



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ÖĞRENCİ TANIMA SİSTEMİNİN
TASARIMI VE FARKLILAŞTIRILMIŞ ÖĞRETİMİN KAVRAMSAL
ÖĞRENMEYE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

HÜSEYİN MİRAC PEKTAŞ

EKİM

HÜSEYİN MİRAC PEKTAŞ

**MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

EKİM 2025

**YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ÖĞRENCİ TANIMA SİSTEMİNİN TASARIMI
VE FARKLILAŞTIRILMIŞ ÖĞRETİMİN KAVRAMSAL ÖĞRENMEYE
ETKİSİ**

Hüseyin Miraç PEKTAŞ

**DOKTORA TEZİ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Prof. Dr. Orhan KARAMUSTAFAOĞLU

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2025

Doktora Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Hüseyin Miraç PEKTAŞ tarafından hazırlanan “Yapay Zekâ Destekli Öğrenci Tanıma Sisteminin Tasarımı ve Farklılaştırılmış Öğretimin Kavramsal Öğrenmeye Etkisi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Orhan KARAMUSTAFAOĞLU

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan: Prof. Dr. Haluk ÖZMEN

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Trabzon Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Prof. Dr. Sevilay KARAMUSTAFAOĞLU

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Prof. Dr. Özgen KORKMAZ

Bilgisayar Bilimleri Ana Bilim Dalı, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Doç. Dr. Ömer Faruk ÖZDEMİR

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 15/10/2025

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Hüseyin Miraç PEKTAŞ

15.10.2025

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ÖĞRENCİ TANIMA SİSTEMİNİN TASARIMI VE FARKLILAŞTIRILMIŞ ÖĞRETİMİN KAVRAMSAL ÖĞRENMEYE ETKİSİ

(Doktora Tezi)

Hüseyin Miraç PEKTAŞ

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2025

ÖZET

Çalışmada; fen öğretiminde kavramsal öğrenmeyi verimli bir şekilde yapılandırabilmek için yapay zekâ ile bütünleştirilmiş farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda eğitsel veri madenciliği, öğrenme analitiği ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak öğretim uygulamaları zenginleştirilmiştir. Yapay zekâ araçları, öğrenme stillerini ve kavram yanlışlarını analiz etmek amacıyla kullanılmış, süreç tasarım tabanlı araştırma yöntemiyle yürütülmüştür. Araştırmada üç tasarım aşaması gerçekleştirilmiştir. Öğrenme stillerini belirlemek için Christou'nun Beş Aşamalı Modeli, kavram yanlışlarını belirlemek için Öğrenme Analitiği Döngüsü Modeli ve farklılaştırılmış öğretime yönelik etkinlikleri geliştirme sürecinde ise ADDIE Tasarım Modeli kullanılmıştır. Çalışma üç örneklem grubuyla yürütülmüştür. Birinci grup 8 üniversiteden 522 öğretmen adayını (öğrenme stilleri), ikinci grup 510 öğretmen adayını (kavram yanlışları), üçüncü grup ise Kırıkkale Üniversitesinden 30 öğretmen adayını (farklılaştırılmış öğretim süreci) kapsamaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında, öğretmen adaylarının öğrenme stilleri yapay zekâ algoritmalarıyla belirlenmiştir. KDD Veri Madenciliği Süreci doğrultusunda toplanan nitel veriler Tematik Analiz ve Doğal Dil İşleme yöntemleriyle analiz edilmiştir. En yüksek doğruluk oranı, Çok Katmanlı Algılayıcı, Rastgele Orman ve Karar Ağacı algoritmalarının birleşiminden oluşturulan “Topluluk Modeli”nde elde edilmiştir. Ayrıca yapay zekâ algoritmalarıyla insan uzmanı değerlendirmesi arasındaki kappa (κ) uyum değeri “neredeyse mükemmel” bulunmuştur. İkinci aşamada 510 öğretmen adayının elektrik konusundaki kavram yanlışları analiz edilmiştir. 249 kavram yanlışlığı cümlesi tespit edilmiş ve bu yanlışların literatürle örtüştüğü görülmüştür. En yüksek doğruluk oranı yine araştırmacılar tarafından geliştirilen üçlü Topluluk Modeli’nde elde edilmiştir. Deneysel süreçte 30 öğretmen adayının ön test–son test verileri bağımlı t testiyle analiz edilmiş ve farklılaştırılmış öğretim son test lehine anlamlı fark yaratmıştır. Sonuç olarak, yapay zekâ destekli farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının kavramsal öğrenmeyi geliştirdiği ve kavram yanlışlarını belirlemede yüksek doğruluk sağladığı belirlenmiştir. Bulguların ilgili literatüre ve gelecekteki çalışmalara önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sayfa Adedi : 229

Anahtar Kelimeler : Yapay zekâ, Farklılaştırılmış öğretim, Öğrenme analitiği, Tematik analiz, Kavramsal öğrenme, Öğrenme stilleri, Doğal dil işleme

Danışman : Prof. Dr. Orhan KARAMUSTAFAOĞLU

DESIGN OF AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED STUDENT
RECOGNITION SYSTEM AND THE EFFECT OF DIFFERENTIATED
INSTRUCTION ON CONCEPTUAL LEARNING

(Ph.D Thesis)

Hüseyin Miraç PEKTAŞ

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2025

ABSTRACT

The study aimed to examine the effect of differentiated instruction practices integrated with artificial intelligence (AI) on effectively structuring conceptual learning in science education. In this context, instructional practices were enriched through educational data mining, learning analytics, and machine learning algorithms. AI tools were utilized to analyze learning styles and conceptual misconceptions, and the process was conducted using a design-based research (DBR) methodology. Three design phases were implemented in the study: Christou's Five-Stage Model for identifying learning styles, the Learning Analytics Cycle Model for detecting conceptual misconceptions, and the ADDIE Design Model for developing differentiated instructional activities. The study was carried out with three sample groups: the first consisting of 522 pre-service science teachers from eight universities (learning styles), the second including 510 pre-service teachers (conceptual misconceptions), and the third comprising 30 pre-service teachers from Kırıkkale University (differentiated instruction process). In the first phase, the learning styles of pre-service teachers were identified using AI algorithms. Qualitative data collected through the KDD Data Mining Process were analyzed using Thematic Analysis and Natural Language Processing (NLP) techniques. The highest accuracy rate was obtained with the "Ensemble Model," developed by combining Multilayer Perceptron, Random Forest, and Decision Tree algorithms. The agreement between AI algorithms and human expert evaluations, measured by the kappa (κ) coefficient, was found to be "almost perfect." In the second phase, the conceptual misconceptions of 510 pre-service teachers regarding electricity were analyzed. A total of 249 misconception statements were identified, which were found to be consistent with those reported in the literature. The highest accuracy rate was again achieved using the researchers' triple Ensemble Model. In the experimental process, pre- and post-test data from 30 pre-service teachers were analyzed using the paired-samples t-test, revealing a statistically significant difference in favor of the post-test results. In conclusion, AI-supported differentiated instruction practices were found to enhance conceptual learning and achieve high accuracy in detecting conceptual misconceptions. The findings are expected to make significant contributions to the relevant literature and future research in the field.

Number of pages : 229

Keywords : Artificial intelligence, Differentiated instruction, Learning analytics, Thematic analysis, Conceptual learning, Learning styles, Natural language processing

Supervisor : Prof. Dr. Orhan KARAMUSTAFAOĞLU

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bilimsel araştırma, yalnızca bireysel çaba ile değil; aynı zamanda akademik rehberlik, değerli katkılar ve manevi desteklerle şekillenen ortak bir süreçtir. Elinizdeki bu tez çalışması da pek çok değerli hocamın ve yakınlarımlarımın desteğiyle hayat bulmuştur. En başta akademik sürecimin yanı sıra, hayatın getirdiği zorluklarda sabrı, anlayışı ve sınırsız desteği ile bana güç veren sevgili eşime en derin teşekkürlerimi sunarım. Onun manevi desteği, bu uzun ve yorucu süreçte bana daima motivasyon kaynağı olmuştur.

Tez sürecimin her aşamasında bilgi, tecrübe ve akademik birikimiyle bana ışık tutan çok kıymetli hocam Prof. Dr. Orhan KARAMUSTAFAOĞLU'na en derin şükranlarımı sunarım. Kendisi, yalnızca bir akademik rehber değil; aynı zamanda araştırmacı kişiliğine yön veren ve her zaman yapıcı eleştirileriyle çalışmamı zenginleştiren bir mentör olmuştur. Ayrıca, yol gösterici önerileriyle çalışmamın nitelik kazanmasına yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Harun ÇELİK'e de gönülden teşekkür ederim. Yalnızca bilimsel bir rehber değil; aynı zamanda araştırma sürecinde karşılaştığım zorluklarda yolumu aydınlatan ve bana güven veren bir akademisyen olmuştur. Titizliği ve detaylara verdiği önem, çalışmamın sağlam bir zeminde ilerlemesini sağlamıştır.

Çok değerli hocalarım Prof. Dr. Sevilay KARAMUSTAFAOĞLU ve Prof. Dr. Özgen KORKMAZ'a, akademik yolculuğumda bana verdikleri samimi destek, yönlendirme ve cesaretlendirici yaklaşımları için en içten teşekkürlerimi sunarım. Yerleri bende hep ayrı olmuştur.

Sonradan jüri üyesi olarak tezimde yer alan Prof. Dr. Haluk ÖZMEN ve Doç. Dr. Ömer Faruk ÖZDEMİR'e kısa zamanda büyük etkiler yaratan yapıcı eleştirileri, yol gösterici önerileri ve akademik birikimlerini paylaşımları, çalışmamın çok daha nitelikli bir hâl almasına önemli katkılar sağlamıştır. Çalışmamın uygulama sürecinde her zaman yanımda olan, saha çalışmalarının gerçekleştirilmesinde büyük emek ve destek sağlayan değerli dostum Öğr. Gör. Dr. Yunus KÖKVER'e de ayrıca teşekkür etmek isterim.

