, N., Kuzman, M. R., Medved, S., Jerotić, S., Ribić, E., Majstorović, T., Simoska, S. M., Novotni, L., Milutinović, M., Stoilkovska, B. B., Radojičić, T., Ristić, I., Zebić, M., Pemovska, T., ve Russo, M. (2020). How to measure the impact of the COVID-19 pandemic on quality of life: COV19-QoL – the development, reliability and validity of a new scale. *Global Psychiatry*, *3*(2). 1-10. https://doi.org/10.2478/gp-2020-0016

Rezba, R. J., Sprague, C., Fiel, R. L., ve Funk, H. J. (1995). *Learning and assessing science process skills*. Kendall/Hunt.

Rich, E., ve Knight, K. (1991). *Artificial intelligence*. McGraw-Hill.

Richardson, M., ve Clesham, R. (2021). Rise of the machines? The evolving role of AI technologies in high-stakes assessment. *London Review of Education*, *19*(1), 1–14. https://doi.org/10.14324/lre.19.1.09

Rillero, P. (1998). Process skills and content knowledge. *Science Activities*, *35*(3), 3.

Robinson, A., Dailey, D., Hughes, G., ve Cotabish, A. (2014). The effects of a science-focused stem ıntervention on gifted elementary students' science knowledge and skills. *Journal of Advanced Academics*, *25*(3), 189–213. https://doi.org/10.1177/1932202X14533799

Russell, S., ve Norwig, P. (2014). *Artificial intelligence a modern approach* (3rd ed.). Pearson. http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf

Sak, U., Ayas, M. B., Sezerel, B. B., Öpengin, E., Özdemir, N. N., ve Demirel Gürbüz, Ş. (2015). Gifted and talented education in Turkey: Critics and prospects. *Turkish Journal of Giftedness and Education*, *5*(2), 110–132. http://www.tuzed.org

Sánchez-Prieto, J. C., Gamazo, A., Cruz-Benito, J., Therón, R., ve García-Peñalvo, F. J. (2020). AI-driven assessment of students: Current uses and research trends. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *12205 LNCS*, 292–302. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50513-4_22

Sandeep, S., Shelton, C. R., Pahor, A., Jaeggi, S. M., ve Seitz, A. R. (2020). Application of machine learning models for tracking participant skills in cognitive training. *Frontiers in Psychology*, *11*. https://doi.org/10.3389/FPSYG.2020.01532

Sandra, L., Lumbangaol, F., ve Matsuo, T. (2021). Machine learning algorithm to predict student's performance: A systematic literature review. *TEM Journal*, *10*(4), 1919–1927. https://doi.org/10.18421/TEM104-56

Saravana Kumar, N. M. (2019). Implementation of artificial intelligence in imparting education and evaluating student performance. *Article in Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, *1*(1), 1–9. https://doi.org/10.36548/jaicn.2019.1.001

Sarıoğlu S, & Çepni, S. (2023). Development of online science process skills test for 8 th grade pupils. *Journal of Turkish Science Education*, *20*(3), in press.

Secolsky, C., ve Denison, D. B. (2012). Handbook on measurement, assessment, and evaluation in higher education. In *Handbook on measurement, assessment, and evaluation in higher education*. Taylor and Francis. https://doi.org/10.4324/9780203142189

Serevina, V., Sunaryo, S., Raihanati, R., Astra, I. M., ve Sari, I. J. (2018). Development of E-module based on problem based learning (PBL) on heat and temperature to ımprove

student's science process skill. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, *17*(3), 26–36.

Sforza, D. (2014). *The inclusion of cognitive complexity: a content analysis of new jersey' s current and past intended curriculum* [Unpublished doctoral dissertation]. Seton Hall University, New Jersey. https://scholarship.shu.edu/dissertations/2020

Shahiri, A. M., Husain, W., ve Rashid, N. A. (2015). A review on predicting student's performance using data mining techniques. *Procedia Computer Science*, *72*, 414–422. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2015.12.157

Sheik Abdullah, A., Abirami, R. M., Gitwina, A., ve Varthana, C. (2021). Assessment of academic performance with the e-mental health ınterventions in virtual learning environment using machine learning techniques: A hybrid approach. *Journal of Engineering Education Transformations*, *34*(1), 79–85. https://doi.org/10.16920/JEET/2021/V34I0/157109

Shin, M., ve Lee, Y. (2012). The effects of the science camp program on science process skills and scientific attitudes for the elementary scientific gifted students. *Journal of Gifted/Talented Education*, *22*(4), 967–983. https://doi.org/10.9722/JGTE.2012.22.4.967

Sibic, O., ve Sesen, B. A. (2022). Examining science process skills tests: A case of turkey. *International Journal of Assessment Tools in Education*, *2022*(1), 20–38. https://doi.org/10.21449/ijate.1058055

Sinan, O., ve Uşak, M. (2011). Biyoloji öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8*(15). 333-348. https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkusbed/issue/19555/208676

Singhal, S., Bagga, S., Goyal, P., ve Saxena, V. (2012). Augmented chemistry: Interactive education system. *International Journal of Computer Applications*, *49*(15), 1–5. https://doi.org/10.5120/7700-1041

Smith, K. (2016). *Science process assessments for elementary and middle school students*. http://scienceprocesstests.com/

Social environmental and scientific education [SESE]. (1999). *Primary school curriculum*. http://www.curriculumonline.ie/getmedia/346522bd-f9f6-49ce-9676-49b59fdb5505/PSEC03c_Science_Curriculum.pdf

Sodexo. (2018). *Global workplace trends*. Sodexo https://www.sodexo.com/files/live/sites/sdxcom-global/files/PDF/Media/2018_Sodexo-Global-Workplace-Trends_EN.pdf

Strong, M. G. (2013). *Developing elementary math and science process skills through engineering design instruction* [Unpublished master's thesis]. Hofstra University, New York.

Şahin, F., Yıldırım, M., Sürmeli, H., ve Güven, İ. (2018). Okul öncesi öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesi için bir test geliştirme çalışması. *Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi, 2*(2). www.bestdergi.net

Şahin, S. (2021). *Makine öğrenmesi yöntemleri ile ortaokul öğrenci başarılarının tespiti ve bir uygulama* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Şensoy, Ö., ve Yıldırım, H. İ. (2017). Araştırma soruşturma tabanlı öğrenme yaklaşımının yaratıcı düşünme ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Cumhuriyet International Journal of Education-CIJE, 6*(1), 34–46.

Şıvgın, C. (2019). *Lise öğrencilerinin epistemolojik inançları, eleştirel düşünme Becerileri Ve bilimsel süreç becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Tan, M., ve Temiz, B. (2003). Fen öğretiminde bilimsel süreç becerilerinin yeri ve önemi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1*(13), 89–101.

Tanık Onal, N., ve Buyuk, U. (2021). Science education for gifted students: opinions of students, parents, and teachers. *European Journal of Educational Sciences*, *8*(1), 15–32. https://doi.org/10.19044/ejes.v8no1a15

Tarik, A., Aissa, H., ve Yousef, F. (2021). Artificial intelligence and machine learning to predict student performance during the COVID-19. *Procedia Computer Science*, *184*(2021), 835–840. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.03.104

Temiz, B. K. (2020). Assessing skills of ıdentifying variables and formulating hypotheses using scenario-based multiple-choice questions. *International Journal of Assessment Tools in Education, 7*(1), 1–17. https://doi.org/10.21449/ijate.561895

Temiz, B. K., Taşar, M. F., ve Tan, M., (2006). Development and validation of a multiple format test of science process skills. *Internatıonal Education Journal, 7*(7), 1007-1027.

Thorndike, R. L., ve Hagen, E. (2014). *Measurement and evaluation in psychology and education.* (8th ed.). Pearson. https://doi.org/10.2307/2282039

Tilakaratne, C. T. K., ve Ekanayake, T. M. S. S. K. Y. (2017). Achievement level of science process skills of junior secondary students: Based on a sample of grade six and seven students from Sri Lanka. *International Journal of Environmental ve Science Education, 12*(9), 2089–2108. http://www.ijese.net/makale_indir/IJESE_1970_article_5a0a18ad73414.pdf

Tippett, C. D., ve Milford, T. M. (2023). *Exploring elementary science teaching and learning in Canada.* Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23936-6

Tomasevic, N., Gvozdenovic, N., ve Vranes, S. (2020). An overview and comparison of supervised data mining techniques for student exam performance prediction. *Computers ve Education, 143*(2020), 1–18. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103676

Traynor, A. (2017). Does test ıtem performance increase with test-to-standards alignment? *Educational Assessment*, *22*(3), 171–188. https://doi.org/10.1080/10627197.2017.1344092

Traynor, A., Li, T., ve Zhou, ve S. (2020). *Applied measurement in education gauging uncertainty in test-to-curriculum alignment indices*. https://doi.org/10.1080/08957347.2020.1732387

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, *59*(236), 433–460. https://academic.oup.com/mind/article/LIX/236/433/986238

Türkiye İş Kurumu (İŞKUR). (2020). *2020 yılı işgücü piyasası araştırması raporu*. https://media.iskur.gov.tr/45570/turkiye.pdf

Türkmen, H., ve Kandemir, E. M. (2011). Öğretmenlerin bilimsel süreç becerileri öğrenme alanı algıları üzerine bir durum çalışması. *Journal of European Education, 1*(1), 15–24. http://eu-journal.org/index.php/JEE/article/view/171/157

Tuychiev, B. (2021). *Comprehensive guide on multiclass classification metrics.* Towards Data Science. https://towardsdatascience.com/comprehensive-guide-on-multiclass-classification-metrics-af94cfb83fbd

Ülger, B. B. (2019). *Üstün yetenekli öğrencilere yönelik farklılaştırılmış sorgulama temelli fen bilgisi ders modüllerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkililiğinin değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Ülger, B. B. (2021). An adaptation study for the measurement of scientific process skills for gifted students in science: The diet cola test. *Journal of Turkish Science Education, 18*(3), 542–554. https://doi.org/10.36681/tused.2021.89

Ülger, B. B., ve Çepni, S. (2021). Evaluating the effect of differentiated inquiry-based science lesson modules on gifted students' scientific process skills. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, *10*(4), 1289–1324. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14527/pegegog.2020.039

Ülger, B. B., ve Irving, K. E. (2019). The effect of science lesson modules on gifted students: The CGA case. *Journal of Science, Mathematics, Entrepreneurship and Technology Education*, *2*(1).

Uysal, E., ve Cebesoy, Ü. B. (2020). Investigating the effectiveness of design-based stem activities on pre-service science teachers' science process skills, attitudes and knowledge. *SDU International Journal of Educational Studies*, *7*(1), 60–81. https://doi.org/10.33710/sduijes.614799

VanTassel-Baska, J., Bass, G., Ries, R., Poland, D., ve Avery, L. D. (1998). A national study of science curriculum effectiveness with high ability students. *Gifted Child Quarterly*, *42*(4), 200–211. https://doi.org/10.1177/001698629804200404

VanTassel-Baska, J., Hubbard, G. F., ve Robbins, J. I. (2020). Differentiation of instruction for gifted learners: Collated evaluative studies of teacher classroom practices. *Roeper Review*, *42*(3), 153–164. https://doi.org/10.1080/02783193.2020.1765919

Walden University. (2023). *The importance of learning science: Teaching strategies for today's educators*. https://www.waldenu.edu/programs/education/resource/the-importance-of-learning-science-teaching-strategies-for-todays-educators

Wang, X. (2022). The influence of artificial intelligence technology on smart music teaching driven by mobile internet. *Wireless Communications and Mobile Computing, 2022*. 1-13. https://doi.org/10.1155/2022/6766651

Watters, J. J., ve Diezmann, C. M. (2003). The gifted student in science: Fulfilling potential. *Australian Science Teachers Journal*, *49*(3). 46-53. https://www.researchgate.net/publication/27464110_The_gifted_student_in_science_Fulfilling_potential

Watts, M., ve Dillon, J. (2022). *Debates in science education*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003137894

Webb, N. (1997). Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education. *NISE Brief, 1*(2). 3-10.