Ayrıca zamanından çaldığım sevgili oğlum Miraç Ali'ye de küçük yaşta gösterdiği anlayışı için teşekkür ederim. Son olarak, eğitim hayatım boyunca bana yol gösteren tüm hocalarıma, varlıklarıyla yanımda olduklarını hissettiren aileme ve dostlarıma şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Problem Cümlesi ve Alt Problemler.....	7
1.3. Araştırmanın Amacı ve Gerekçesi.....	8
1.4. Araştırmanın Önemi	10
1.5. Sınırlılıklar.....	10
1.6. Varsayımlar.....	11
1.7. Tanımlar.....	11
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	13
2.1. Kuramsal Çerçeve.....	13
2.1.1. Kavramsal öğrenme	13
2.1.2. Farklılaştırılmış öğretim	15
2.1.3. Farklılaştırılmış öğretim stratejileri	19
2.1.3. Öğrenme stilleri	24
2.1.4. Yapay zekâ.....	27
2.1.5. Kullanılan denetimli öğrenme sınıflandırıcıları.....	33

	Sayfa
2.1.6. Topluluk modeli mimarisi	35
2.1.7. Doğal dil işleme.....	36
2.2. İlgili Araştırmalar	36
2.2.1. Yurt içinde yapılmış araştırmalar	36
2.2.2. Yurt dışında yapılmış araştırmalar.....	43
2.3. Literatür Taramasına Yönelik Sonuç ve Değerlendirme	48
3. YÖNTEM.....	51
3.1. Araştırmanın Modeli.....	51
3.2. Uygulama Süreci.....	53
3.2.1. Analiz.....	55
3.2.2. Birinci döngü	56
3.2.3. Girdi	84
3.2.4. İkinci döngü	84
3.2.5. Sonuç	88
3.3. Veri Toplama Araçları	88
3.3.1. Öğrenme stilleri öneri geliştirme web formu.....	90
3.3.2. Kavram yanılgıları belirleme web formu	94
3.4. Çalışma Grubu	99
3.4.1. Öğrenme stillerini belirlemek için kullanılan çalışma grubu	100
3.4.2. Kavram yanılgılarını belirlemek için kullanılan çalışma grubu	100
3.4.3. Farklılaştırılmış öğretim için kullanılan çalışma grubu.....	100
3.5. Verilerin Analizi	100
3.5.1. Nitel verilerin analizi	101
3.5.2. Nicel verilerin analizi	110

	Sayfa
3.6. Makine Öğrenmesi Modeline İlişkin Rubrik	113
3.7. Kelime Bulutuna Yönelik Verilerin Analizi.....	114
3.8. Kavram Yanılgısı Azalmalarına İlişkin Verilerin Analizi	114
3.9. Araştırmacının Rolü.....	114
4. BULGULAR.....	116
4.1. Araştırmanın Birinci Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular	116
4.2. Araştırmanın İkinci Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular	117
4.3. Araştırmanın Üçüncü Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular.....	120
4.4. Araştırmanın Dördüncü Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular	122
4.5. Araştırmanın Beşinci Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular	124
5. TARTIŞMA	131
5.1. Birinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma.....	131
5.2. İkinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma	132
5.3. Üçüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma	133
5.4. Dördüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma.....	136
5.5. Beşinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma.....	137
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	140
6.1. Birinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler.....	140
6.2. İkinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler	140
6.3. Üçüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler	142
6.4. Dördüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler.....	143
6.5. Beşinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler.....	143
KAYNAKLAR	146
EKLER	173

	Sayfa
EK-1: Geliştirilen Etkinlikler	174
EK-2: Öğrenme Stilleri Web Formu	211
EK-3: Kavram Yanılgıları Web Formu	212
EK-4: Öğrenme Stilleri Karmaşıklık Matrisi	216
EK-5: Kavram Yanılgıları Karmaşıklık Matrisi	217
EK-6: Kavram Yanılgıları Doğruluk Değerleri	220
ÖZGEÇMİŞ	229



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Geliştirilen iki döngülü uygulama süreci.....	53
Çizelge 3.2. Değerlendirme metrikleri.....	63
Çizelge 3.3. Öğretmen adayı öncesi ve ara frekans dağılımları ve değişim	81
Çizelge 3.4. Topluluk modeli uygulama adımları	86
Çizelge 3.5. Farklı uzman sayıları ve uzlaşi düzeylerine göre değerlendirme	89
Çizelge 3.6. Öğrenme stilleri uzman değerlendirme sonuçları.....	91
Çizelge 3.7. Öneri geliştirme rubriği	92
Çizelge 3.8. Uzmanlar arası uyum için Cohen's Kappa değerleri	93
Çizelge 3.9. Kavramsal anlama ölçütü değerlendirme sonuçları.....	95
Çizelge 3.10. Bilimsel doğruluk ölçütü değerlendirme sonuçları.....	95
Çizelge 3.11. Anlaşılabilirlik ölçütü değerlendirme sonuçları	96
Çizelge 3.12. Bilişsel düzey ölçütü değerlendirme sonuçları	96
Çizelge 3.13. Ölçülebilirlik düzey ölçütü değerlendirme sonuçları	97
Çizelge 3.14. Açık uçlu sorular için uzman değerlendirme rubriği.	98
Çizelge 3.15. Açık uçlu sorulara yönelik Cohen's Kappa değerleri.....	98
Çizelge 3.16. Öğrenme stilleri veri kümesi hakkında istatistiksel bilgiler	104
Çizelge 3.17. Kavram yanılgıları veri kümesi hakkında istatistiksel bilgiler	104
Çizelge 3.18. Öğrenme stilleri için oluşturulan kodlar	105
Çizelge 3.19. Karam yanılgıları için oluşturulan örnek kodlar (Kod defteri).....	106
Çizelge 3.20. Format olarak csv'ye dönüştürülmüş öğrenme stilleri temaları	107
Çizelge 3.21. Format olarak csv'ye dönüştürülmüş kavram yanılgısı temaları.....	108
Çizelge 3.22. Kavramsal öğrenme düzeyini belirlemeye yönelik kriterler	111
Çizelge 3.23. Normallik testi	112

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.24. Makine öğrenmesine yönelik oluşturulan rubrik	113
Çizelge 4.1. Öğrenme stillerine yönelik YZ değerlendirme metrikleri	116
Çizelge 4.2. Kavram yanılgılarına yönelik YZ değerlendirme metrikleri	118
Çizelge 4.3. Öğretmen adaylarının öğrenme stilleri	120
Çizelge 4.4. Öğrenme stillerine yönelik insan uzman ve YZ çapraz tablosu	121
Çizelge 4.5. Simetrik ölçüm.....	121
Çizelge 4.6. Öğretmen adaylarının kavram yanılgıları ve frekans dağılımları.....	123
Çizelge 4.7. Kavramsal öğrenme düzeyi ön-test ve son-test bağımlı t testi sonucu.....	124
Çizelge 4.8. Elektrik konusu kavram yanılgılarının değişimi.....	125
Çizelge 4.9. Öğrenme analitiği geri dönüt matrisi	128

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yapay zeka, makine öğrenmesi, sinir ağı ve derin öğrenme	30
Şekil 2.2. Denetimli makine öğrenmesi uygulama süreci.....	32
Şekil 3.1. Tasarım tabanlı araştırma süreci	55
Şekil 3.2. KDD süreç modeli ve aşamaları	60
Şekil 3.3. Öğrenme analitiği kavramsal çerçeve döngüsü	64
Şekil 3.4. Gösterge paneli	65
Şekil 3.5. Doğal dil işleme süreci	67
Şekil 3.6. ADDIE öğretim tasarım döngüsü	68
Şekil 3.7. İnteraktif öğrenme merkezi örnek etkinlik ve simülasyon	69
Şekil 3.8. Laboratuvar öğrenme merkezi örnek etkinlik.....	70
Şekil 3.9. İlgi merkezine yönelik örnek etkinlik ve uygulama görseli	71
Şekil 3.10. Basit kademe için örnek etkinlik ve uygulama görseli	72
Şekil 3.11. Orta kademe için örnek etkinlikler ve uygulama görseli.....	72
Şekil 3.12. Zor kademe için örnek etkinlik ve uygulama görseli	73
Şekil 3.13. Öğrenme istasyonu için örnek etkinlikler ve uygulama görseli	74
Şekil 3.14. Sağlama istasyonu için örnek etkinlikler ve uygulama görseli	75
Şekil 3.15. Alıştırma istasyonu için örnek etkinlikler ve uygulama görseli	76
Şekil 3.16. Uygulama ve proje istasyonları örnek etkinlikler ve uygulama görselleri ..	77
Şekil 3.17. Pilot uygulama sonucu eklenen görsel	80
Şekil 3.18. Proje üretimi örnek etkinlik ve uygulama görseli.....	85
Şekil 3.19. Öğrenme stillerine yönelik Topluluk Modeli Mimarisi	87
Şekil 3.20. Kavram yanılgısına yönelik Topluluk Modeli Mimarisi	87
Şekil 3.21. Tematik analiz yöntemi	102

Şekil	Sayfa
Şekil 3.22. Ön-test histogram grafiği.....	112
Şekil 3.23. Son-test histogram grafiği.....	113
Şekil 4.1. Öğrenme stillerine yönelik YZ sınıflandırıcıları ve doğruluk oranları.....	117
Şekil 4.2.Öğrenme stili kelime bulutları (İşitsel ve Görsel)	122
Şekil 4.3. Öğrenme stili kelime bulutları (Kinestetik).....	122
Şekil 4.4. Birinci soruya verilen örnek ön-test cevapları.....	127
Şekil 4.5. Birinci soruya verilen örnek son-test cevapları	127
Şekil 4.6. Kavram yanılgısı içeren cümle sınıflandırması öğrenme analitiği	129
Şekil 4.7. Bilimsel olmayan/yüzeysel cümle sınıflandırması öğrenme analitiği	129
Şekil 4.8. Bilimsel bilgi içeren cümle sınıflandırmasına yönelik öğrenme analitiği	130

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Kısaltmalar	Açıklama
YZ	Yapay zekâ
DDİ	Doğal dil işleme
MÖ	Makine öğrenmesi
FÖ	Farklılaştırılmış öğretim
KDD	Knowledge discovery databases
BBC	Bilimsel bilgi içeren cümle
BOC	Bilimsel olmayan/yüzeysel cümle
KYC	Kavram yanılgısı içeren cümle
ÇKA	Çok katmanlı algılayıcı
DVM	Destek vektör makinesi
GA	Gradyan artırma
KA	Karar ağacı
k-EYK	k-en yakın komşu
RO	Rastgele orman
LR	Lojistic regresyon
I-CVI	Item-level content validity index
TF-IDF	Terim frekansı- ters doküman frekansı

1. GİRİŞ

Bu bölümde çalışmanın problem durumu, problem cümlesi ve alt problemler, araştırmanın amacı ve gerekçesi, araştırmanın önemi, sınırlılıklar, varsayımlar ve tanımlar yer almaktadır.