Webb, N. (2005). *WAT Webb Alignment Tool*. Wisconsin Center for Education Research. https://nanopdf.com/download/downloading-wat-web-alignment-tool_pdf

Webb, N. (2007). Issues related to judging the alignment of curriculum standards and assessments. *Applied Measurement in Education*, *20*(1), 1–20. papers3://publication/uuid/E9DC4B5A-EC59-42D2-9029-08CA97172A48

Webb, N. (2015). *Social studies DOK definitions*. WebbAlign. https://www.webbalign.org/dok-definitions-for-social-studies

Wei, Y., Yang, Q., Chen, J., ve Hu, J. (2018). The exploration of a machine learning approach for the assessment of learning styles changes. *Mechatronic Systems and Control*, *46*(3). https://doi.org/10.2316/Journal.201.2018.3.201-2979

Welch, C. J., ve Dunbar, S. B. (2020). Alignment and implications for test takers. *Educational Measurement: Issues and Practice*, *39*(2), 8–17. https://doi.org/10.1111/EMIP.12332

Wellington, J. J. (1989). *Skills and processes in science education: A critical analysis*. Routledge.

Westman, S., Kauttonen, J., Klemetti, A., Korhonen, N., Manninen, M., Mononen, A., Niitymaki, S., ve Paananen, H. (2021). Artificial intelligence for career guidance – current requirements and prospects for the future . *IAFOR Journal of Education: Technology in Education*, *9*(4), 43–62. http://iafor.org/archives/journals/iafor-journal-of-education/10.22492.ije.9.4.pdf#page=53

Winston, P. H. (1992). *Artificial intelligence*. Addison-Wesley. https://courses.csail.mit.edu/6.034f/ai3/rest.pdf

Wu, J. (1994). *Understanding the nature of science, science process skills, and attitudes toward science of students exposed to different science curricula in Taiwan, Republic of China* [Unpublished doctoral dissertation]. The University of Iowa, Iowa.

Wu, Z., Jiang, H., Liu, S., Tahernezhad-Javazm, F., Azimirad, V., Shoaran, M., Li, W., ve Jiao, G. (2020). Prediction of poor students' classification based on adaboost algorithm integrated learning model. *Journal of Physics: Conference Series*, *1574*(1), 012172. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1574/1/012172

Wyse, A. E., ve Viger, S. G. (2011). How item writers understand depth of knowledge. *Educational Assessment*, *16*(4), 185–206. https://doi.org/10.1080/10627197.2011.634286

Xiao, M., ve Yi, H. (2020). A practical and efficient multi-assessment system for vocational teaching based on machine learning: *The International Journal of Electrical Engineering ve Education*. https://doi.org/10.1177/0020720920940573

Yalman, M. E. (2019). *Classification of avian radar data by machine learning and developing an educational application* [Unpublished master's thesis]. Yeditepe University, Istanbul.

Yan, H. (2022). Design of online music education system based on artificial intelligence and multiuser detection algorithm. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2022*, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/9083436

Yang, S. J. H., Ogata, H., Matsui, T., ve Chen, N. S. (2021). Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*, 100008. https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2021.100008

Yao, J., ve Li, Y. (2022). Youth sports special skills' training and evaluation system based on machine learning. *Mobile Information Systems*, *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/6082280

Yibulayimu, S., Wang, Y., Liu, Y., Sun, Z., Wang, Y., Jiang, H., ve Li, F. (2022). An explainable machine learning method for assessing surgical skill in liposuction surgery. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, *17*(12), 2325–2336. https://doi.org/10.1007/S11548-022-02739-4

Yıldırım, M., Sultan Acarlı, D., ve Yaman Kasap, M. (2020). Investigation of in-service and pre-service science teachers' perceptions of scientific process skills. *Asian Journal of University Education (AJUE)*, *16*(2), 104–115. https://doi.org/10.24191/ajue.v16i2.10302

Yıldız, O. (2014). *Makine öğrenmesi ile uzaktan eğitim öğrencilerinin performanslarının değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Yue, M., Jong, M., & Dai, Y. (2022). Pedagogical design of K-12 artificial intelligence education: A systematic review. *Sustainability*, *14*(23), 15620. https://doi.org/10.3390/su142315620

Zaidi, A., Beadle, S., ve Hannah, A. (2019). *Review of the online learning and artificial intelligence education market: A report for the Department of Education: July 2018*. https://dera.ioe.ac.uk/33536/1/DFR_Online_learning_and_AIEd_market_review.pdf

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., ve Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(1), 1–27. https://doi.org/10.1186/S41239-019-0171-0

Zeide, E. (2019). Artificial intelligence in higher education: Applications, promise and perils, and ethical questions. *Educause Review*, 20–29. https://er.educause.edu/articles/2019/8/artificial-intelligence-in-higher-education-applications-promise-and-perils-and-ethical-questions

Zeineddine, H., Braendle, U., ve Farah, A. (2021). Enhancing prediction of student success: Automated machine learning approach. *Computers ve Electrical Engineering*, *89*, 106903. https://doi.org/10.1016/J.COMPELECENG.2020.106903

Zewe, A. (2022). *When should someone trust an AI assistant's predictions?* MIT CSAIL. https://www.csail.mit.edu/news/when-should-someone-trust-ai-assistants-predictions

Zhai, X. (2021). Practices and theories: How can machine learning assist in innovative assessment practices in science education. *Journal of Science Education and Technology 2021 30:2*, *30*(2), 139–149. https://doi.org/10.1007/S10956-021-09901-8

Zhai, X, Haudek, K. C., Stuhlsatz, M. A. M., ve Wilson, C. (2020). Evaluation of construct-irrelevant variance yielded by machine and human scoring of a science teacher PCK constructed response assessment. *Studies in Educational Evaluation*, *67*, 100916. https://doi.org/10.1016/J.STUEDUC.2020.100916

Zhai, X., Krajcik, J., ve Pellegrino, J. W. (2021). On the validity of machine learning-based next generation science assessments: A validity inferential network. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(2), 298–312. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09879-9

Zhai, X., Shi, L., ve Nehm, R. H. (2021). A meta-analysis of machine learning-based science assessments: Factors impacting machine-human score agreements. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(3), 361–379. https://doi.org/10.1007/S10956-020-09875-Z/TABLES/5

Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., ve Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: A systematic review. *https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757*, *56*(1), 111–151. https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757

Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J. B., Yuan, J., ve Li, Y. (2021). A review of artificial intelligence (AI) in education from 2010 to 2020. *Complexity*, 1–18. https://doi.org/10.1155/2021/8812542

Zirkelbach, A. C. (2011). *Identifying gifted students in science* [Unpublished master's thesis]. Western Kentucky University, Kentucky. http://digitalcommons.wku.edu/theses/1057

Ek 1. Çevrimiçi Bilimsel Süreç Becerileri Testi

1. deney



http://youtube.com/watch?v=vUrWJBGRE7I

1. 1. deneye ait videoyu dikkatlice izleyin. Hangi şişe diğerinden daha önce boşalıyor? * 1 puan

Gözlem yapma

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ İçerisinde uzun pipet olan
- ◯ İçerisinde kısa pipet olan

2. 1. deneye ait videoyu dikkatlice izleyin. İlk boşalan şişenin boşalması, ters çevrildiği andan itibaren kaç saniye sürüyor? * 1 puan

Ölçme

_____

3. İlk boşalan şişenin boşalması için geçen süreyi doğru hesaplayabilmek için yapılması gereken işlemi ve sonucunu yazınız. (Örneğin "A-B=C" şeklinde) * 2 puan

Sayıları kullanma ve verileri kaydetme

_____

4. İzlediğiniz deneye dayalı olarak aşağıdaki verilenlerden hangisi veya hangileri söylenebilir? * 1 puan

Çıkarım yapma

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ Kısa pipet uzun pipete göre daha incedir.
- ◯ Uzun pipetteki suyun akış hızı daha fazladır.
- ◯ Uzun pipetli şişedeki suyun yoğunluğu daha fazladır.
- ◯ Kapta biriken sıvının büyük kısmı kısa pipetli şişeden gelmiştir.

5. Yukarıda yapılan deneye içinde aynı cins eşit miktar sıvı bulunan, ilk iki şişedekinden daha uzun pipet takılmış üçüncü bir şişe eklenseydi, üçüncü şişedeki sıvının boşalması ne kadar sürebilirdi? * 1 puan

Tahmin etme - önceden kestirme

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ 20-27 saniye arası
- ◯ 28-34 saniye arası
- ◯ 35-45 saniye arası
- ◯ 45-54 saniye arası

6. 1. deneyde aşağıda verilenlerden hangileri iki şişe için de aynı olan, SABİT TUTULAN DEĞİŞKEN - KONTROL DEĞİŞKENİ aşağıdakilerden hangisidir? * 1 puan

Gözlem yapma- değişkenleri belirleme

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ Sıvıların akış hızı
- ◯ Şişelerdeki sıvı miktarı
- ◯ Pipetlerin uzunluğu
- ◯ Sıvıların boşalma süresi

7. 1. deneyde kullanılan iki şişe için farklı olarak seçilen ve etkisinin gözlenmesi amaçlanan BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN hangisidir? * 1 puan

Gözlem yapma- değişkenleri belirleme

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ Şişelerin boyutu
- ◯ Şişelerdeki sıvı miktarı
- ◯ Pipetlerin uzunluğu
- ◯ Şişelerdeki sıvının cinsi

8. 1. deneyde bağımsız değişkenin etkisinin gözlendiği BAĞIMLI DEĞİŞKEN aşağıdakilerden hangisidir? * 1 puan

Gözlem yapma- değişkenleri belirleme

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ Sıvıların akış hızı
- ◯ Sıvıların cinsi
- ◯ Pipetlerin uzunluğu
- ◯ Kapta biriken su miktarı

9. Aşağıdakilerden hangileri 1. deneyde test edilmek istenen geçerli bir hipotez olabilir? * 1 puan

Hipotez kurma

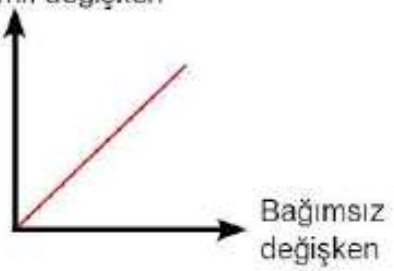
Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ Sıvı yoğunluğu arttıkça sıvının şişeden akış hızı da artar.
- ◯ Pipet uzunluğu arttıkça sıvının şişeden akış hızı da artar.
- ◯ Pipet kalınlığı ile sıvının şişenin boşalma süresi doğru orantılıdır.
- ◯ Şişedeki su miktarı ile şişenin hacmi ters orantılıdır.

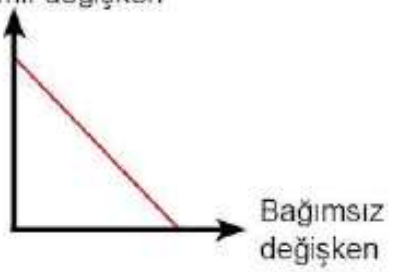
10. 1. deneyde belirlediğiniz bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki aşağıdaki grafiklerden hangisinde gösterildiği gibi olabilir? * 1 puan

Sayı ve uzay ilişkileri kurma (Grafik)

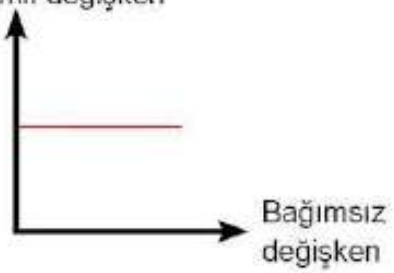
A) Bağımlı değişken



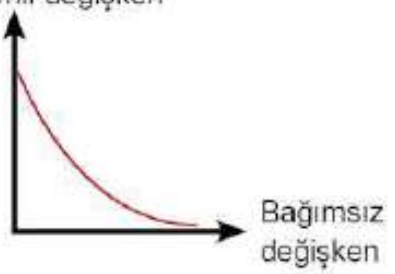
B) Bağımlı değişken



C) Bağımlı değişken



D) Bağımlı değişken



Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- A
- B
- C
- D

Deney 2



http://youtube.com/watch?v=gMrCwWiAHFU

11. Aşağıdaki tabloda yumurtaya etki eden kuvvetlerle ilgili bazı veriler verilmiştir. Buna göre aşağıdaki yorumlardan hangisi yapılırsa doğru olur? * 1 puan

Verileri yorumlama

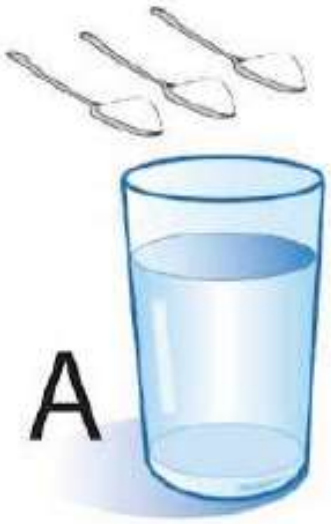
Saf suya koyulan yumurtanın ağırlığı (Newton)	Tuzlu suya koyulan yumurtanın ağırlığı (Newton)	Saf suda etki eden kaldırma kuvveti (Newton)	Tuzlu suda etki eden kaldırma kuvveti (Newton)
300	300	280	300

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ( ) Suya eklenen tuz, yumurtanın ağırlığının azalmasına neden olmuştur.
- ( ) Suya eklenen tuz, suyun uyguladığı kaldırma kuvvetinin artmasına neden olmuştur.
- ( ) Saf suya koyulan yumurta, tuzlu suya koyulan yumurtadan daha ağır olduğu için batmıştır.
- ( ) Tuzlu sudaki yumurtanın yüzmesinin nedeni, yoğunluğunun diğer yumurtadan daha az olmasıdır.

12. 100 gram ağırlığındaki metal oyuncak gemisini suda yüzdürmek isteyen bir öğrenci, içinde su ve üç kaşık tuz bulunan A kabına koyduğunda geminin battığını gözlemlemiştir. Öğrenci içlerinde eşit miktarda su bulunan ve çözdürülen tuz miktarı kaşıkla gösterilen kaplardan hangilerini kullanırsa gemisini yüzdürebilir? * 1 puan

Karar verme



Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.



1 kaşık tuz eklenen kap



2 kaşık tuz eklenen kap



3 kaşık tuz eklenen kap



4 kaşık tuz eklenen kap

13. Aşağıda, içerisinde üç kaşık tuz bulunan suya konulan çeşitli oyuncakların ağırlıkları, ve bu oyuncaklara etki eden kaldırma kuvvetleri verilmiştir. Buna göre bu oyuncaklardan hangilerinin batıp hangilerinin batmayacağı hangi seçenekte doğru verilmiştir? (Ağırlığı kaldırma kuvvetinden daha büyük cisimler sıvı içerisinde batar.) * 3 puan

Sınıflama

Oyuncak	Ağırlık (Newton)	Kaldırma kuvveti (Newton)
Gemi	300	300
Araba	200	200
Uçak	250	200

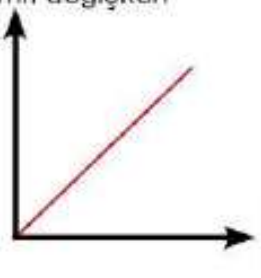
Uygun olanların tümünü işaretleyin.

	Gemi	Araba	Uçak
Batanlar	☐	☐	☐
Batmayanlar	☐	☐	☐

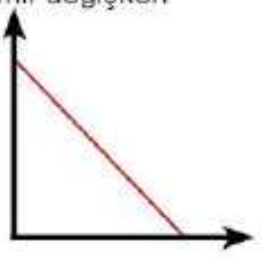
14. 1. deneyde belirlediğiniz bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki aşağıdaki grafiklerden hangisinde gösterildiği gibi olabilir? * 1 puan

Sayı ve uzay ilişkileri kurma (Grafik)

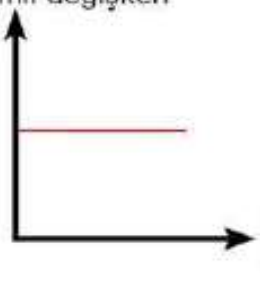
A) Bağımlı değişken



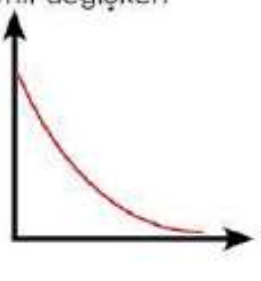
B) Bağımlı değişken



C) Bağımlı değişken



D) Bağımlı değişken



Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ◯ A
- ◯ B
- ◯ C
- ◯ D

Deney 2



http://youtube.com/watch?v=qMrCwWiAHFU

15. Aşağıdaki tabloda yumurtaya etki eden kuvvetlerle ilgili bazı veriler verilmiştir. Buna göre aşağıdaki yorumlardan hangisi yapılırsa doğru olur? * 1 puan

Verileri yorumlama

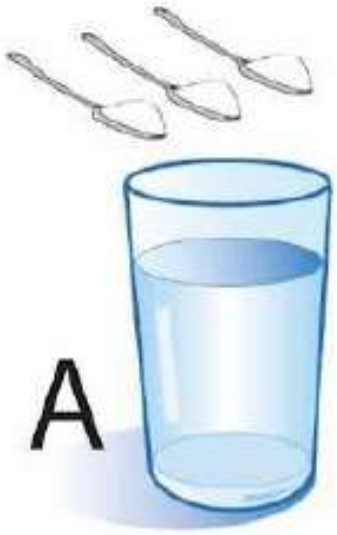
Saf suya koyulan yumurtanın ağırlığı (Newton)	Tuzlu suya koyulan yumurtanın ağırlığı (Newton)	Saf suda etki eden kaldırma kuvveti (Newton)	Tuzlu suda etki eden kaldırma kuvveti (Newton)
300	300	280	300

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ( ) Suya eklenen tuz, yumurtanın ağırlığının azalmasına neden olmuştur.
- ( ) Suya eklenen tuz, suyun uyguladığı kaldırma kuvvetinin artmasına neden olmuştur.
- ( ) Saf suya koyulan yumurta, tuzlu suya koyulan yumurtadan daha ağır olduğu için batmıştır.
- ( ) Tuzlu sudaki yumurtanın yüzmesinin nedeni, yoğunluğunun diğer yumurtadan daha az olmasıdır.

16. 100 gram ağırlığındaki metal oyuncak gemisini suda yüzdürmek isteyen bir öğrenci, içinde su ve üç kaşık tuz bulunan A kabına koyduğunda geminin battığını gözlemlemiştir. Öğrenci içlerinde eşit miktarda su bulunan ve çözdürülen tuz miktarı kaşıkla gösterilen kaplardan hangilerini kullanırsa gemisini yüzdürebilir? * 1 puan

Karar verme



Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.



1 kaşık tuz eklenen kap



2 kaşık tuz eklenen kap



3 kaşık tuz eklenen kap



4 kaşık tuz eklenen kap

17. Aşağıda, içerisinde üç kaşık tuz bulunan suya konulan çeşitli oyuncakların ağırlıkları, ve bu oyuncaklara etki eden kaldırma kuvvetleri verilmiştir. Buna göre bu oyuncaklardan hangilerinin batıp hangilerinin batmayacağı hangi seçenekte doğru verilmiştir? (Ağırlığı kaldırma kuvvetinden daha büyük cisimler sıvı içerisinde batar.) * 3 puan

Sınıflama

Oyuncak	Ağırlık (Newton)	Kaldırma kuvveti (Newton)
Gemi	300	300
Araba	200	200
Uçak	250	200

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

	Gemi	Araba	Uçak
Batanlar	☐	☐	☐
Batmayanlar	☐	☐	☐

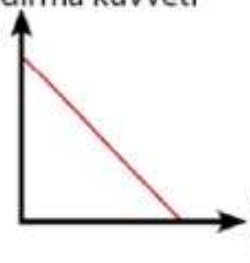
18. 2. deneyden ve önceki sorulardan yola çıkarak düşünüldüğünde, suya eklenen tuz miktarı ile gemiye etki eden kaldırma kuvveti arasındaki ilişkiyi gösteren grafik aşağıdakilerden hangisi gibi olur? * 1 puan

Verileri kullanma ve model oluşturma

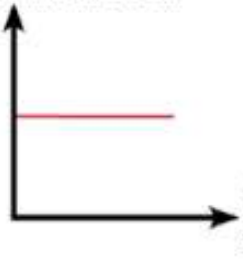
A) Kaldırma kuvveti



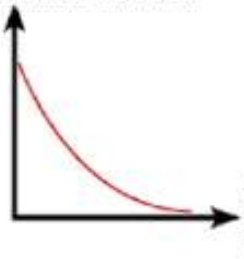
B) Kaldırma kuvveti



C) Kaldırma kuvveti



D) Kaldırma kuvveti



Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

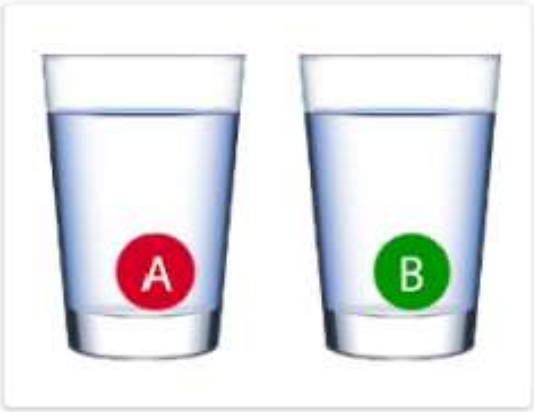
- ( ) A
- ( ) B
- ( ) C
- ( ) D

19. Bir öğrenci içerisinde bir miktar tuz çözdürdüğü kaba sırasıyla A ve B toplarını bırakıyor. Aşağıda ağırlıkları ve su içerisinde etki eden kaldırma kuvvetleri verilen topların su içerisindeki konumları hangi seçenekteki gibi olur? * 1 puan

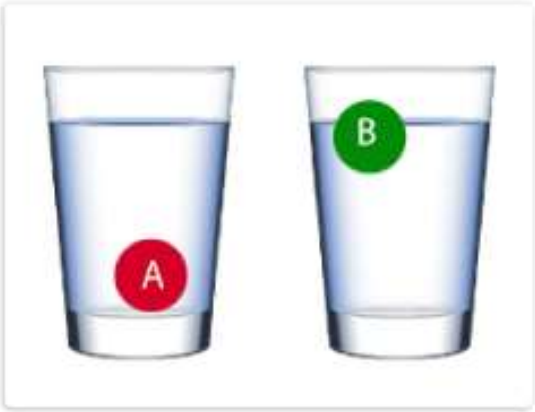
Verileri kullanma ve model oluşturma

Top	Ağırlık (Newton)	Kaldırma kuvveti (Newton)
A	100	100
B	100	50

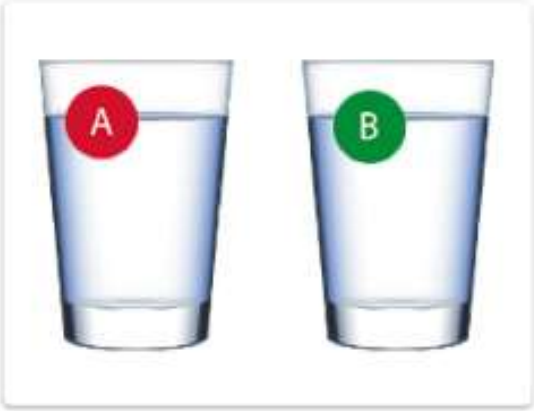
Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.