1.1. Problem Durumu

Bireylerin çevrelerini anlamlandırma, deneyimlerini düzenleme ve yeni bilgileri zihinsel yapılarıyla bütünleştirme süreçlerinde kavramlar temel bir rol oynamaktadır. Öğrenmenin en önemli yapı taşlarından biri olan kavramlar, bireyin yaşantıları sonucunda edindiği bilgi ve deneyimlerin zihinde örgütlenmesini sağlayarak anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesine zemin hazırlar. Yaşantı sürecindeki deneyimlerimiz sonucunda iki veya daha fazla varlığı ortak özelliklerine göre bir arada gruplayıp diğer varlıklardan ayırt ederek zihnimizde bir düşünce birimi olarak depolarız. Bu düşünce birimlerine kavram denir (Çepni, 2005). Bu kavramların öğretimi kavramsal öğrenme ile gerçekleşir. Kavramsal öğrenme, bireyin yeni bilgileri mevcut bilişsel yapılarıyla anlamlı biçimde ilişkilendirerek zihinsel bir bütünlük oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır (Ausubel, 1968). Bu süreçte öğrenme, yalnızca bilgi ezberleme biçiminde değil, kavramlar arası ilişkilerin kurulması ve anlamlı yapıların oluşturulması yoluyla gerçekleşir. Ausubel'e göre öğrenmeyi etkileyen en önemli etken, öğrencinin halihazırda bildikleridir. Dolayısıyla kavramsal öğrenme süreci, öğrencinin sahip olduğu ön bilgilerin etkinleştirilmesi ve yeni kavramlarla ilişkilendirilmesiyle anlam kazanır (Pektaş ve Karamustafaoğlu, 2025). Kavramsal öğrenme süreci kişilerin yaşı, dil gelişimi, zihinsel gelişim düzeyi, farkındalık düzeyi, öğrenmeye yönelik isteklilikleri, algılamada esneklikleri, önceki kavram öğrenme deneyimleri, öğrenme fırsatları, sağlanan rehberlik hizmetleri, kitle iletişim araçları ve toplumsal sınıf farklılıkları gibi birçok etmenden etkilenmektedir (Manocha ve Narang, 2004). Bu temel etmenlere eklenen başka bir dizi etmen daha, yalnızca kavram öğrenmenin niteliğini etkilemekle kalmayıp, kavram yanılgı ve karmaşalarına da yol açarak, kişinin bütün bir yaşamını belirleyebilmektedir. Akademik yaşamda, öğrenme öğretme süreçlerinin en temel sorun ve engellerinden olan kavram yanılgı ve karmaşaları, büyük ölçüde öğretim öncesi öğrenilmiş kavramlara dayalıdır.

Fen müfredatındaki olaylar birçok türde somut kavramdan oluşur. Öğrenciler bu kavramları bilim insanları gibi anlamazlarsa, bu durum yanlış kavramlar, önyargılar ve alternatif kavramlar (Lee ve Law, 2001) olarak tanımlanır ve çoğunlukla örgün eğitimden önce

kavranır (Osborne ve Freyberg, 1985). Çoğu durumda, öğrenciler bilimsel kavramları matematiksel denklemlerle anlamaya çalışırlar. Akım, direnç ve voltaj gibi kavramları açıklamak için kullanılan formüller çoğunlukla yanlış ifade edilmiştir (Caillot ve Nguyen-Xuan, 1995). Elektrik, akım, enerji, güç, voltaj ve yük birbirinin yerine kullanılmaktadır (Borges ve Gilbert, 1999). İlgili literatür, öğrencilerin elektrik konusunda genel olarak ciddi öğrenme güçlükleri yaşadıklarını (Chambers ve Andre, 1997; Engelhardt ve Beichner, 2004; Khwanda ve Kriek, 2020; Suryadi, Kusairi ve Husna, 2020) ve resmi talimatlardan sonra bile çeşitli kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermektedir (Caymaz, 2020; Borges ve Gilbert, 1999; Engelhardt ve Beichner, 2004; Jaakkola ve Nurmi, 2008; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2004; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakulah, 2007; Lee ve Law, 2001; Schaefer ve McDermott, 1999). Elektrikle ilgili yanlış algılamalar üzerine yapılan çalışmalar, basit elektrik devreleri, elektrik devrelerinde akan akım ve özellikle basit devrelerdeki ampullerin parlaklığı üzerine odaklanmıştır (Driver, Squires, Rushworth ve Robinson, 1994; Osborne ve Freyberg, 1985;). Öğrenciler, makro düzeyde devre elemanları ile mikro düzeyde elektrik yüklerinin birbirleri üzerindeki etkisinin ilişkisini anlayamamışlardır (Gutwill, Frederiksen ve White, 1999). Ayrıca, bazı çalışmalar öğretmenlerin elektrik konusunda farklı yanlış anlamalara sahip olduğunu vurgulamaktadır (Pardhan ve Yasmeen, 2001; Smith ve Nel, 1997;). Öğrencilerin elektrikle ilgili kavramları ilkokul (Akdeniz, Bektaş ve Yiğit, 2000; Çepni, Aydın ve Ayvaci, 2000), ortaokul (Sencar ve Eryılmaz, 2004; Sencar, Yılmaz ve Eryılmaz, 2001) ve üniversite düzeylerinde (Azar, 2001; Çepni, Ayvaci ve Keles, 2000) incelenmiştir.

Kavram yanlışlarının nedenleri ne olursa olsun, öğrencilerin öğrenme sürecinde önemli bir engel teşkil etmektedir. Kuczmann'a (2017) göre birçok çalışmada, öğrencilerin edindikleri bazı kavramların bilimsel bilgi ile tutarlı olmadığı belirtilmiştir. Bunun nedeni, öğrencilerin bu kavramları yapılandırmanın doğruluğuna inanmaları ve bunları değiştirmeye direnç göstermeleridir. Bu inançların değiştirilmesi, üzerinde durulması gereken bir öğretim sürecini gerektirmektedir (Demirezen, Yılmaz ve Ince, 2023). Öğrencilerin tercih ettikleri öğrenme-öğretme yaklaşımları, öğretimsel uygulamalara verdikleri tepkiler, sahip oldukları kişisel özelliklere göre değişmektedir (Şen ve Yılmaz, 2012). Öğrencilerin kavram yanlışlarına düşmeden kavramları anlamlı bir şekilde yapılandırmaları, öğrenme-öğretme ortamlarındaki bu bireysel farklılıklara dayanmaktadır ve bu bireysel farklılıklardan biri de öğrencilerin bilgiyi algılama ve işleme konusundaki bireysel tercihleri olarak bilinen öğrenme stilleridir (Şen ve Yılmaz, 2012). Öğrencilerin öğrenme ortamını algılamalarında,

bu ortamla etkileşimlerinde ve verdikleri tepkilerde önemli olan bireysel özellikleri ve tercihleri olarak tanımlanan öğrenme stilleri için literatürde pek çok tanıma rastlanmaktadır. Grasha'ya (1996) göre öğrenme stili, bireyin bilgiyi algılama yeteneğini, akranları ve öğretmenleriyle olan ilişkilerini ve öğrenme deneyimlerine katılımını etkileyen bireysel özelliklerdir. Kolb'a göre öğrenme stili, bilginin çıkarılması ve işlenmesinde bireysel olarak tercih edilen yöntemdir (Kolb, 1981).

Okuldaki öğrencilerin öğrenme stillerini belirlemek bir öğretmenin sorumluluğu olarak kabul edilir (Shenoy ve Shenoy, 2013). Öğrencilerin öğrenme profilini çıkarmak, öğretmenin öğrencilerin bilgiyi nasıl edindiklerine dair daha iyi bir bakış açısı kazanmasını sağlar (Malacapay, 2019). Ayrıca, eğitim kurumlarında öğrenme stilleri hakkında bilgi sahibi olmak, öğrenciler arasındaki öğrenme sorunlarının çözülmesine yardımcı olur ve öğrencilerin daha iyi öğrenenler olmalarını sağlar (Sarabi-Asiabar vd., 2014). Öğrencilerin motivasyonu artırmak ve performansını iyileştirmenin yanı sıra tercih ettikleri öğrenme stillerini karşılamak için öğretim yöntemlerini güncellemek, uygun hale getirmek ve etkinliklerini değerlendirmek önemlidir (Norman, 2009). Öğrenciler bilgiyi görme, duyma, düşünme, eyleme geçirme ve hayal gücü gibi kendi tarzlarında edindikleri ve işledikleri için öğretimin farklılaştırılması önemlidir (Jaques ve Salmon, 2006). Farklılaştırılmış öğretim (FÖ), okulların farklı öğrenci topluluklarının ihtiyaçlarını karşılama girişimi olarak yeni sınıf öğretim modelini temsil etmektedir (Malacapay, 2019).

FÖ, esnek, adil ve akıllı bir öğretim ve öğrenme yöntemi olarak tanımlanır (Fox ve Hoffman, 2011). FÖ, öğretmenlerin farklı öğrenme etkinlikleri ve farklı içerikler sunmalarına ve her çocuğun ihtiyaçlarını karşılamak için farklı değerlendirme yöntemleri benimsemelerine olanak tanır (Thousand, Villa ve Nevin, 2007). Başka bir deyişle, öğretmenlerden anaokulundan üniversiteye kadar her öğrencinin öğrenme içeriğinin, sürecinin ve ürününün niteliğine ilişkin açıklayıcı kararlar almaları beklenir (Algozzinea ve Anderson, 2007). Fox ve Hoffman (2011) 'farklılaştırılmış değerlendirme', 'kapsayıcılık', 'öğrenci merkezli' gibi çeşitli alternatif kavramları sıralamaktadır. Diğer kavramsallaştırmalar ise 'bireyselleştirilmiş öğretim' (Hattie, 2009), 'uyarlanabilir öğretim', 'kişiselleştirilmiş öğrenme' (Waxman, Alford ve Brown, 2013), 'müdahaleye yanıt' (Dalhouse vd., 2009) şeklindedir. FÖ, (1) öğrenci çeşitliliğiyle başa çıkarak; (2) özel öğretim stratejileri benimseyerek; (3) öğrenme faaliyetlerinde çeşitliliğe başvurarak; (4) bireysel öğrenci ihtiyaçlarını izleyerek ve (5) optimum öğrenme çıktılarını takip ederek öğrencilerin

çeşitliliğine uyum sağlayan öğretimsel bir yaklaşımdır (Suprayogi ve Valcke, 2016). Mevcut araştırmalar FÖ'nün olumlu etkisini göstermektedir. FÖ uygulamaları; öğrenciler için daha yüksek akademik puanlar (Tulbure, 2011), geleneksel öğretim tarzına kıyasla daha iyi genel performans (Beloshitskii ve Dushkin, 2005), öğretmenler için olduğu kadar öğrenciler için de daha yüksek katılım, ilgi ve memnuniyet (Johnsen, 2003), daha motive ve hevesli öğrenciler (McAdamis, 2001) ve öğrenci potansiyelinin en üst düzeye çıkarılmasına yardımcı olmuştur (Wilujeng, 2012).

Günümüz sınıflarında öğrenci çeşitliliğiyle başa çıkma çabası kaçınılmaz görünmektedir (Subban, 2006; Tomlinson ve diğerleri, 2003). Giderek daha fazla sayıda öğrenci, öğrenme tarzı, motivasyon, yetenek, ihtiyaç ve ilgi gibi daha fazla çeşitliliğe sahiptir. Bu öğrenci çeşitliliği okul performansını zorlar ve uygun öğretim yaklaşımları gerektirir. Okullar ve öğretmenler farklı gelişimsel ihtiyaçlara ve bireysel öğrenenlerin değişen seviyelerine uyum sağlama sorumluluğuna sahiptir (George, 2005). Tek beden herkese uyar öğretim yaklaşımı, tüm öğrencilere eşit şekilde davranılabileceği varsayımına dayanır ve öğrencilerin farklı ihtiyaçlarını göz ardı eder (Fox ve Hoffman, 2011; Subban, 2006). Bunun tersine, FÖ yaklaşımından öğrenciler arasındaki farklılıkları dikkate alması ve onların güçlü yönlerini kabul etmesi beklenir (George, 2005; Subban, 2006; Tomlinson vd., 2003).

Öğrenci farklılıklarını karşılamak zorlayıcıdır, çünkü bu farklılıklar öğrencinin ilgi alanları, öğrenme stilleri, gelişim düzeyi, öğrenme hızı, yetenekleri, kültürel geçmişi, dil düzeyi, tutumları, düzenleme yaklaşımları vb. gibi çeşitli öğrenci özellikleriyle ilişkili olabilir (Moore, 2005). FÖ; çeşitli öğrenme stillerine sahip her tür öğrencinin zorlanmasını ve zorlanan öğrencinin kendi kendine yeten, kendine güvenen ve yetkin bireyler haline gelmesini sağlayarak öğrencilerin akademik performansını geleneksel bir ders yöntemine maruz kalanlara göre daha fazla artırır (Ferrier, 2007; Leonardo, Nivera ve Reyes, 2015; Tieso, 2005). Bu aynı zamanda önemlidir çünkü öğrenciler bilgiyi görme ve işitmenin yanı sıra yansıtma ve eylem, düşünce, analiz ve hayal gücü gibi çeşitli yollarla işler ve edinir (Jaques ve Salmon, 2006). Sunulan argümanlara göre, öğretimin farklılaştırılması, öncelikle öğrencilerin tercih ettikleri öğrenme stillerinin belirlenmesiyle daha iyi bir şekilde gerçekleştirilebilir (Othman ve Amiruddin, 2010). Son yıllarda araştırmacılar bilgisayar tabanlı eğitim sistemlerinde öğrenme stillerini dikkate almaya başlamışlardır ve ders içeriklerini öğrencinin öğrenme stiline göre uyarlayabilen sistemler bulunmaktadır (Carver, Howard ve Lane, 1999; Gilbert ve Han, 1999; Paredes ve Rodriguez, 2004). Kişiselleştirme,

son birkaç on yıldan beri bilgi işlemin bir parçası olmuştur ve şu anda geliştirilmekte olan her sistem, kullanıcılara bir tür kişisel dokunuş sağlamaktadır (Rasheed ve Wahid, 2021). Bu sistemlerde, öğrenme materyalleri her öğrencinin öğrenme stiline en uygun şekilde sunulur ve bu stil genellikle önceden tanımlanmış bir anket aracılığıyla değerlendirilir. Ancak, uzun anketleri cevaplamak zaman alıcı bir iştir ve öğrenciler her zaman bunu yapmak istemezler ve sonuç olarak sonuçlar güvenilir hale gelir (Stash ve De Brau, 2004; Yannibelli, Godoy and Amandi, 2006). Ayrıca anketler derinlemesine zengin yorum ve açıklamalar sağlayamamaktadır (Howell, 2012). Bu bağlamda Howell'a (2012) göre, anket kullanırken araştırmanın bağlamı kaybolabilir; derinlemesine bir anlayıştan ziyade dar bir açıklamayla baş başa kalırız. Anketlerin genellikle 100'den fazla madde içermesi, öğrencilerin soruları yanıtlamasını sıkıcı hale getirmesi veya öğrencileri keyfi olarak yanıtlamaya teşvik etmesi nedeniyle eleştirilmektedir (Márquez, Rodríguez, Lugo, Castro ve Kono, 2015). Bu dezavantajların üstesinden gelmek amacı ile öğrencilerin öğrenme stilini otomatik olarak belirlemek için akıllı teknikler kullanan bir yöntem olmalıdır. Bu yöntemlerden biri de Yapay Zekâ (YZ) uygulamalarıdır. Araştırmalar, öğrencilerin bir öğrenme sistemindeki davranışlarından öğrenme stillerini belirleyen YZ destekli otomatik yaklaşımlara odaklanmıştır (Bernard, Chang, Popescu ve Graf, 2017; Fatahi, Moradi ve Farmad, 2015; Liyanage, Gunawardena ve Hirakawa, 2016; Rasheed ve Wahid, 2021; Sheeba ve Krishnan, 2019).

Tomlinson'a (2000) göre, FÖ ortamlarında öğrencilerin öğrenme tercihlerini dikkate alarak düzenlenen dersler ile öğrencilerin kavram yanılgılarının önüne geçilmesi hedeflenmektedir. FÖ'de amaç, her öğreneni öğrenme sürecinde desteklemek ve gelişimini mümkün olan en üst seviyeye çıkarmaktır (Hall, Strangman ve Meyer, 2014). Bu amaca yönelik olarak teknolojinin öğretim yaklaşımlarına entegre edilmesi, öğretimin geliştirilmesinde en etkili stratejilerden biri haline gelmiştir (Krishan ve Al-rsa'i, 2023). Dolayısıyla eğitim sistemini güçlendirebilecek en umut verici teknolojilerden biri YZ uygulamalarıdır (Sitopu, Khairani, Roza, Judijanto ve Aslan, 2024; Guna, Yuwantiningrum, Firmansyah ve Aslan, 2024). Komba ve Shuki'ye (2023) göre YZ ve Makine Öğrenimi'nin ortaya çıkmasından bu yana yaklaşık 10 yıldır eğitim teknolojisinde önemli bir gelişme olmuştur. Otomatik değerlendirme için DDİ'nin kullanımı artmaktadır ve öğretim sürecini hem iyileştirmeyi hem de kişiselleştirmeyi amaçlayan akıllı öğretim sistemleri alanında büyüyen bir faaliyet olduğu görülmektedir (Komba ve Shuki, 2023).

Literatürde, kullanıcıların öğrenme stillerinin ve kavram yanlışlarının otomatik olarak belirlenmesine yardımcı olan bilgisayar sistemleri oluşturmaya yönelik çeşitli girişimleri rapor edilmektedir (Demirezen vd., 2023; Feldman, Montaserin ve Amandi, 2014; Graf, Shuk ve Liu, 2008; Kökver, Pektaş ve Çelik, 2025). Geleneksel yöntem, öğrenme stilleri için öğrencilere uygulanan anketlerin ve kavram yanlışları için ise açık uçlu soruların ve teşhis testlerinin kullanımına dayanmaktadır. Tipik olarak geçerli ve güvenilir olmalarına rağmen, bu tür ölçme aracı kullanmanın önemli dezavantajları vardır. Birincisi, öğrenciyi gerçek öğrenme görevinden uzaklaştırır. İkincisi, bu tür ölçme araçları bazen çeşitli faktörler nedeniyle öğrenme stillerini belirlemede öğrencileri yanlış tanımlayabilir. Bir öğrencinin anketin önemini algılaması, soruları fazla düşünmeden çok hızlı bir şekilde cevaplayabileceği için öğrenme stillerinin yanlış tanımlanmasına yol açabilir. Kavram yanlışlarının tespit edilmesinde kullanılan ölçme araçlarının objektif bir değerlendirmesinin olmayışı ve çok zaman alması önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir.

YZ'nin eğitimdeki ilerlemesi, değişiklikler ve yeni buluşlar getirdiği için etkileyicidir. YZ'nin kullanımı söz konusu olduğunda henüz erken aşamalarda olursa da teknolojiden yararlanmak için sayısız fırsat bulunmaktadır; gelecekte daha kişiselleştirilmiş, etkili ve kapsayıcı bir eğitim mümkün olacağından, öğrenme ve öğretme yaklaşımlarını büyük ölçüde yeniden tanımlayacağına şüphe yoktur (O'Neil-Gonzalez, Clobes, Mitra ve Kudale, 2023). YZ'nin öğrenme sürecine entegrasyonu, eğitime önemli ve çok yönlü etkiler getirmiştir. En belirgin etkilerden biri, öğrenme deneyimlerinin kişiselleştirilmesidir. YZ, eğitim sistemlerinin bireysel öğrenme verilerini gerçek zamanlı olarak analiz etmesini, her öğrencinin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemesini ve öğretim materyallerini ve yöntemlerini özel ihtiyaçlarına göre uyarlamasını sağlar (Segbenya vd., 2023). Bu durum, her öğrencinin kendisine en uygun hızda ve tarzda öğrenebildiği, öğrenmede daha etkili ve verimli bir yaklaşımla sonuçlanır. Bu yaklaşımlardan birisi Öğrenme Analitiği döngüsüdür. Öğrenme Analitiği büyük veri ile ortaya çıkan büyük zengin veri kaynaklarının yeni araç ve teknikler geliştirerek yakalama, elde etme, depolama ve elde edilen büyük miktardaki dijital veri içerisindeki örüntüleri bulma; elde edilen bilgiyi genellenebilir ve işlevsel bir şekilde temsil etme; son olarak ise bu bilgileri öğrenme süreçlerini iyileştirme ve kişiselleştirme için kullanması şeklinde tanımlanmaktadır (Martin ve Sherin, 2013). Sonuç olarak, Öğrenme Analitiği ve YZ ile desteklenmiş bir öğretim sürecinde materyali anlama ve akılda tutma düzeyi artarken, geleneksel eğitim sistemlerinde sıklıkla ortaya çıkan hayal kırıklığı ve can sıkıntısı en aza indirilebilir (Gong, Liu, Xue, Li ve Meng, 2023). Ayrıca YZ tabanlı

değerlendirme sistemleri daha hızlı ve daha ayrıntılı geri bildirim sağlayabilir ve zaman içinde öğrenci ilerlemesini daha kapsamlı bir şekilde izleyebilir (Tuomi, 2024).