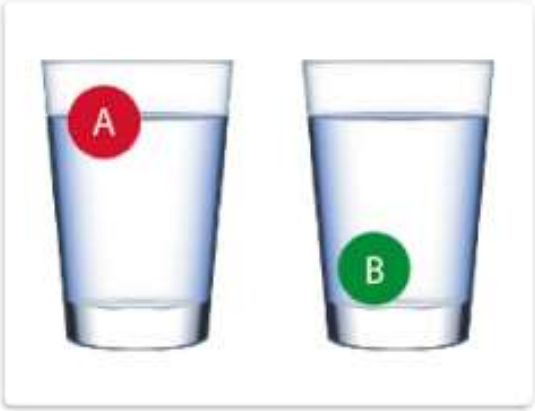
1. seçenek



2. seçenek



3. seçenek



4. seçenek

20. "Esnek bir top sert bir zemine ne kadar yüksekten bırakılırsa, o kadar yükseğe sıçrar" hipotezini test etmek için, aşağıda verilen deneylerden hangisinin yapılması gerekir? * 2 puan

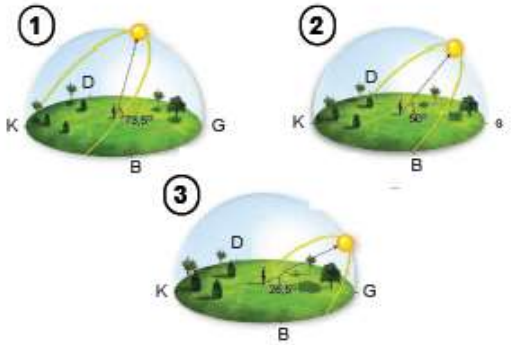
Deney yapma

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ( ) Bir top, düz bir yüzeye önce 10 cm yükseklikten bırakılır. Topun sıçradığı yükseklik bir cetvel yardımıyla ölçülür ve kaydedilir. Daha sonra aynı işlem 20, 30 ve 40cm yüksekliklerden tekrarlanır ve sonuca uygun bir karar verilir.
- ( ) Bir top, düz bir yüzeye önce 10 cm yükseklikten bırakılır. Topun sıçradığı yükseklik bir cetvel yardımıyla ölçülür ve kaydedilir. Daha sonra aynı işlem top her seferinde biraz daha şişirilerek tekrarlanır ve sonuca uygun bir karar verilir.
- ( ) Bir top, düz bir yüzeye önce 10 cm yükseklikten bırakılır. Topun sıçradığı yükseklik bir cetvel yardımıyla ölçülür ve kaydedilir. Daha sonra aynı işlem farklı zeminler üzerinde tekrarlanır ve sonuca uygun bir karar verilir.
- ( ) Bir top, düz bir yüzeye önce 10 cm yükseklikten bırakılır. Topun sıçradığı yükseklik bir cetvel yardımıyla ölçülür ve kaydedilir. Daha sonra aynı işlem top her seferinde biraz daha kuvvetli şekilde itilerek tekrarlanır ve sonuca uygun bir karar verilir.

Ek 2. Beceri Temelli Sorular

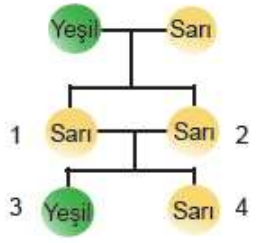
1. Aşağıda 41° Kuzey Yarım Küre'de yer alan Bursa'da yılın farklı tarihlerinde yerel saatle öğlen 12.00'de Güneş'in gökyüzündeki konumu, Güneş ışınlarının düşme açısı ve gölge boyu gösterilmiştir.



Buna göre verilen görsellerin ait olduğu tarihler hangi seçenekteki gibi olmalıdır?

	1	2	3
A)	21 Mart	21 Haziran	21 Aralık
B)	21 Haziran	21 Mart	21 Aralık
C)	21 Haziran	21 Mart	23 Eylül
D)	21 Mart	21 Haziran	23 Eylül

2. Bezelye bitkisi ile yapılan bir çalışmada tohum rengine göre elde edilen fenotipler aşağıdaki şemadaki gibidir.

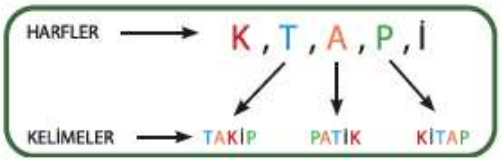


Buna göre numaralandırılmış bezelyelerden hangisi homozigot baskın genotipe sahip olabilir?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

DENEME SINAVI

3. Fen bilimleri öğretmeni canlı türlerinin birbirinden farklı olmasının sebeplerini göstermek amacıyla aşağıdaki etkinliği yapmıştır. Etkinlikte öğrencilere beş farklı harfi karışık olarak vermiş ve bu harflerin tamamını kullanarak farklı kelimeler oluşturmuştur.



Buna göre öğretmen bu etkinlik ile türlerin birbirinden farklı olmasının nedenini göstermek için aşağıdaki hipotezlerden hangisini kullanmalıdır?

A) DNA'lar farklı sayılarda nükleotid içerir.
B) Canlılardaki nükleotidlerin diziliş sıraları farklıdır.
C) Nükleotidler karşılıklı olarak eşlenirler.
D) DNA'larda bulunan nükleotidlerin türleri aynıdır.

4. Aşağıda farklı ülkelerde yaşayan üç öğrencinin doğum günlerinde yaşanan gece-gündüz süreleri ve bu öğrencilerin doğum yerleri gösterilmiştir.



Yengeç dönencesi
Ekvator
Oğlak dönencesi



Buna göre öğrencilerin doğum günleri ve doğduğu şehirlerle ilgili aşağıdaki yorumlardan hangisi yanlıştır?

A) 1. öğrenci 15 Ocak tarihinde C şehrinde doğmuş olabilir.

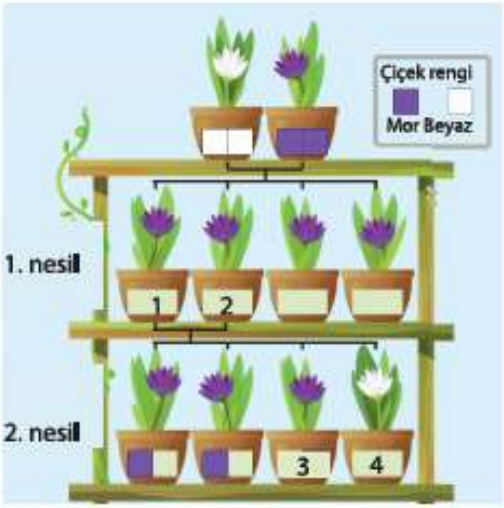
B) 2. öğrenci 21 Mart tarihinde B şehrinde doğmuş olabilir.

C) 3. öğrenci 20 Aralık tarihinde A şehrinde doğmuş olabilir.

D) 1. öğrenci A, 3. öğrenci B şehrinde doğmuşsa doğum tarihleri aynı olabilir.

DENEME SINAVI

5.



Mendel yasalarını göstermek için tasarlanan modelde, her saksı üzerinde yeterli çaprazlamalar sonucunda oluşması beklenen çiçek renginin genotipini temsil eden etiketler yapıştırılmıştır.

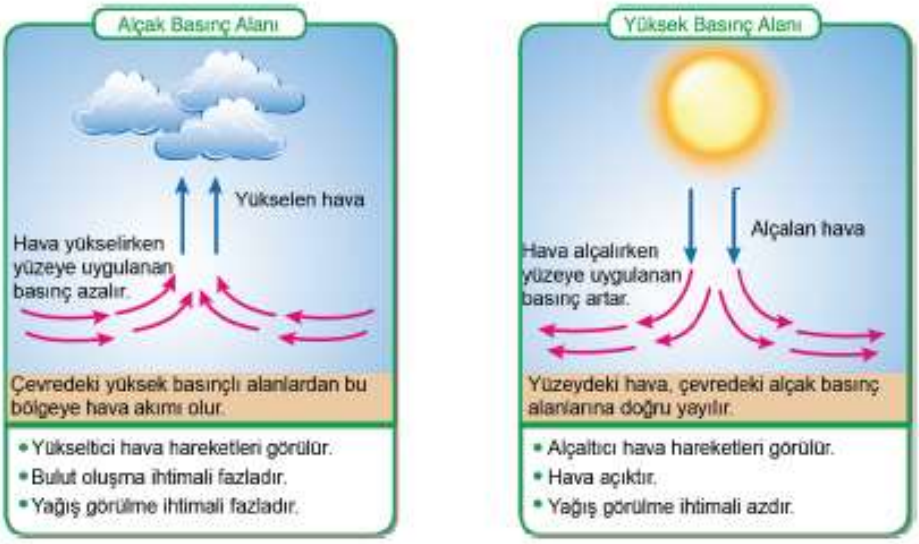
İlk iki bitkinin etiketleri doldurulmuştur.

Buna göre numara ile gösterilen bezelyelerin etiketleri aşağıdakilerden hangisi gibi olamaz?

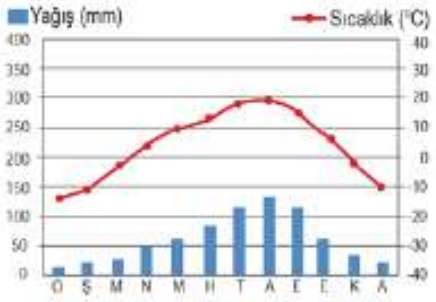
A) 1- ■■ B) 2- ■□

C) 3- ■■ D) 4- □□

6. Hava sıcaklığında çeşitli etkiler sonucu oluşan değişimler, yüzeyde alçak veya yüksek basınç alanlarının oluşmasına neden olur.



Belirli bir bölgeye ait aylara göre ortalama sıcaklık ve yağış miktarını gösteren grafik aşağıdaki gibidir.

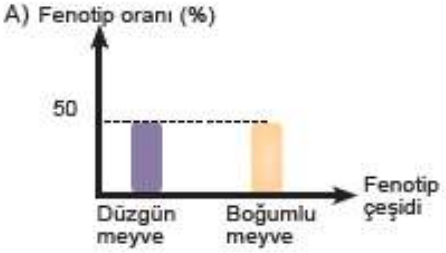


Bu bölgede görülen en düşük ve en yüksek basınç ortalamaları hangi aylara aittir?

	En düşük	En yüksek
A)	Ağustos	Aralık
B)	Ocak	Ağustos
C)	Ağustos	Ocak
D)	Aralık	Ağustos

7. *Bezelyelerde düzgün meyve şekli aleli, boğumlu meyve şekli aleline baskındır.*

Buna göre bezelyelerde meyve şekli ile ilgili yapılacak bir çaprazlamada seçeneklerde verilen olasılıklardan hangisi oluşamaz?

A)


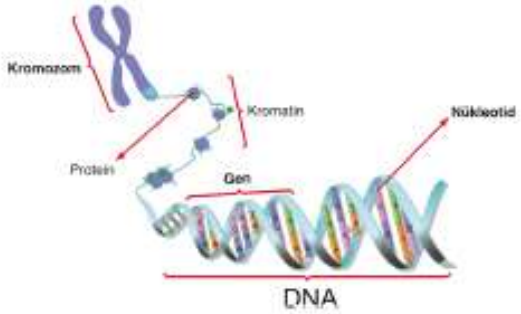
B)


C)


D)


DENEME SINAVI

8. DNA, canlıların genetik bilgilerini içeren yapıdır. Her canlı türünün sahip olduğu DNA miktarı birbirinden farklıdır. Bir hücrenin kromozomunu oluşturan DNA ve protein kompleksine kromatin denir. İnce, uzun iplikler halinde olan kromatinler hücre bölünmeden önce eşlenir. Bölünme sırasında kromatin iplikler kısalıp kalınlaşarak özel katlanmalar sonucu kromozom adını verdiğimiz yapıyı oluşturur.



Bu bilgilerden ve görselden yararlanılarak aşağıdakilerden hangisine ulaşılamaz?

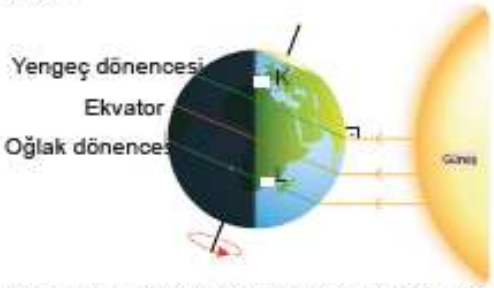
A) Kromozomlar DNA etrafına protein bir kılıf sarılmasıyla oluşan yapılardır.

B) Hücrede bulunan kromozomlar birbirinden farklı görünüme sahiptir.

C) DNA, nükleotid adı verilen yapı birimlerinden oluşmuştur.

D) Nükleotid dizisinden oluşmuş kalıtsal bilgiyi taşıyan birime gen adı verilir.

9. Aşağıda Dünya'nın Güneş etrafındaki dolanımı sırasında oluşan bir konumu ile Dünya üzerinde yer alan K ve L şehirleri gösterilmiştir.



K veya L şehirlerinde yaşadıkları bilinen dört öğrenci, Dünya verilen konumda iken yaşadıkları yerler hakkında aşağıdaki bilgileri vermiştir.

Melek : Yıl içerisinde birim yüzeye düşen enerji miktarının en fazla olduğu zamandır.

Ali : Öğle vaktinde cisimlerin yıl içindeki en küçük gölgesi oluşmaktadır.

Serhan : Bu tarihte yıl içerisindeki en uzun gündüz yaşanmaktadır.

Gökhan: Gökyüzü bulutlu ve yağmur olayı görülmektedir.

Buna göre öğrencilerin verdikleri bilgilerden yola çıkılarak yapılan öğrenci ve yaşadığı şehir eşleştirmelerinden hangisi <u>kesinlikle</u> doğrudur?

	Öğrenci	Yaşadığı şehir
A)	Melek	K
B)	Ali	L
C)	Serhan	L
D)	Gökhan	K

10. Yandaki görselde DNA modeli üzerinden bir kesit görülmektedir.





Bir öğrenci hazırladığı DNA modelinde eksiklikler olduğunu fark ediyor.

Bu DNA modelini tamamlamak için aşağıdaki yapılardan kaçar tane gerekir?

	C	T	D
A)	1	2	5
B)	2	1	4
C)	2	1	5
D)	2	2	4

11. Yıl boyunca hem Kuzey Yarım Küre'de, hem Güney Yarım Küre'de 30° enlemi üzerinde bulunan alandan ekvator üzerindeki alana doğru hareket eden rüzgârlara Alize rüzgârları denir.

Aşağıda Alize rüzgârlarının Dünya üzerindeki oluşum alanları gösterilmiştir.



Buna göre bu rüzgârların oluşum yönü incelendiğinde;

I. Ekvator bölgesi dönencelere göre yıl boyunca alçak basınç alanıdır.

II. Yengeç dönencesindeki bölgeler, yıl boyunca oğlak dönencesine göre yüksek basınç alanıdır.

III. Yıl boyunca ekvator üzerinde yağış olaylarının dönencelere oranla daha fazla oluşması beklenir.

çıkarımlarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II

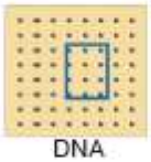
C) I ve III D) I, II ve III

12. Bir öğrenci DNA, kromozom, gen ve nükleotid kavramlarının büyüklükleri arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla farklı boyutlarda hazırlanmış ve iç içe geçebilen dikdörtgenler hazırlıyor. Bunun için çiviler yardımıyla hazırlamış olduğu özdeş karelerden oluşan aşağıdaki düzeneği kullanıyor. Öğrenci bu düzenek yardımıyla kromozom için şekildeki dikdörtgeni hazırlamıştır.


Kromozom

Buna göre öğrencinin yapacağı diğer dikdörtgenler;

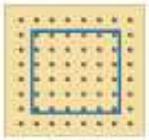
I.


DNA

II.


Nükleotid

III.

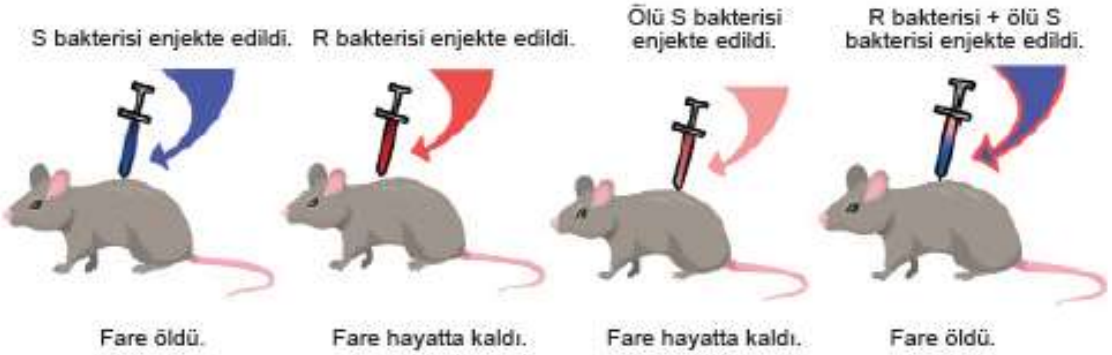

Gen

şekillerinden hangileri gibi olabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız III

C) I ve II D) I, II ve III

13. 1928'de Frederick Griffith, yaptığı bir deneyle genetik molekül olan DNA'yı keşfetmeye yönelik ilk adımlardan birini attı. Canlı farelere R ve S olarak adlandırılan bakteriler enjekte edildi. Bu deneyler sonucunda elde edilen veriler aşağıda gösterilmiştir.



Griffith ölü fareleri daha yakından incelediğinde, R bakterisi + ölü S bakterisi enjekte edilen farelerde R bakterilerinin S bakterilerine dönüştüğünü ve ortamda yalnızca canlı S bakterileri kaldığını gözlemlemiştir.

Bu deneye göre yapılan;

I. Ölü farelerde S bakterileri hayatta kalamaz.

II. Deney sonunda R bakterilerinin genetik yapısı değişmiştir.

III. Deneyin bağımsız değişkeni, enjekte edilen bakteri veya bakteri karışımıdır.

çıkarımlarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III

14. Görseldeki DNA'nın bir bölümünün kendini eşlemesi sırasında ipliklerin birbirinden ayrılması gösterilmiştir.



Eşlenme doğru şekilde tamamlandıktan sonraki durum için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

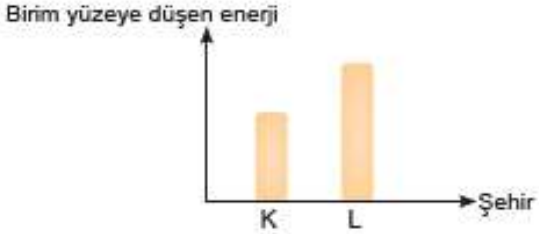
A) Oluşan yeni DNA molekül kesitleri için 12 nükleotid kullanılmıştır.

B) Oluşan yeni DNA molekül kesitlerinin nükleotid dizilimi birbirinin aynısıdır.

C) Oluşan yeni DNA molekül kesitleri için en fazla Timin nükleotidi kullanılmıştır.

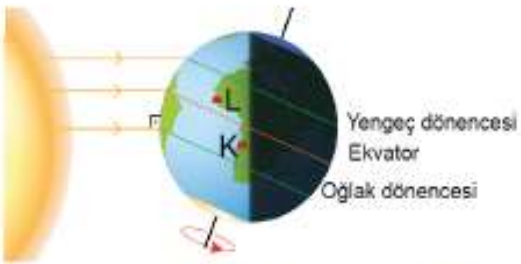
D) Oluşan DNA molekül kesitlerinin her birinde üçer çeşit nükleotid kullanılmıştır.

15. Aşağıda K ve L şehirlerinde birim yüzeye düşen enerji miktarlarını gösteren grafik verilmiştir.

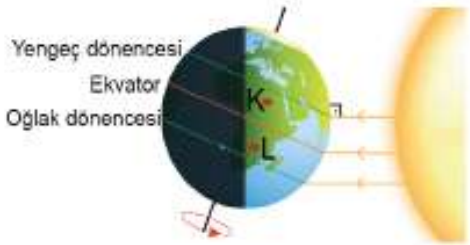


Buna göre aşağıdaki gösterimlerin hangisinde her iki şehirde de öğle vaktinde yapılan ölçümler sonucu grafikte verilen durum elde edilebilir?

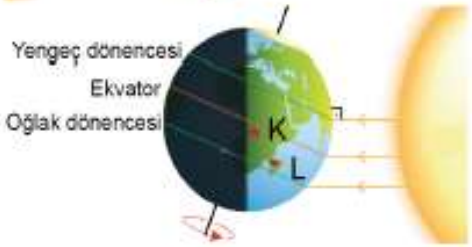
A)



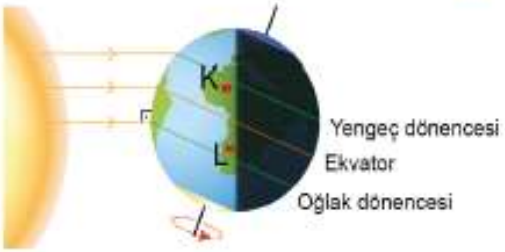
B)



C)



D)



16. Doğan her 100 çocuktan 2'sinde herhangi bir nedene bağlı olarak doğuştan bir anomali saptanırken akraba evlilikleri yapan çiftlerde bu risk yaklaşık iki kat artmaktadır. Bu oran kalıtsal hastalıklar için oldukça yüksek bir risktir.

Akraba evlilikleri aralarında kan bağı olan kişiler arasındaki evliliklerdir. Yakınlık derecesine göre en sakıncalısı, 1. derece kuzen evliliği denilen, teyze, dayı, amca ve hala çocukları arasında yapılan evliliklerdir. Kardeş torunları arasındaki evlilikler ise 2. derece kuzen evlilikleri olup kalıtsal hastalık açısından daha az risklidir.

Buna göre akraba evliliğinden kaynaklanan risk, aşağıdakilerden hangisinde <u>en doğru</u> şekilde açıklanmıştır?

A) Kalıtsal hastalıkların oluşması için alellerin bireyde homozigot hâlde olması gerekir.

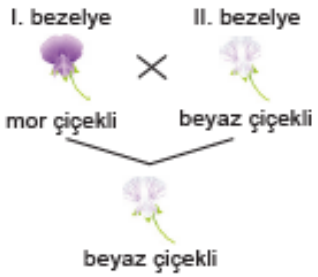
B) Kalıtsal hastalıklara neden olan alellerin bir araya gelme olasılığını artırır.

C) Kalıtsal hastalıklar yalnızca çekinik aleller tarafından taşınır.

D) Kalıtsal hastalık riski yalnızca akraba evliliklerinde bulunur.

17. Çekinik gen, baskın gen ile beraberken etkisini fenotipte gösteremeyen gendir.

Bezelyelerde çiçek renginde baskın ve çekinik genleri belirlemek üzerine araştırma yapan bir araştırmacı aşağıda verilen çaprazlamayı yapmış ve çaprazlama sonucunda beyaz çiçekli bir bezelye elde etmiştir.



Yaptığı çaprazlama sonucunda bezelyelerin çiçek rengi üzerine etki eden genlerin baskın ve çekinik olma durumunu belirleyememiştir.

Buna göre araştırmacı aşağıdakilerden hangisini yaparsa bezelyelerdeki çiçek rengine etki eden genlerin baskınlık çekiniklik durumunu belirleyebilir?

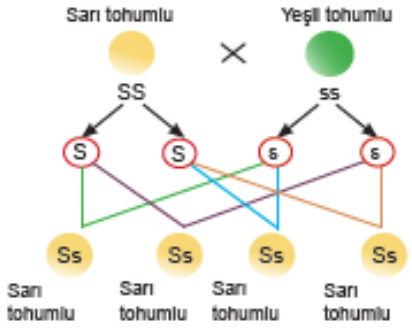
A) I. bezelyeyi mor çiçekli bir başka bir bezelye ile çaprazlayıp beyaz çiçekli bezelye elde ederse

B) II. bezelyeyi yaptığı çaprazlama sonucunda oluşan bezelye ile çaprazlayıp beyaz çiçekli bezelye elde ederse

C) I. bezelyeyi, yaptığı çaprazlama sonucunda oluşan bezelye ile çaprazlayıp mor çiçekli bezelye elde ederse

D) I. bezelyeyi mor çiçekli bir başka bir bezelye ile çaprazlayıp mor çiçekli bezelye elde ederse

18. Bir öğretmen bezelyelerde tohum rengini gösteren aşağıdaki çaprazlamayı yapmıştır. Yaptığı çaprazlamadaki bazı bölümleri ▲ve ● sembolleri ile göstermiştir.



▲ : %100 heterezigot baskın

● : %100 sarı tohumlu

Buna göre öğretmenin semboller ile gösterdiği yere hangi kavramlar yazılmalıdır?

	▲	●
A)	Fenotip	Genotip
B)	Alel gen	Fenotip
C)	Genotip	Baskın gen
D)	Genotip	Fenotip

19. Aşağıda dikdörtgenler prizması şeklindeki kutular kullanılarak nükleotidler modellenmiş ve bir DNA modeli tasarlanmıştır.



Buna göre prizmaların temsil ettiği nükleotidler göz önüne alınarak tasarlanan;

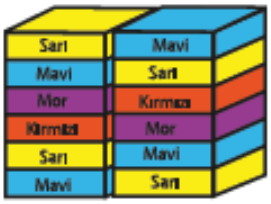
I.



II.



III.



modellerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I, II ve III

20. Aşağıda iklim ve hava olayları ile ilgili bilgiler ve bilgilerin yerleştirileceği bir tablo verilmiştir.

Uzun süreli ortalama verilerdir.

Meteorolog

Kesin sonuçlardır.

Klimatolog

Meteoroloji olarak adlandırılır.