Çalışma, literatürde yer alan kavramsal öğrenme, öğrenme stilleri ve farklılaştırılmış öğretim yaklaşımlarını yapay zekâ destekli sistemlerle bütünleştirmesi bakımından özgün bir nitelik taşımaktadır. Mevcut çalışmalar, genellikle kavram yanlışlarının tespiti için açık uçlu sorular veya teşhis testleri; öğrenme stillerinin belirlenmesi için ise öz-bildirim temelli anketlere dayanmaktadır. Ancak bu geleneksel yöntemler, öğrencileri gerçek öğrenme süreçlerinden uzaklaştırmakta, zaman alıcı olmaları ve öznel değerlendirmelere dayanması nedeniyle güvenilirliği sınırlamaktadır. Çalışma, bu sınırlılıkları aşarak, öğrencilerin öğrenme davranışlarını doğrudan analiz eden, YZ destekli otomatik öğrenme stili tanıma ve kavram yanlışları tespit sistemi geliştirmeyi hedeflemektedir. Çalışma öğrencilerin bireysel öğrenme farklılıklarını ve kavramsal güçlüklerini gerçek zamanlı ve nesnel biçimde belirleyebilen, öğretimi buna göre dinamik olarak farklılaştıran bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, kavramsal öğrenme sürecinde bireyselleştirilmiş öğretimi güçlendiren, FÖ yaklaşımını veri temelli hale getiren ve öğrenme analitiği döngüsünü doğrudan öğretim uygulamalarıyla bütünleştiren yenilikçi bir model sunmaktadır.

1.2. Problem Cümlesi ve Alt Problemler

Bu çalışmanın temel problemini, Fen öğretiminde kavramsal öğrenmenin verimli bir şekilde yapılandırabilmek için YZ ile bütünleştirilmiş FÖ uygulamalarının öğretmen adaylarının elektrik konusuna yönelik kavramsal öğrenmelerine etkisi nasıldır? sorusu oluşturmaktadır. Çalışma sürecinde bu problem ve kapsamında aşağıdaki alt problemlere cevap aranmıştır.

Bu problem durumundan yola çıkarak oluşturulan alt problemler;

1. Öğretmen adaylarının öğrenme stillerini tahmin etmek için kullanılan, doğruluk oranının en yüksek olduğu YZ algoritması hangisidir?
2. Öğretmen adaylarının kavram yanlışlarını tahmin etmek için kullanılan, doğruluk oranının en yüksek olduğu YZ algoritması hangisidir?
3. Tasarlanan YZ destekli öğrenci tanıma sisteminin başarımlı düzeyi nedir?

4. Öğretmen adaylarının elektrik konusuna yönelik kavram yanlışları nelerdir?
5. FÖ uygulamalarının kavramsal öğrenme üzerine etkisi nedir?

1.3. Araştırmanın Amacı ve Gerekçesi

Bireylerin çevrelerini anlamlandırma ve yeni bilgileri mevcut bilişsel yapılarıyla ilişkilendirme süreçlerinde kavramlar temel bir rol oynamaktadır. Kavramsal öğrenme, öğrencilerin yeni bilgileri anlamlı biçimde yapılandırarak zihinsel bütünlük oluşturmalarını sağlar ve eğitimde anlamlı öğrenmenin temelini oluşturur (Ausubel, 1968; Çepni, 2006). Ancak öğrencilerin kavram yanlışları, öğrenme süreçlerinde önemli bir engel teşkil etmektedir (Demirezen, Yılmaz ve Ince, 2023; Kuczmann, 2017). Öğrencilerin bireysel öğrenme farklılıkları ve öğrenme stilleri, kavramsal öğrenmenin etkinliğini doğrudan etkilemekte; FÖ yaklaşımları ise bu farklılıkları dikkate alarak öğrencilerin öğrenme süreçlerini optimize etmektedir (Hall, Strangman ve Meyer, 2014; Tomlinson, 2000). Ayrıca bu sürece YZ destekli öğrenme analitiklerini entegre etmek kavramsal öğrenmeye katkı sunmaktadır. Özellikle sistemin öğrencilerin kavram yanlışlarını erken tanımlayabilmesi, öğretmenlere ve öğrencilere hedeflenmiş geri dönütler sunarak kavramsal hataların fark edilmesini sağlamaktadır. Bu durum, öğrencinin mevcut bilgi yapısının yetersizliğini fark etmesine ve bilimsel bilgiyle bilişsel çatışma yaşamasına zemin hazırlamaktadır. Ayrıca öğrenme analitiği ile desteklenen geri dönütler, bireyin kendi düşünme süreçlerini izlemesine ve öğrenmesini düzenlemesine yardımcı olmaktadır. YZ destekli öğrenme analitiği uygulamaları öğretmene kanıta dayalı öğretimsel kararlar alma olanağı sunarak öğretim sürecini veriye dayalı biçimde farklılaştırılabilmektedir.

Dolayısıyla çalışmanın temel amacı, fen öğretiminde öğrencilerin kavramsal öğrenme süreçlerini desteklemek için YZ destekli öğrenme analitikleri ile bütünleştirilmiş FÖ uygulamalarının etkisini incelemektir. Çalışma kapsamında, öncelikle öğretmen adaylarının öğrenme stilleri ve elektrik konusuna ilişkin kavram yanlışları YZ algoritmaları aracılığıyla otomatik olarak belirlenmiş, ardından elde edilen bulgular doğrultusunda farklılaştırılmış öğretim temelli etkinlikler geliştirilmiştir. Böylece öğretmen adaylarının kavram yanlışlarının giderilmesi ve anlamlı öğrenmenin sağlanması hedeflenmiştir.

Bu amaca ulaşmak için;

- Öğretmen adaylarının öğrenme stillerini ve kavram yanlışlarını tespit edebilen YZ tabanlı modeller geliştirmek,
- Bu modellerden elde edilen çıktıları kullanarak laboratuvar ortamında farklılaştırılmış öğretim uygulamaları tasarlamak,
- Söz konusu uygulamaların, öğretmen adaylarının kavramsal öğrenme düzeyleri üzerindeki etkisini değerlendirmek, araştırmanın alt hedeflerini oluşturmaktadır.

Araştırmanın gerekçesi;

- Farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin başarı ve motivasyonunu artırdığı yönünde güçlü bulgular bulunmasına rağmen, kavram yanlışlarının giderilmesi üzerindeki etkisi sınırlı biçimde incelenmiştir. Bu çalışma, özellikle elektrik konusuna odaklanarak bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.
- Öğrenme stilleri genellikle anketlerle, kavram yanlışları ise açık uçlu sorular veya testlerle ölçülmektedir. Ancak bu yöntemler hem zaman alıcıdır hem de öğrencilerin dikkatini asıl öğrenme sürecinden uzaklaştırabilmektedir. Araştırma, bu sınırlılıkları aşmak için YZ ve DDİ tabanlı otomatik tespit yöntemlerini devreye sokarak yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.
- Çalışma, öğretmen adaylarının bireysel farklılıklarını dikkate alan öğrenme analitiği destekli kişiselleştirilmiş öğretim uygulamalarının tasarlanmasına katkı sağlamaktadır. Böylece gelecekte öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarında öğrencilerin öğrenme stillerini ve kavram yanlışlarını dikkate alarak daha etkili stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmaktadır.
- YZ'nin genellikle nicel araştırmalarla ilişkilendirildiği düşünüldüğünde, bu çalışmanın YZ'nin nitel araştırmalara entegrasyonunu da göstermesi, literatüre kuramsal ve yöntemsel açıdan özgün bir katkı sunmaktadır.

Sonuç olarak, araştırma hem fen eğitimi alanındaki kavramsal öğrenme çalışmalarına hem de YZ'nin eğitim teknolojilerinde yenilikçi kullanımına katkı sağlamayı hedeflemektedir.

1.4. Araştırmanın Önemi

Farklılaştırılmış öğrenme ortamlarında, öğrencilerin bireysel özelliklerine duyulan saygı temel bir ilke olarak görülür. Öğrenme stilleri, yetenekler, ilgi alanları ve gereksinimler dikkate alınarak bu çeşitlilik, öğrencilerin farklı içerikleri kendi seviyelerine ve öğrenme biçimlerine uygun şekilde edinmeleri için bir fırsata dönüştürülür (Roberts ve Inman, 2023). Böyle bir sınıf düzeninde öğrenciler daha etkin rol üstlenir; zekâ alanlarına, ilgi ve becerilerine hitap eden materyallerle çalışır ve akran desteğiyle işbirliği içerisinde öğrenirler. Bu nedenle, farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin kavram yanlışlarını azaltmada olumlu etki yaratacağı öngörülmektedir. Tomlinson'un (2000) da vurguladığı gibi, öğrenme stilleri dikkate alınarak düzenlenen farklılaştırılmış öğretim uygulamaları, öğrencilerin yanlış anlamalarının önlenmesine katkı sağlamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı; öğretmen adaylarının elektrik konusuna yönelik kavram yanlışlarını ve öğrenme stillerini belirlemek için makine öğrenmesi yöntemlerini kullanıp en iyi başarıyı sağlayan yöntemleri belirleyerek modeller oluşturmak ve belirlenen öğrenme stillerine ve kavram yanlışlarına göre laboratuvar ortamında farklılaştırılmış öğretime dayalı etkinlikler geliştirilerek öğrencilerin elektrik konusuna yönelik kavramsal öğrenmelerini gerçekleştirmektir. Tez çalışması; öğretmen adaylarının ilk olarak öğrenme stillerinin ardından da elektrik konusu hakkındaki kavram yanlışlarının tespit edilmesine yönelik denetimsiz makine öğrenmesi ile YZ sınıflandırıcılarının geliştirilmesi ve öğrenme analitiklerinin tasarlanmasını temel amaç olarak literatürden farkını ortaya koymaktadır. Çalışma aynı zamanda YZ'nin nitel araştırmanın sınırlarını zenginleştirmek ve genişletmek için kullanılabileceği yenilikçi yolları keşfetmeyi amaçlamaktadır. YZ'nin nitel araştırmanın temel değerleri ve ilkeleri üzerindeki etkisinin analiz edilmesi YZ güdümlü bir dünyada nitel araştırmanın potansiyel geleceğinin tartışılması ile mümkün olacaktır.

1.5. Sınırlılıklar

Bu tez çalışmasının örneklemini fen bilgisi öğretmenliği üçüncü sınıf öğrencileri ile (n=30) sınırlı tutulmuş ve uygulamalar bu yönde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ayrıca fen bilgisi öğretmenliği öğretim programında yer alan “Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 2”

dersinin elektrik konusu ile sınırlıdır. Ayrıca yapay zekâ uygulamalarına yönelik olarak oluşturulan veri seti; öğrenme stilleri için 552, kavram yanlışlarını belirlemek için ise 490 ile 510 kişilik veri setleri ile sınırlıdır.