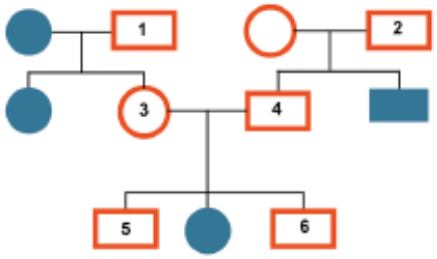
Gün içerisinde yapılan gözlemlere dayanır.

	İklim	Hava Olayı
İlgilenen bilim dalı	I	II
Bu alanda çalışan bilim insanı	III	IV
Gözlem süresi	Uzun süreli ortalama verilerdir.	Gün içerisinde yapılan gözlemlere dayanır.

Bu bilgiler iklim ve hava olaylarıyla ilgili yukarıdaki tabloya doğru şekilde yerleştirildiğinde kaç numaralı kutucuk boş kalır?

A) I B) II C) III D) IV

1. Çekinik alelle yavru bireylere aktarılan bir özelliğin bezelyelerdeki dağılımı aşağıdaki gibidir. Bu özellik sadece taralı bireylerde ortaya çıkmıştır.



Buna göre soy ağacında gösterilen bezelyelerden hangileri homozigot genotipe sahip olabilir?

A) 1 ve 2 B) 3 ve 4
C) 4 ve 5 D) 5 ve 6

2. Gövde uzunluğu bakımından uzun boylu ve kısa boylu iki bezelye bitkisi çaprazlanıyor. Çaprazlama sonucunda elde edilen iki bezelye bitkisinin de uzun boylu olduğu görülmüştür.

Bu çaprazlama ile ilgili yapılan;

I. Çaprazlanan uzun boylu bezelyenin genotipi "UU" şeklindedir.
II. Çaprazlanan kısa boylu bezelyenin genotipi "uu" şeklindedir.
III. Oluşan tüm bezelyelerde kısa boyluluk geni bulunur.

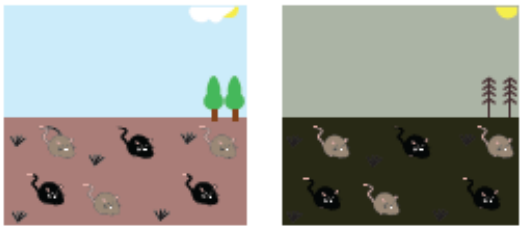
çıkarımlarından hangileri <u>kesinlikle</u> doğrudur?

A) Yalnız II B) I ve III
C) II ve III D) I, II ve III

DENEME SINAVI

3. *Orman yangınları gibi doğal afetler, bir türün belirli üyelerinin bir ortamda ne kadar iyi hayatta kalabileceğini etkileyen güçlü seçici baskılar yaratabilir. Bu felaketler çevreyi önemli ölçüde değiştirir ve doğal kamuflajı yok edebilir.*

Aşağıda siyah ve kahverengi renkli farelerin yaşadığı bölgenin orman yangınından önceki ve sonraki durumları gösterilmiştir.



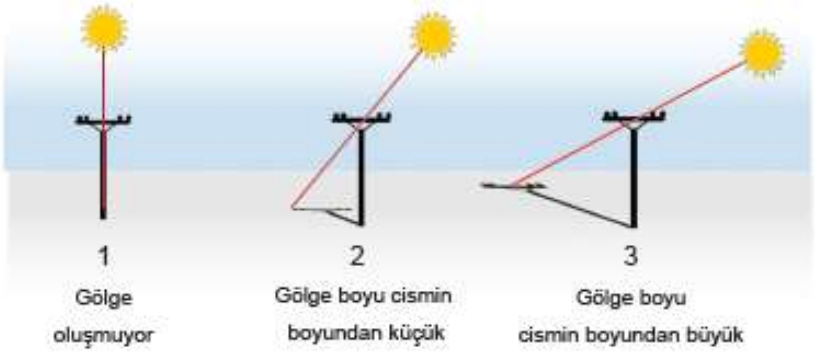
Orman yangını meydana geldikten sonra bu bölgede gerçekleşecek değişimlerle ilgili;

I. Avcıların siyah fareleri yakalaması daha zor olacaktır.
II. Kahverengi fareler, siyah farelerden daha fazla çoğalır.
III. Kahverengi farelerin yiyecek bulma avantajı artacaktır.

tahminlerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve III D) I, II ve III

4. Aşağıda, Dünya üzerinde 1, 2 ve 3 ile numaralı farklı bölgelerde bulunan özdeş elektrik direklerinin 21 Mart tarihinde saat 12.00'deki gölgeleri gösterilmiştir.



Buna göre numaralandırılmış görseller ve ait oldukları bölgeler aşağıdakilerden hangisi gibi olabilir?

	1	2	3
A)	Ekvator	Yengeç Dönencesi	Kuzey Kutbu
B)	Yengeç Dönencesi	Ekvator	Kuzey Kutbu
C)	Yengeç Dönencesi	Kuzey Kutbu	Ekvator
D)	Ekvator	Kuzey Kutbu	Yengeç Dönencesi

5. İklim ve hava olaylarıyla ilişkili kavramların yazılı olduğu kartlar aşağıda karışık olarak verilmiştir.



Bu kartların üzerindeki kavramlara uygun olan sepete atılması gerekmektedir.

Buna göre hangi seçenekteki sepetler doğru kartları içermektedir?





A)	1, 3, 4	2, 5, 6
B)	1, 3, 5	2, 4, 6
C)	2, 4, 6	1, 3, 5
D)	2, 5, 6	1, 3, 4

6. DNA ve Genetik Kod konusu ile ilgili bir oyun tasarlayan Ali, bazı kavramların özelliklerini farklı renklerdeki kağıdın bir yüzüne; Ayşe ise bu kavramlara uygun benzetmeleri kâğıtların diğer yüzüne yazacaktır. Ali'nin yazdığı özellikler ve kâğıt renkleri aşağıda verilmiştir.

Sarı	Organik baz, şeker ve fosfattan oluşur, ismini bulundurduğu organik bazından alır.
Beyaz	Canlının bireysel özellikleri ile ilgili kodları taşıyan DNA parçalarıdır.
Yeşil	Hücrelerde bulunan ve hayatsal faaliyetleri gerçekleştiren yönetici moleküldür.
Mavi	İnsanda 23 çift bulunan, kalıtsal özellikleri taşıyan yapılardır.

Buna göre Ayşe'nin yaptığı benzetimler renklere göre hangi seçenekte doğru olarak gösterilmiştir?

	Sarı	Beyaz	Yeşil	Mavi
A)	Sokak	İl	İlçe	Mahalle
B)	Sokak	Mahalle	İlçe	İl
C)	İlçe	Mahalle	Sokak	İl
D)	İl	İlçe	Mahalle	Sokak

7. Özdeş saksılara dikilen özdeş çuha bitkilerinin birisi 30 °C, diğeri ise 15 °C ortam sıcaklığında yetiştiriliyor. Bir süre sonra bitkiler çiçek açtığında I. düzenekteki çiçeğin beyaz, II. düzenekteki çiçeğin kırmızı renkli açtığı gözleniyor.

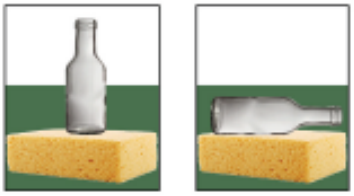
Yapılan bu deneyle ilgili;

I. Çiçek rengi bitkinin genotipine bakılarak belirlenebilir.
II. Deneydeki kontrol değişkeni çiçeklerin rengidir.
III. Sıcaklık, bitkilerde genlerin işleyişini değiştirmiştir.

çıkarımlarından hangilerine ulaşılabilir?

A) Yalnız II B) Yalnız III
C) I ve II D) II ve III

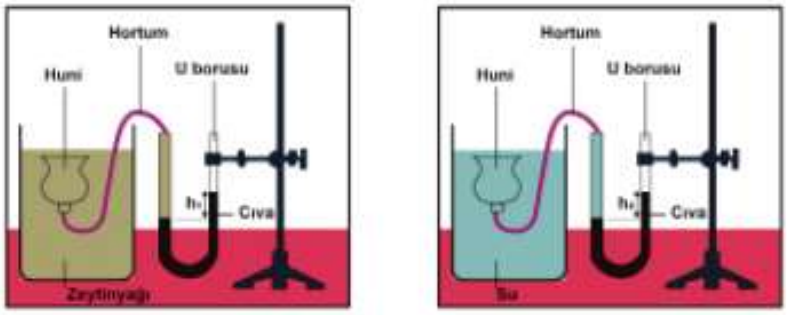
8. Birbiri ile özdeş iki süngerin üzerine bir cisim şekillerdeki gibi konuluyor.



Cisimlerin süngerin üzerine konulma sürecini izleyen ve değişiklikleri gözlemleyen araştırmacının hipotezi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Katı cisimlerin zemine uyguladıkları basınç cisimlerin şekline bağlıdır.
B) Katı cisimlerin ağırlığı değişirse, uyguladıkları basınç da değişir.
C) Katı cisimlerin uyguladıkları basınç süngerin yüzey alanına bağlıdır.
D) Katı cisimlerin uyguladıkları basınç yere temas eden yüzey alanlarına bağlıdır.

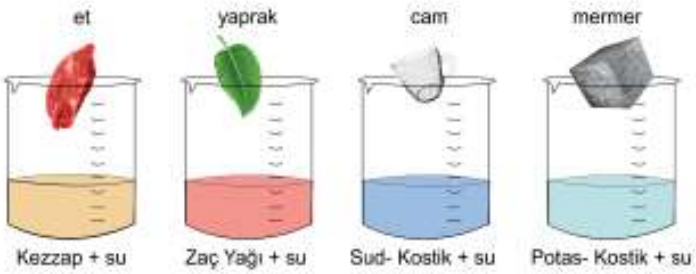
9. Bir öğrenci, bağımsız değişken olarak sıvı yoğunluğunu, bağımlı değişken olarak ise sıvı basıncını seçerek diğer tüm değişkenlerin sabit olduğu bir deney tasarlamıştır. Bu öğrenci, değişkenler arasındaki ilişkiyi test etmek için aşağıda verilen düzenekleri kullanarak 1. kaptaki sıvı yüksekliğini h_1, 2. kaptaki sıvı yüksekliğini h_2 olarak kaydetmiştir.



Bu öğrenci deney sonucunda aşağıdaki verilerden hangilerini elde ederse değişkenler arasındaki ilişkiyi doğru tanımlayabilir?

	1. Kaptaki Huni Derinliği (cm)	2. Kaptaki Huni Derinliği (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)
A)	9	10	9	10
B)	10	10	10	10
C)	10	9	9	9
D)	9	9	9	10

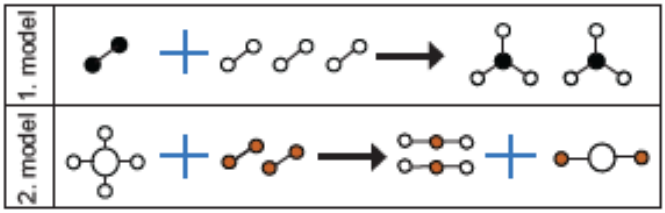
10. Öğretmen laboratuvar ortamında hazırladığı çözeltilerin içine bazı maddeler atarak çözeltilerin maddeler üzerindeki etkilerini gözlemlemek istiyor. Çözeltilerin piyasa adlarını çözelti üzerine yazıp her bir çözelti için bir madde hazırlıyor.



Buna göre hangi kaptaki çözelti ile içine atılan madde arasında kimyasal tepkime <u>gerçekleşmez</u>?

A) Potas-kostik B) Zaç yağı C) Sud-kostik D) Kezzap

11. Buğra öğretmen öğrencilerine oyun hamurları ile iki olaya ait tanecik modeli hazırlatmıştır.



Buğra öğretmen, öğrencilerin hazırladığı tanecik modelleri ile ilgili olarak aşağıda verilen soruları öğrencilerine sorar.

1. Gerçekleşen değişimlerde molekül sayısı korunmuş mudur?
2. Gerçekleşen olaylar sonunda yeni atomlar oluşmuş mudur?
3. Modeller maddelerin hâl değişimine ait olabilir mi?

Bu soruların hepsine doğru cevap veren bir öğrencinin cevapları aşağıdakilerden hangisidir?

A)

1. model	2. model
Evet	Hayır
Hayır	Hayır
Hayır	Hayır

B)

1. model	2. model
Hayır	Evet
Evet	Evet
Hayır	Hayır

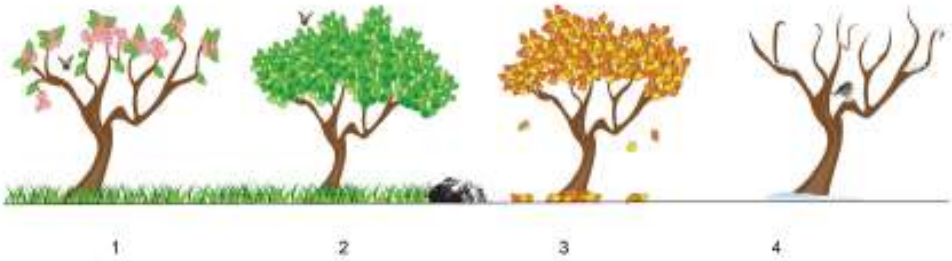
C)

1. model	2. model
Hayır	Evet
Hayır	Hayır
Hayır	Hayır

D)

1. model	2. model
Hayır	Evet
Hayır	Hayır
Hayır	Evet

12. Güney Yarın Küre'de yaşamakta olan bir öğrenci evinin bahçesinde yer alan ağacın mevsimler değiştikçe oluşan görüntüsünü gözlemlemiş ve farklı mevsimlere ait aşağıdaki fotoğrafları çekmiştir.



Buna göre bu öğrencinin bu fotoğrafları çektiği tarihler ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

	Fotoğraf	Çekildiği Tarih
A)	1.	21 Mart
B)	2.	20 Temmuz
C)	3.	21 Nisan
D)	4.	23 Eylül

13. *Bir DNA molekülünde bulunan dört çeşit nükleotidden adenin nükleotidi timin ile guanin nükleotidi ise sitozin ile karşılıklı eşlenir.*

Aşağıda verilen anahtarların her biri gösterilen kilitlerden sadece birini açabilmektedir. Ancak hangi anahtarın hangi kilidi açtığı bilinmemektedir. Anahtarların hangi kilide ait olduğunu belirlemek amacıyla siyah anahtar ile mavi kilit açılmak istenmiş ama başarılı olunamamıştır. Bu işlem sonucunda hangi anahtarın hangi kilidi açtığı belirlenebilmiştir.



Buna göre birbirlerine uyumlu anahtar ve kilitler DNA'da karşılıklı olarak eşleşen nükleotidlere benzetilirse bu yapılar ile oluşturulan aşağıdaki modellerden hangisi doğru olur?

A)



B)



C)

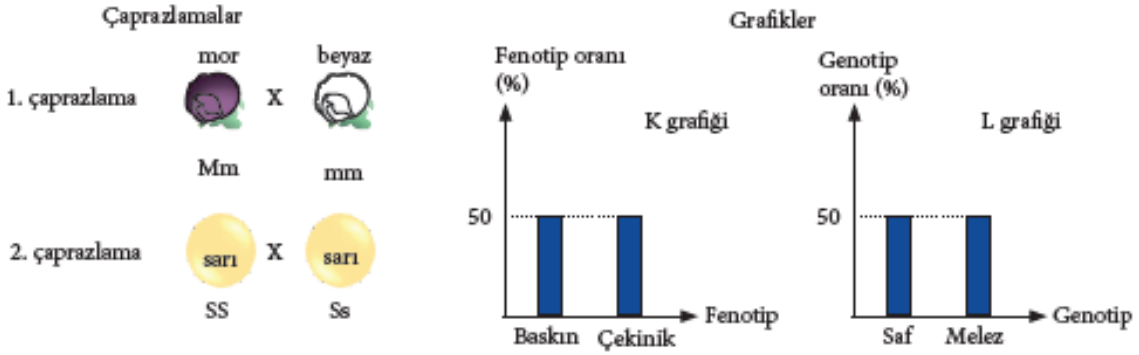


D)



14. *Bezelyelerde mor çiçek aleli beyaz çiçek aleline, sarı tohumluluk aleli ise yeşil tohumluluk aleline baskındır.*

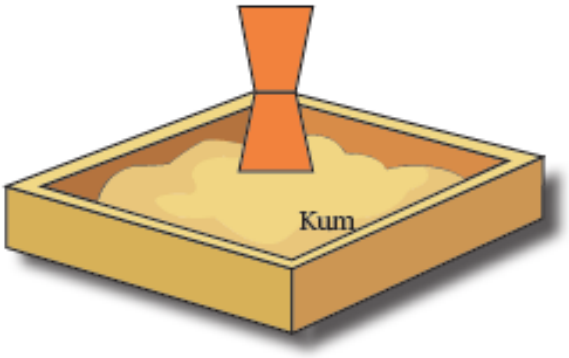
Aşağıda bezelye bitkisine ait çaprazlamalar ve bu çaprazlamalara ait olabilecek bazı grafikler verilmiştir.



Bu çaprazlamalar ve grafikler için yapılan aşağıdaki eşleşmelerden hangisi yanlıştır?

A) 1. çaprazlama - K grafiği
B) 2. çaprazlama – L grafiği
C) 2. çaprazlama – K grafiği
D) 1. çaprazlama – L grafiği

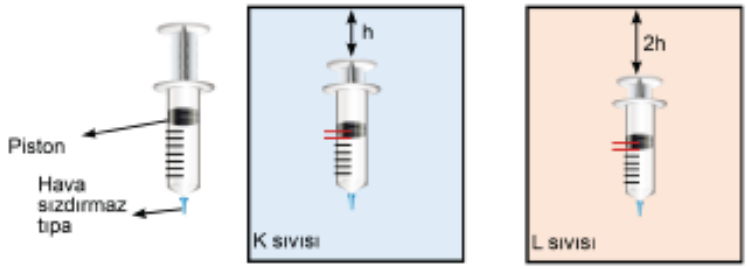
15. Bir öğrenci katı cisimlerin zeminde oluşturduğu basıncın yüzey alanı ile ilişkisini incelemek istiyor. Bunun için özdeş cisimler kullanarak kum zemin üzerine aşağıda verilen düzeneği kuruyor.



Buna göre bu öğrenci kurmuş olduğu düzeneğin yanına özdeş cisimlerden oluşan aşağıdaki sistemlerden hangisini yerleştirirse amacına ulaşır?

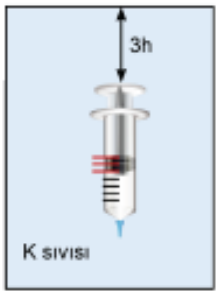
A) 
B) 
C) 
D) 

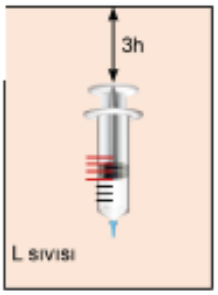
16. İçi hava dolu olan şırınganın ağzı hava geçirmeyen bir tıpa ile kapatılmıştır. Şırınganın üzeri ise aşağıda gösterildiği gibi özdeş birimlere ayrılmıştır. Bu şırınga K ve L sıvılarına sırasıyla h ve 2h derinliklere batırıldığında, pistonların sıkışma miktarları aşağıda gösterilmiştir.

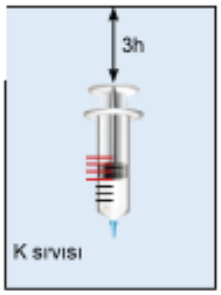


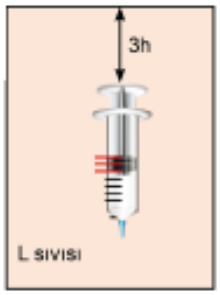
Kaplardaki şırıngalar dibe batırıldığında pistonların gösterdiği çizginin sıvı basıncıyla doğru orantılı olarak değişeceği biliniyor.

Buna göre 3h derinlikte şırıngaların sıkışma miktarlarından hangisi doğru gösterilmiştir?

A)


B)


C)


D)


17. Birçok canlı türünde uygulanan biyoteknolojik yöntemlerle genetiği değiştirilmiş mısır tohumları elde edilmiştir. Genetiği değiştirilmiş mısır bitkileri ile etrafındaki diğer mısır bitkileri arasında biyoteknolojik yöntem kullanılmadan da genetik madde aktarımı gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir.

Bu açıklama doğrultusunda aşağıdaki durumlardan hangisi gözlenebilir?

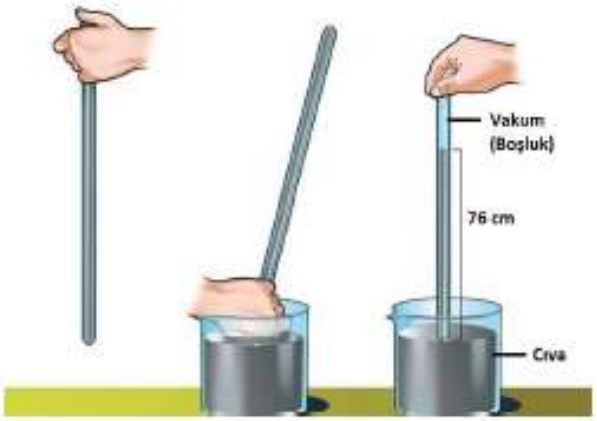
A) Biyoteknoloji çalışmalarıyla üretilen mısır bitkisinde beklenilenden farklı özellikte mısır tohumlarının ortaya çıkması

B) Genetiği değiştirilmiş mısırların, çevrelerindeki diğer canlı türlerinin genetik yapısını beslenme yoluyla etkilemesi

C) Genetiği değiştirilmiş tohumların yetiştirildiği yere yakın ortamlarda, bu uygulamanın yapılmadığı başka mısır bitkilerinden oluşan tohumların da genetiğinin değiştiği

D) Farklı bitki türlerine ait tohumlarda da mutasyonlar sonucu mısır bitkisine benzer özelliklerin ortaya çıkması

18. Aşağıda Torriçelli'nin yapmış olduğu deney görülmektedir. Torriçelli bu deneyinde açık hava basıncının deniz seviyesinde ve 0 °C sıcaklıkta 76 cm'lik cıvanın basıncına eşit olduğunu göstermiştir.



Torriçelli deneyini cıva yerine su kullanarak yapmış olsaydı, aşağıdaki sonuçlardan hangisinin gerçekleşmesi beklenirdi? *(Cıvanın yoğunluğu suyun yoğunluğundan fazladır.)*

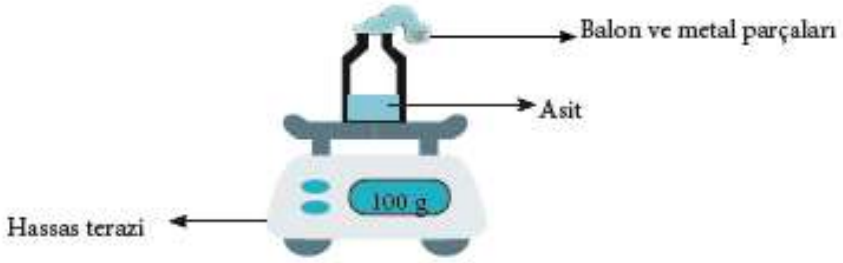
A) Cam borudaki su yüksekliği cıvaya göre daha az olurdu.

B) Cam borudaki su yüksekliği cıva yüksekliği ile aynı olurdu.

C) Cam borudaki su yüksekliği cıvaya göre daha fazla olurdu.

D) Su, cam boru içerisinde yükselmezdi.

19. Aşağıda hassas terazi üzerine konulmuş şişenin içerisinde asit, şişenin ağzına geçirilmiş balonun içinde ise bir miktar metal parçası vardır.



Balon uygun konuma getirilerek içersinde yer alan metal parçaların asit ile karışması sağlanıyor.

Bu olayın bir kimyasal tepkime oluşturduğu bilindiğine göre bu düzenekte;

I. Balonun şişmesi

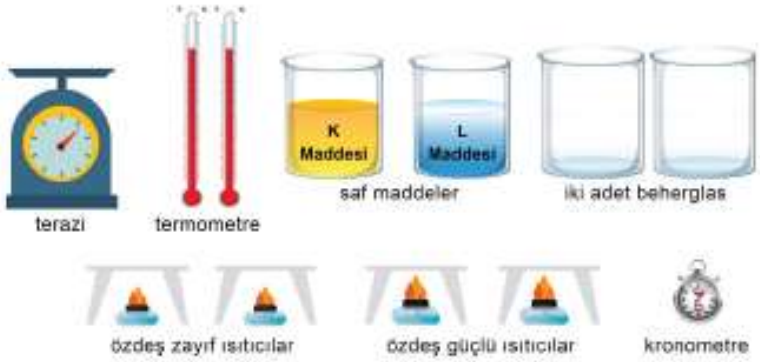
II. Kap içerisinde renk değişiminin gerçekleşmesi

III. Hassas terazinin gösterdiği değerin artması

gözlemlerinden hangileri gerçekleşebilir?