1.6. Varsayımlar

Araştırmada, fen bilgisi öğretmenliği üçüncü sınıf öğrencilerinin araştırma sırasında uygulanan ölçme araçlarına samimi ve doğru cevaplar verdikleri varsayılmıştır. Öğretmen adaylarının veri toplama araçlarındaki ifadeler ile daha önce karşılaşmadıkları varsayılmıştır.

1.7. Tanımlar

Başarım: YZ alanında, bir modelin veya algoritmanın belirli bir görevi ne kadar iyi yerine getirdiğini ifade eder. YZ'de başarımlar, çeşitli ölçütlerle değerlendirilir. Kökver vd.'ne (2024) göre YZ'de Başarım Ölçütleri; Doğruluk (Accuracy): Modelin doğru tahminler yapma oranıdır. Hassasiyet (Precision): Modelin pozitif tahminlerinin ne kadar doğru olduğunu gösterir. Duyarlılık (Recall): Modelin pozitif örnekleri ne kadar iyi yakaladığını ifade eder. F1 Skoru: Hassasiyet ve Duyarlılığın dengeli bir kombinasyonudur.

Doğal Dil İşleme: İnsan dilini anlamak, analiz etmek ve işlemek amacıyla bilgisayar bilimi ve dilbilimin birleştiği bir alan olarak tanımlanabilir (Biju, Babu, Asghar, Prathap ve Reddy, 2024).

Farklılaştırılmış Öğretim: Sınıftaki tüm öğrencilerin öğrenme çıktılarını en üst düzeye çıkarmayı ve başarı farkını azaltmayı amaçlayan kapsamlı bir öğretim yaklaşımıdır (Griful-Freixenet, Struyven, Vantieghem ve Gheysens, 2020).

Kavramsal öğrenme: Bireyin yeni bilgileri mevcut bilişsel yapılarıyla anlamlı biçimde ilişkilendirerek zihinsel bir bütünlük oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır (Ausubel, 1968).

Kavram Yanılgısı: Öğrenciler tarafından bilimsel süreç hakkında geliştirilen ve bilim insanlarının ilkeleri, inançları ve teorileriyle çelişen inançlarla makul bir görüş tarafından destekleniyor gibi görünen bir kavramdır (Kuczmann, 2017).

Makine Öğrenimi: Makine öğrenmesi, yapay zekâ alanının temel alt dallarından biridir ve esas olarak verilerden anlamlı bilgi çıkarmayı hedefleyen hesaplama tekniklerini kullanır (Kökver vd., 2025). Bu yaklaşım, el yazısının ve konuşmanın tanınmasından robotik uygulamalara, bilgisayar oyunlarından doğal dil işlemeye ve hatta beyin–makine arayüzlerine kadar uzanan oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Öğrenme Analitiği: Büyük veri, giderek artan ve zenginleşen veri kaynaklarının farklı araçlar ve yöntemlerle yakalanması, toplanması ve depolanmasının yanı sıra, bu geniş dijital veri yığınları içindeki örüntülerin keşfedilmesini kapsamaktadır. Bu süreçte elde edilen bilgiler, genellenebilir ve işlevsel biçimde temsil edilerek öğrenme süreçlerini hem geliştirmek hem de bireyselleştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Martin ve Sherin, 2013).

Öğrenme Stili: Öğrenme stili, bireyin öğrenme sürecini kolaylaştıran tüm davranış ve tutumları kapsayan bir kavram olarak değerlendirilmektedir (Reiff, 1992). Bu kavram, öğrencinin öğrenme ortamını algılama biçimini, bu ortamla kurduğu etkileşimleri ve verdiği tepkileri ifade etmektedir (Romanelli vd., 2009).

Yapay Zekâ: İnsan zekâsı gerektirecek faaliyetleri yapabilen bilgisayar sistemlerinin oluşturulmasıyla ilgilenen bilgisayar biliminin bir alt bölümü olarak tanımlanmaktadır (Kökver vd., 2025).

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde araştırmanın kavramsal çerçevesini oluşturan bileşenler tanıtılmış, daha sonra ise bu konu ile ilgili yapılan çalışmalara ve bunlardan hareketle ulaşılan çıkarımlara yer verilmiştir.

2.1. Kuramsal Çerçeve

Araştırmanın kuramsal çerçevesi bağlamında kavramsal öğrenme farklılaştırılmış öğretim, öğrenme stilleri ve yapay zekâ konuları açıklanmıştır.

2.1.1. Kavramsal öğrenme

Son yıllarda, öğrencilerin bilimsel konularla ilgili kavramlara ilişkin anlayışları ilginç bir araştırma alanı haline gelmiş ve kavramları bilim eğitimi araştırmacıları tarafından sıklıkla incelenmiştir (Samsudin vd., 2019). Kavram yanlışları genellikle sistematik hata örüntüleri üretebilen öğrenci kavramları olarak tanımlanır (Vosniadou, 2019). Bu kavram yanlışları ders kitapları, öğretim materyalleri, eğitimsel benzetmeler, bilim dili, öğretmenlerin kavram yanlışları ve öğrencilerin fiziksel dünya ile etkileşimleri veya akranları, arkadaşları veya ebeveynleriyle sosyal etkileşimleri gibi çeşitli kaynaklardan kaynaklanabilir (Karpudewan ve Mohd Ali Khan , 2017). Araştırma raporları, öğrencilerin öğrenme ortamlarına bilimsel olmayan bir dizi fikirle geldiklerini ve bunların çoğunun bilimsel olarak kabul edilmiş gerçeklerden farklı olduğunu göstermektedir (Jaakkola ve Nurmi, 2008). Öğrencilerin gerçek dünya deneyimleri, ön talimatlar, akranlarının, öğretmenin ve medyanın etkisi bu gayri resmi kavramlara neden olabilir (Chu, Treagust ve Chandrasegaran, 2009).

Literatürde, bilimsel gerçeklerle çelişen gayri resmî fikirler, bilimsel olmayan yorumlar ve alternatif kavramlar sıklıkla kavram yanlışlığı olarak adlandırılmakta (Engelhardt ve Beichner, 2004; Soeharto, Csapó, Sarimanah, Dewi ve Sabri, 2019) ve bunların öğretim etkinliklerinde dikkate alınması gerekmektedir (Suryadi vd., 2020). Öğretmenlerin veya öğretim elemanlarının, sınıflarında ortaya çıkan pedagojik zorluklara, zayıf kavramsal anlamalara ve kavram yanlışlarına somut ve etkili çözümler bulmaları gerektiği önerilmektedir (Potvin vd., 2020). Kavramsal anlayışı geliştirmek için yanlış anlamalar

belirlenmeli ve bilimsel olarak doğru kavramlarla değiştirilmelidir (Morrison ve Lederman, 2003; Peltier, Heddy ve Peltier, 2020). Çünkü yanlış anlamalar değişime güçlü bir şekilde direnir ve gerçek bilimsel kavramların gelecekteki anlamlı anlaşılmasını etkiler (Jaakkola ve Nurmi, 2008). Ancak ilgili literatür, yanlış anlamaları ortadan kaldırmanın ve geleneksel öğretim yoluyla kavramsal anlayışı geliştirmenin çok zor olduğunu göstermektedir (Shafer ve McDermott, 1999). Kavram yanlışları öğrenme güçlüklerine neden olurlar ve bilimsel fikirlerin anlaşılmasını engelleyebilirler (Chinn ve Brewer, 1993; Smith vd., 1993).

Kavram yanlışları, bireylerin zihninde köklü ve sağlam bilişsel yapılar olarak yer almakta ve bu nedenle değişime karşı yüksek derecede direnç göstermektedir (Treagust ve Duit, 2008). Bu durum, öğretmen merkezli geleneksel öğretim yöntemlerinin bu tür yerleşik yapıları düzeltmede yetersiz kaldığı ve kavram yanlışlarını ortadan kaldıramayacağı görüşünü gündeme getirmektedir (Nussbaum ve Novick, 1982; Treagust ve Duit, 2008). Bu bağlamda, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını geliştirmek ve yanlış anlamaları azaltmak amacıyla kavramsal öğrenme yaklaşımının daha etkili olabileceği ileri sürülmektedir (Treagust ve Duit, 2008; Vosniadou, 2013).

Kavramsal öğrenmenin dayanağı, anlamlı öğrenme kuramına (meaningful learning theory) dayanmaktadır. Bu kuram, bireyin yeni bilgiyi rastgele değil, mevcut bilişsel yapısıyla bağlantı kurarak yapılandırıldığını öne sürer (Piaget, 1970). Piaget'e (1970) göre, bu yapılandırma süreci iki temel bilişsel mekanizma ile gerçekleşir. Bunlardan ilki yeni bilginin mevcut kavramsal şemalarla uyumlu bir şekilde bütünleşmesidir. İkincisi ise yeni bilginin mevcut şemalarla çelişmesi durumunda bilişsel yapının yeniden organize edilmesidir. Bu bağlamda kavramsal öğrenme, bilişsel psikolojideki bilgi işleme modeli ile paralellik gösterir. Öğrenme sürecinde dikkat, kodlama, bilgi depolama ve geri çağırma gibi zihinsel işlemler, kavramlar arasındaki bağlantıların kurulmasında kritik bir rol oynar (Mayer, 2014).

Kavramsal öğrenme genellikle ön test ve son test uygulamaları aracılığıyla değerlendirilmiş; bu testler arasındaki istatistiksel farklar üzerinden sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak son yıllarda, kavramsal öğrenme düzeylerinin daha nesnel, güvenilir ve etkili biçimde nasıl ölçülüp değerlendirilebileceğine yönelik çalışmalar artış göstermektedir. Bu araştırmalar, kullanılan testlerin formatı ve yapısının öğrenci başarısı üzerindeki etkilerini de incelemektedir (Ateş ve Karaçam, 2008). Farklı ölçme yöntemleri, öğrencilerden çeşitli strateji ve beceriler kullanmalarını talep etmektedir (Ateş ve Karaçam, 2008).