A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III

20. Aşağıda verilen malzemelerle kontrollü deneyler yapılmak istenmektedir.



Test edilmek istenen hipotezlerle kullanılması gereken malzemelerden hangisi yanlış eşleştirilmiştir?

	Hipotez	Malzemeler
A)	Maddelerin ısınma hızı, maddenin miktarına bağlıdır.	K maddesi, terazi, bir güçlü ısıtıcı, bir zayıf ısıtıcı, kronometre, termometre, iki adet beherglas.
B)	Maddelerin ısınma hızı, maddenin cinsine bağlıdır.	K ve L maddeleri, terazi, özdeş zayıf ısıtıcılar, kronometre, termometre, iki adet beherglas.
C)	Maddelerin ısınma hızı, ısıtıcının gücüne bağlıdır.	L maddesi, terazi, bir güçlü ısıtıcı, bir zayıf ısıtıcı, kronometre, termometre, iki adet beherglas.
D)	Maddelerin ısınma hızı, ısıtılma süresine bağlıdır.	L maddesi, terazi, özdeş güçlü ısıtıcılar, kronometre, termometre, iki adet beherglas.

Ek 3. Beceri Temelli Sorularda Bulunan Bilimsel Süreç Becerilerini Değerlendirme Rubriği

Beceri	Açıklama	Seçim Nedenleri
Gözlem yapma	Soru, ilgili ayrıntıların dikkatli bir gözlem gerektirdiği bir senaryo veya açıklama sunar.	Soru, gözlemlerden yola çıkarak belirli özelliklerin veya desenlerin tanımlanmasını ister. Seçenekler, yapılabilecek farklı gözlemleri yansıtır.
Ölçme	Soru, senaryo veya deneyin belirli bir yönünü nicelleştirme veya ölçme işlemini kullanmayı gerektirir.	Soru, uygun bir ölçüm birimi seçimini veya ölçme prensiplerinin uygulanmasını ister. Seçenekler, soruyla ilişkili farklı ölçüm değerlerini veya ölçekleri içerir.
Sınıflama	Soru, benzerliklerine veya farklılıklarına göre gruplandırılması gereken bir dizi öğe veya olay sunar.	Soru, uygun sınıflandırma şemasını veya kriterleri belirlemeyi ister. Seçenekler, olası sınıflandırma sonuçlarını yansıtır.
Verileri kaydetme	Soru, bir deney veya gözlemde toplanan verilerin kaydedilmesini veya temsil edilmesini içerir.	Soru, uygun bir veri kaydetme yöntemi veya formatının seçilmesini ister. Seçenekler, soruyla ilgili farklı veri kaydetme tekniklerini veya formatlarını içerir.
Sayı ve uzay ilişkileri kurma	Soru, verilen durumu analiz etmek için sayısal veya uzaysal kavramları anlamayı ve uygulamayı gerektirir.	Soru, ilgili değişkenler veya öğeler arasındaki farklı sayısal veya uzaysal ilişkileri içeren seçimi ister. Seçenekler, soruyla ilişkili farklı sayısal veya uzaysal ilişkileri yansıtır.
Önceden kestirme	Soru, senaryo veya koşulların verildiği ve öğrencilerin ilgili kavramlarını kullanarak mantıklı bir kestirim yapmalarını gerektirir.	Soru, verilen sorun veya soruya dayanarak en uygun kestirimi seçmeyi ister. Seçenekler, soruyla ilgili farklı olası kestirimleri veya sonuçları yansıtır.
Değişkenleri belirleme	Soru, bir deney veya senaryoda bağımsız ve bağımlı değişkenleri belirlemeyi içerir.	Soru, rolü ve ilişkisi dikkate alınarak doğru değişkenlerin seçimini ister. Seçenekler, karıştırılabilen veya yanlış belirlenebilecek farklı değişkenleri veya faktörleri içerir.

Verileri yorumlama	Soru, bir veri seti veya grafik sunar ve öğrencilerin soruyu yanıtlamak için veriyi analiz etmelerini ve yorumlamalarını gerektirir.	Soru, verilen verilere dayanarak en doğru yorumu veya sonucu seçmeyi ister. Seçenekler, veriden çıkarılabilecek farklı yorumları veya sonuçları yansıtır.
Sonuç çıkarma	Soru, verilen bilgilere dayanarak mantıklı sonuçlar çıkarmayı gerektiren bir durumu veya deneyi sunar.	Soru, verilen soruya veya bilgiye dayanarak en uygun sonucu veya çıkarımı seçmeyi ister. Seçenekler, soruyla ilgili farklı olası sonuçları veya çıkarımları yansıtır.
Hipotez kurma	Soru, bir bilimsel problem veya soru sunar ve öğrencilerin test edilebilir bir hipotez oluşturmalarını gerektirir.	Soru, verilen soruna veya soruya yanıt olarak en uygun hipotezi seçmeyi ister. Seçenekler, sorunu veya soruyu ele almak için oluşturulabilecek farklı hipotezleri içerir.
Verileri kullanma ve model oluşturma	Soru, verilen veri setini analiz etmeyi ve ona dayanarak bilimsel bir model veya temsil oluşturmayı gerektirir.	Soru, verilen veriye dayanarak en doğru modeli veya temsili seçmeyi ister. Seçenekler, verilen veri kullanılarak oluşturulabilecek farklı modelleri veya temsilleri içerir.
Karar verme	Soru, bilimsel prensipler veya kanıtlar temelinde mantıklı bir karar verme gerektiren bir durumu veya senaryoyu sunar.	Soru, en uygun kararı veya eylem yolunu seçmeyi ister. Seçenekler, soruyla ilgili farklı olası kararları veya eylem yollarını yansıtır.
Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	Soru, deneyde veya senaryoda değişkenlerin anlaşılması ve manipülasyonunu gerektirir.	Soru, istenen sonucu elde etmek için doğru değişkeni manipüle etme veya kontrol etmeyi ister. Seçenekler, doğru seçimle karıştırılabilecek farklı değişkenleri veya faktörleri içerir.
Deney yapma	Soru, bir problemin veya bilimsel bir sorunun test edilmesi için bir deneyin tasarlanmasını ve gerçekleştirilmesini gerektirir.	Soru, en uygun deney kurulumunu veya prosedürünü seçmeyi ister. Seçenekler, sorunu veya soruyu ele almak için kullanılabilecek farklı deney kurulumlarını veya prosedürlerini yansıtır.

Ek 4. Araştırma İzni



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİK KURULLARI
(Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etik Kurulu)
TOPLANTI TUTANAĞI

OTURUM TARİHİ
29 Ocak 2021

OTURUM SAYISI
2021-01

KARAR NO 15: Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nden alınan Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı Doktora programı öğrencisi Serhan SARIOĞLU'nun "8. Sınıf Fen Bilimleri Dersinde Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerinin Yapay Zekâ ile Yordanması" konulu tez çalışması kapsamında uygulanacak anket ve ölçek sorularının değerlendirilmesine geçildi.

Yapılan görüşmeler sonunda: Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı Doktora programı öğrencisi Serhan SARIOĞLU'nun "8. Sınıf Fen Bilimleri Dersinde Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerinin Yapay Zekâ ile Yordanması" konulu tez çalışması kapsamında uygulanacak anket ve ölçek sorularının fikri, hukuki ve telif hakları bakımından metot ve ölçeğine ilişkin sorumluluğu başvurucuya ait olmak üzere uygun olduğuna oybirliği ile karar verildi.

T.C.
BURSA VALİLİĞİ
İl Milli Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-86896125-605.01-30157644 26.08.2021
Konu : Serhan SARIOĞLU'nun Araştırma İzni

MÜDÜRLÜK MAKAMINA

İlgi: Milli Eğitim Bakanlığı'nın Araştırma, Yarışma ve Sosyal Etkinlik İzinleri Yönergesi konulu 21/01/2020 tarih ve 1563891 (2020/2) sayılı Genelgesi.

Uludağ Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı Doktora öğrencisi Serhan SARIOGLU'nun *"8. Sınıf Fen Bilimleri Dersinde Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerinin Yapay Zekâ ile Yordanması"* konulu araştırması, Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü Genel Sekreterliğinin 13/08/2021 tarih ve 22958 sayılı yazıları ile bildirilmektedir.

Uludağ Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı Doktora öğrencisi Serhan SARIOGLU *"8. Sınıf Fen Bilimleri Dersinde Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerinin Yapay Zekâ ile Yordanması"* konulu araştırmasını ilimizde uygulama yapma isteği ilimizde oluşturulan "Araştırma Değerlendirme Komisyonu" tarafından incelenerek değerlendirilmiştir. Araştırma ile ilgili çalışmanın **okul/kurumlardaki eğitim öğretim faaliyetleri aksatılmadan, araştırma formlarının ash okul müdürlüklerince görülerek ve gönüllülük esası ile** okul müdürlüklerinin gözetim ve sorumluluğunda ilgi Genelge çerçevesinde uygulanması ayrıca **araştırma sonuçlarının Müdürlüğümüz ile paylaşılması** komisyonumuzca uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görülmesi halinde olurlarınıza arz ederim.

Metin SEZER
İl Milli Eğitim Müdür Yardımcısı

OLUR

Bülent ALTINTAŞ
Vali a.
İl Milli Eğitim Müdürü

Ek 5. Özgeçmiş

ÖZ GEÇMİŞ

Adı-Soyadı	Serhan SARIOĞLU		
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce		
Eğitim Durumu	Başlama - Bitirme		Kurum Adı
Lise	2000	2004	Kuleli Askeri Lisesi - Kaya Beyazıtoğlu Lisesi (YDA)
Lisans	2004	2009	Gazi Üniversitesi
Yüksek Lisans	2015	2019	Gazi Üniversitesi
Doktora	2019	2023	Bursa Uludağ Üniversitesi
Çalıştığı Kurum	Başlama - Ayrılma		Çalışılan Kurumun Adı
1.	2015	-	Millî Eğitim Bakanlığı
2.	2022	-	Bursa İnovasyon Merkezi
3.	2018	2022	Bursa Ölçme Değerlendirme Merkezi
Katıldığı Proje ve Toplantılar	Web destekli STEM öğretmen eğitim programının geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi. Web destekli meslek seçim modelinin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi		
Yayınlar:	Sarıoğlu, S. & Girgin, S. (2020). The effect of using virtual reality in 6th grade science course the cell topic on students' academic achievements and attitudes towards the course. Journal of Turkish Science Education, 17(1), 109-125. Sarıoğlu, S. (2021). Artırılmış gerçeklik eğitiminin fen bilimleri öğretmenlerinin artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumlarına etkisi. Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi, 4(1), 16-28. https://dergipark.org.tr/en/pub/fmgted/issue/61510/882023 Sarıoğlu, S., Kıryak, Z., Ormancı, Ümmühan, & Çepni, S. (2022). Views of STEM-trained Teachers on STEM Education in Türkiye. Journal of STEM Teacher Institutes, 2(2), 39-54. http://jstei.com/index.php/jsti/article/ view/38 Sarıoğlu S, & Çepni, S. (2023). Development of online science process skills test for 8 th grade pupils. Journal of Turkish Science Education, 20(3), in press. Sarıoğlu, S., Yıldız, G., Ormancı, Ü. & Çepni, S. (2021). 4. sınıf fen bilimleri dersi madde ve özellikleri ünitesinde kullanılan bağlam temelli etkinliklere		

ilişkin öğrenci görüşleri: Durum çalışması. Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi, 9(2), 334-360. https://dergipark.org.tr/en/pub/food/ issue/71990/1158036

Ülger, B.B., Ar, M.E. & Sarıoğlu, S. (2022). Bağlam Temelli Soru Yazma Eğitimine Katılan Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Yazılı Sınavlarda Sordukları Soruların İncelenmesi, Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 13(1), 335-353.

Ar, M.E., Sarıoğlu, S., Demir, B. & Yıldız, G. (2023). Examination of 2021 Turkish Central Exam Science Questions in Terms of Science Process Skills. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20(1), 332-351