Kavramsal öğrenme, öğrencilerin ön bilgi, ilgi ve öğrenme profillerindeki bireysel farklılıklardan doğrudan etkilenir. Bu bağlamda farklılaştırılmış öğretim yaklaşımı (Tomlinson, 2014), kavramsal öğrenmeyi destekleyen önemli bir pedagojik çerçeve sunar. Farklılaştırılmış öğretim, içeriğin, öğretim sürecinin ve öğrenme ürününün öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeylerine, ilgi alanlarına ve öğrenme stillerine göre uyarlanmasını öngörür. Böylelikle her öğrenci, kavramları kendi bilişsel gelişim düzeyine uygun şekilde yapılandırma fırsatı bulur. Bu yaklaşım, kavramsal öğrenmenin “ön bilgiden anlam inşasına” dayalı doğasıyla uyumludur. Çünkü farklılaştırılmış öğretim; öğrencilerin bireysel kavramsal düzeylerini tanıyarak, kavramlara ulaşmak için farklı öğrenme yolları sunar ve anlamlı öğrenmeyi destekleyen bilişsel katılım ortamı oluşturur.

Literatürde, kavramsal öğrenmenin özellikle fen eğitimi alanında kavram yanlışlarının giderilmesinde etkili olduğu vurgulanmaktadır (Duit ve Treagust, 2003). Çünkü fen konuları çoğunlukla soyut yapılar içerdiğinden, öğrencilerin bu kavramları günlük yaşantılarındaki deneyimlerle ilişkilendirmeleri önemlidir. Anlamlı öğrenme ilkelerine dayanan öğretim süreçleri, öğrencilerin bu tür soyut kavramları somut örneklerle ilişkilendirerek kalıcı öğrenmeler gerçekleştirmelerini sağlar. Sonuç olarak kavramsal öğrenme, öğrencilerin yalnızca bilgi edinmesini değil, bilgiyi anlamlı biçimde yapılandırarak transfer edebilmesini amaçlayan, çağdaş öğrenme teorileriyle uyumlu bir yaklaşımdır.

2.1.2. Farklılaştırılmış öğretim

Günümüzde bireylerin başarılı olabilmeleri için gereken beceri ve yeterlikler sürekli olarak değişmekte, bu da eğitim yaklaşımlarında dönüşümü zorunlu kılmaktadır. Geleneksel öğretim yöntemleri, çağın ihtiyaç duyduğu yetkinlikleri kazandırmada artık yeterli görülmemekte; bu nedenle alternatif ve yenilikçi yaklaşımlara yönelme ihtiyacı doğmaktadır. Ayrıca, günümüz sınıflarında, farklı sosyo-kültürel geçmişlere, ilgi alanlarına ve öğrenme stillerine sahip öğrenciler birlikte eğitim almaktadır. Öğrenciler arasındaki bu çeşitlilik dikkate alınmadan yürütülen öğretim süreçlerinde, tüm öğrencilerden aynı düzeyde gelişim göstermeleri beklenemez (Tomlinson ve Allan, 2000). Ülke genelindeki sınav sonuçları, okula devam durumu, üniversiteye geçiş ve okul terki oranları gibi göstergeler, mevcut öğretim yaklaşımlarının birçok öğrenci için yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, öğrenme süreçlerini daha etkili ve kapsayıcı hâle getirmek amacıyla

geliştirilen yaklaşımlar arasında farklılaştırılmış öğretim önemli bir yer tutmaktadır. (Tomlinson vd., 2003).

Farklılaştırılmış öğretim yaklaşımı, büyük ölçüde sosyal yapılandırmacı öğrenme kuramının temellerinden beslenerek geliştirilmiştir (Tomlinson ve Allan, 2000). Kuramsal arka planında ise bilişsel öğrenme kuramı, öğrenci başarısına yönelik araştırma bulguları ve özel eğitim uygulamaları gibi etkili programlardan elde edilen deneyimler yer almaktadır (Santamaria ve Thousand, 2004). Ayrıca bu yaklaşım, çoklu zekâ kuramı, öğrenme stilleri, öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri, ilgi alanları, zekâ türleri, motivasyonları, derse katılım düzeyleri ve akademik başarıları gibi birçok değişkenin bütüncül bir çerçevede ele alınmasıyla dikkat çekmektedir (Algozzinea ve Anderson, 2007).

Bearne (2006), farklılaştırılmış öğretimi; öğretmenlerin sınıf içindeki tüm öğrencilerin öğrenme gereksinimlerini en üst düzeyde karşılayabilmek adına, öğretim programlarını, yöntemlerini, kaynakları, materyalleri, etkinlikleri ve öğrenci ürünlerini proaktif biçimde uyarlayabildikleri bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır. Tomlinson (1995) ise bu yaklaşımı, öğrencilere sunulan içeriği farklı yollarla keşfetme olanağı sağlayan, öğrenme süreci ve etkinliklerin öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini destekleyecek biçimde düzenlendiği ve öğrencilerin öğrendiklerini ifade etmede çeşitli seçeneklere sahip olduğu bir öğrenme ortamı olarak ifade etmektedir. Öte yandan, Gregory ve Chapman'a (2002) göre farklılaştırılmış öğretim, öğretmenlerin sınıflarındaki bireysel farklılıkları dikkate alarak planlama yapmalarını mümkün kılan bir eğitim felsefesidir. Bu çerçevede farklılaştırılmış öğretim, belirli bir yöntem ya da stratejiden öte; öğrenme sürecine, öğrenciye ve öğretime bütüncül bir anlayışla yaklaşmayı amaçlayan kapsayıcı bir eğitim anlayışı olarak değerlendirilmektedir (Tomlinson, 2000).

Farklılaştırılmış öğretimin etkili bir biçimde uygulanabilmesi için temel özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşımın en belirgin özelliği esnekliktir. Öğretim sürecinde mekân, zaman, materyal, grupta ve öğretim yöntemleri açısından esnek ve uyarlanabilir uygulamalara yer verilmesi gerekmektedir. Farklılaştırılmış öğretimde, sınıf içerisinde her zaman aynı öğretim yolu izlenmez; öğretim süreci, öğrenci ihtiyaçlarına göre şekillenir (Tomlinson, 1995). Özellikle etkili bir farklılaştırma uygulamasında, esnek grupta stratejileri ön plandadır. Bu stratejiler sayesinde öğrencilerin bireysel beceri düzeyleri, hazırbulunuşlukları, ilgi alanları, öğrenme tercihleri ve verilen görev ya da

içeriğin yapısı dikkate alınarak çeşitli gruplama biçimleri kullanılabilir (Tomlinson ve Allan, 2000).

Geleneksel öğretim yaklaşımlarında grup yapısını genellikle öğretmen belirlerken, farklılaştırılmış öğretimde gruplar daha dinamik bir şekilde oluşturulabilir. Öğretmen, öğrenci ihtiyaçlarına göre grup yapılarını şekillendirebilir veya öğrencilere, tek başlarına, eşli ya da küçük gruplar hâlinde çalışma özgürlüğü tanıyabilir (Tomlinson, 1995). Ancak grupların tamamen homojen yapıda olması durumunda, farklılaştırmanın temel unsuru olan esneklik önemli ölçüde sınırlanır ve öğrenciler benzer özelliklere sahip bireylerle çalıştıklarından gelişim olanakları kısıtlanabilir (Tomlinson vd., 2000).

Farklılaştırılmış öğretim yalnızca çoklu zekâ kuramına ya da bireysel öğrenme tercihlerine dayalı bir model değildir. Bu yaklaşım, öğretim sürecini öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri, ilgi alanları ve öğrenme profilleri doğrultusunda sistematik olarak yapılandırmayı amaçlar. Hazırbulunuşluk, öğrencinin belirli bir konu ya da beceriye ilişkin mevcut bilgi ve beceri düzeyini, yani öğrenmeye başladığı noktayı ifade eder (Tomlinson ve Allan, 2000).

Bu bağlamda Vygotsky'nin “Yakınsal Gelişim Alanı” kavramı önemli bir kuramsal dayanak sunar. Vygotsky, öğrencilerin yalnız başlarına ulaşamayacakları ancak uygun destek ve yönlendirme ile başarabilecekleri gelişim alanında öğrenmenin gerçekleştiğini savunur. Bu potansiyel alan, öğretmenin rehberliği ve uygun öğretim stratejileriyle desteklendiğinde, öğrencinin öğrenme sürecinde daha ileri düzeylere ulaşmasını mümkün kılar (Santamaria ve Thousand, 2004).

Öğretmenin temel görevi, öğrenciyi bu yakınsal gelişim alanına taşımak ve kendi başına yapamayacağı akademik görevlerde ona gerekli desteği sağlayarak bağımsız öğrenme düzeyine ulaşmasına yardımcı olmaktır. Bu nedenle öğretim etkinlikleri, öğrencilerin mevcut düzeylerinden bir adım ötesine geçmelerini sağlayacak biçimde planlanmalıdır. Aksi hâlde, öğrenciye mevcut seviyesinin altında materyaller sunulduğunda öğrenme gerçekleşmezken, seviyesinin çok üzerinde içerikler sunulduğunda ise karmaşa ve başarısızlık duygusu ortaya çıkabilir (Byrnes, 1996).

İlgi, öğrencinin belli bir konuya duyduğu yakınlık, merak veya sevgi olarak tanımlanabilir ve akademik başarı üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. İlgi ile motivasyon arasında

güçlü bir bağ olduğu için hem kısa vadede hem de uzun vadede öğrenme süreçlerini olumlu yönde etkiler. Öğretimde öğrenci ilgilerini gözeterek yapılan uyarlamalar, motivasyonun yanı sıra öğrencilerin performans ve başarısını da artıran etkili bir yöntemdir (Torrance, 1995). Ayrıca, ilgi çekici soru ve görevler, öğrencilerin verilen görevle daha derinlemesine ilgilenmesini sağlar, görevin anlamlılığını hissetmelerine yardımcı olur, yaratıcılıklarını geliştirir, daha bağımsız hareket etmelerini teşvik eder ve içsel motivasyonlarını yükseltir (Collins ve Amabile, 1999). Runco ve Chand (1995) da öğrencilerin ilgi duydukları alanlarda çalışmalarına izin verilmesinin, öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştirmelerini ve yaratıcı potansiyellerini artırmalarını desteklediğini belirtmiştir. Örneğin, öğrenciler kendi ilgi alanlarına uygun okuma materyallerini seçtiklerinde, okuduklarını daha iyi kavrayabilir ve okuma performansları yükselir. Bu nedenle öğretmenler, “Öğrencilerin motivasyonunu nasıl artırabilirim?” yerine, “Her öğrencinin motivasyonunu artıracak etkenler nelerdir ve bu ihtiyaçları karşılayacak şekilde dersi nasıl planlarım?” sorusunu kendilerine sormalıdırlar (Schlechty, 1997). İlgiye dayalı farklılaştırmanın temelinde, öğrencilerin motivasyonlarını artıracak uygun görevlerin belirlenmesi ve tasarlanması yer almaktadır.

Farklılaştırmada göz önünde bulundurulması gereken üçüncü önemli değişken olan öğrenme profili, öğrencinin öğrenme biçimlerini ifade eder ve bu profil; zekâ tercihleri, öğrenme stilleri, cinsiyet, kültür gibi çeşitli faktörlerden oluşur. Öğretim süreci, öğrencilerin zekâ tercihleri ve düşünme stilleri ile uyumlu şekilde tasarlandığında, akademik başarıda artış gözlemlenmektedir. Ancak bir sınıf içinde yalnızca zekâ tercihinin dayanan tek bir yaklaşım kullanmak, farklılaştırmanın kapsamının yalnızca küçük bir bölümünü oluşturur ve tüm çeşitliliği karşılamaktan uzaktır (Tomlinson vd., 2003). Benzer şekilde, sadece öğrenme stillerine odaklanmak bazı durumlarda belirli öğrenciler için yararlı olabilir ve öğretmenin daha esnek hareket etmesini sağlasa da diğer bireysel farklılıkların karşılanmasında yetersiz kalabilir (Tomlinson ve Allan, 2000). Farklılaştırılmış öğretim, içerik, süreç ve ürün boyutlarında çeşitli yaklaşımlar sunar. Öğretmen, bu üç bileşeni farklılaştırırken öğrencilerin ne öğrendiği, nasıl öğrendiği ve öğrendiklerini nasıl ifade ettiklerine yönelik farklı stratejiler kullanır. Bu yaklaşımların temel amacı ise tüm öğrencilerin öğrenme sürecine etkin katılımını sağlamaktır (Tomlinson, 2000).

İçerik, öğrencilerin öğrenmesi gereken konuları, temel kavramları, ilkeleri, temaları ve becerileri kapsar (Corley, 2005). İçeriğin farklılaştırılması, konuya ilişkin zorluk seviyesini değiştirmek ve öğrencilerin ihtiyaçlarına uygun çeşitli materyaller kullanmak anlamına gelir.

Öğretmen, temel kavramları ve genellemeleri öğrenciye göre uyarladığında, öğretim süreci daha etkili hale gelir (Tomlinson, 2000). Süreç, öğrencilerin öğrendikleri bilgileri anlamlandırmak için kullandıkları etkinlikleri ifade eder. Sürecin farklılaştırılması, öğrencilerin ihtiyaçları, ilgileri ve öğrenme profillerine göre etkinliklerin düzenlenmesini ve sınıf içindeki öğretmen-öğrenci, öğrenci-öğrenci ve öğrenci-öğretim materyali etkileşimlerinin biçimlendirilmesini içerir (Tomlinson vd., 2003). Bu olumlu etkileşimler, öğrencilerin derse olan ilgisini ve katılımını artırır. Süreçte yapılan farklılaştırmalar sayesinde öğrenciler, değişik zorluk seviyelerinde çalışabilir ve ihtiyaç duydukları destekle aynı kavram ve becerileri kazanabilirler (Tomlinson, 2000). Ürün ise, öğrencilerin öğrenme sürecinde kazandıkları bilgi ve becerileri gösterdikleri çalışmalardır. Ürün farklılaştırması, öğrencilere öğrendiklerini öğretmenlerine ve arkadaşlarına çeşitli yollarla ifade edebilmeleri için seçenekler sunmayı ve onların tercih ettikleri araçlarla bunu gerçekleştirmelerine imkân tanımayı kapsar (Taylor, 2015).

2.1.3. Farklılaştırılmış öğretim stratejileri

FÖ kapsamında kullanılabilecek pek çok strateji mevcuttur. Bazı stratejiler ders esnasında kısa süreli olarak uygulanabilir ve kapsamlı bir ön hazırlık gerektirmez. Diğer stratejiler ise, öğretmenin sınıf içi tüm etkinlikleri planlamasında önemli bir rol oynar (Tomlinson, 1995). Bu tezde öncelikli olarak ele alınan ve en yaygın kullanılan farklılaştırılmış öğretim stratejileri arasında istasyon çalışmaları, merkez etkinlikleri ve kademelendirme yer almaktadır. Bu stratejiler aşağıda detaylandırılmıştır.

İstasyonlar, öğrencilerin aynı anda farklı öğrenme etkinliklerini yapabilecekleri belirli alanlardır. Bu yöntem, her yaş grubundaki öğrenciye ve çeşitli derslere uygulanabilir. Bir konunun farklı alt başlıkları ayrı istasyonlarda organize edilir ve tüm istasyonlar aynı sınıf ortamında bulunur. Öğrenciler, farklı istasyonlarda yer alan etkinliklerle o konu üzerinde pratik yapabilir, bazen arkadaşlarına öğretme fırsatı bulabilir ya da onlardan yeni şeyler öğrenebilirler (Tomlinson vd., 2003). Ayrıca, konuyla ilgili projeler hazırlama imkânı da sunulur. Öğrencilerin hangi istasyona gideceği öğretmenin yönlendirmesiyle olabileceği gibi, uygun rehberlikle öğrenciler kendileri de seçebilir. Tüm öğrencilerin her zaman bütün istasyonları ziyaret etmesi ya da her istasyonda eşit süre kalması zorunlu değildir. Dahası, istasyonlardaki görevler, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre farklılık gösterebilir. Bu yüzden öğrenci gruplarının oluşturulmasında esnek davranmak önemlidir (Tomlinson, 2000).

İstasyon stratejisi, öğrenme ortamını daha eğlenceli, etkili ve ilgi çekici hale getirir. Öğrenciler, istasyonlarda çeşitli araç ve gereçlerle farklı aktiviteler yaparlar. Her istasyonda farklı türde etkinlikler planlandığı için, çeşitlilik sağlanmış olur. Ayrıca, öğrenciler hem grup içinde iş birliği yapmayı öğrenir hem de bireysel çalışmalar yoluyla kendi öğrenme yöntemlerini keşfederler. Bu süreçte öğrenciler, kendi öğrenmelerine katkı sağladıkları kadar, grup arkadaşlarının öğrenmelerine de destek olurlar (Manuel, 1974).

Merkezler, istasyonlara benzer şekilde aynı ortam içinde yer alırlar ancak temel fark, merkezlerde aynı konunun farklı yollarla öğrenilmesine odaklanılmasıdır. Uygulamada genellikle iki tür merkez kullanılır: ilgi merkezleri ve öğrenme merkezleri (Tomlinson ve Moon, 2014).

Öğrenme merkezleri, yeni bir konunun öğretilmesi veya önceden öğrenilen bilgilerin pekiştirilmesi amacıyla sınıf içerisinde oluşturulan farklı etkinlik ve materyallerin bulunduğu alanlardır. Öğrenciler bu merkezlerde ister bireysel isterse iki veya daha fazla kişiden oluşan gruplar halinde çalışabilirler. Öğretmenler, bu merkezleri öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeylerine veya öğrenme profillerine göre düzenleyebilirler (Kapusnick ve Hauslein, 2001).

Öte yandan, ilgi merkezleri, öğrencilerin kendi ilgi alanlarına uygun olarak konu üzerinde çalışma yapmalarını teşvik etmek için oluşturulan alanlardır. Bu merkezler, öğrencilere keyifli ve motive edici öğrenme fırsatları sunmayı amaçlayan bir stratejidir. Öğretmenler, ilgi merkezlerini planlarken öğrencilerin ilgi alanlarının yanı sıra yetenek ve beceri düzeylerini de dikkate almalıdır. Ayrıca, hazırlanan etkinliklerin öğrencileri zorlayacak ve gelişimlerini destekleyecek düzeyde olması önem taşır (Diller, 2007).

Kademelendirilmiş Etkinlik yaklaşımı, öğrencileri hedeflenen kazanımlara ulaştırmak için onların önceki öğrenmeleri, ilgi alanları ve öğrenme stilleri doğrultusunda şekillendirilen bir öğretim yöntemidir (Pierce ve Adams, 2004). Bu yöntemi uygulamak isteyen öğretmenler, öncelikle tüm öğrencilerin öğrenmesi gereken temel bilgi ve kavramları belirler ve bunları genel bir çerçeve içinde organize ederler. Ardından, bu kavramlar ve beceriler doğrultusunda kavrayış çerçevesi oluşturulur.

Öğrencilerin bireysel özellikleri, ilgi alanları, hazırbulunuşluk düzeyleri ve öğrenme alanları dikkate alınarak okuma, düşünme, bilgi ve beceri etkinlikleri planlanır. Etkinlikler, öğrencilerin ilgisini çekebilecek ve yüksek düzeyde düşünme becerileri gerektiren şekilde tasarlanır. Bu etkinlikler, kolaydan zora ve basitten karmaşığa doğru kademeli olarak sıralanır. Böylece her öğrenci için farklı öğrenme yolları sunularak bireysel farklılıklar gözetilmiş olur.

Kademelendirilmiş etkinliklerde, müfredat kazanımları özellikle öğrencilerin hazırbulunuşluk ve ön bilgi seviyelerine göre planlanmalıdır (Tomlinson vd., 2003). Örneğin, öğrencinin ön bilgi düzeyi düşükse, doğrudan zor etkinliklerle başlamak öğretim sürecini aksatabilir. Aksine, öğrencinin ön bilgisi yüksekse, sadece kolay etkinliklere yer vermek dersin sıkıcı ve verimsiz geçmesine neden olabilir. Bu nedenle, öğretmen etkinlikleri öğrencilerin mevcut seviyelerinin biraz üstünde olacak şekilde kademelendirmeli ve ilgi düzeylerini artırmalıdır. Başarılı bir kademelendirme için öğretmenin, sınıf içindeki öğretim sürecine başlamadan önce öğrencilerini çok yönlü olarak tanıması ve bu tanımaya dayalı bir öğretim sürecini sürekli sürdürmesi gerekmektedir (Tomlinson, 2000).

Dünya çapında, araştırmalar FÖ'yü bir dizi etkili öğretim uygulaması olarak kabul etmiştir (Chamberlin ve Powers, 2010; Tomlinson vd., 2003). Eğitimde çeşitlilik tartışılmazdır ve öğrenciler arasındaki farklılıklar sınıf bağlamlarının doğasında vardır. Bu durum, öğretmenleri, öğrencilerin farklı öğrenme ve eğitime yanıt verme yöntemlerine sahip olduğunu kabul ederek ve tanıyarak her öğrencinin gelişimini optimize etmeye çalışmaktadır (Tomlinson ve Moon, 2014). FÖ, sınıftaki tüm öğrencilerin öğrenme çıktılarını en üst düzeye çıkarmayı ve başarı farkını azaltmayı amaçlayan kapsamlı bir öğretim yaklaşımıdır (Griful-Freixenet vd., 2020; Steenbergen-Hu ve Cooper, 2014; Steenbergen-Hu, Makel ve Olszewski-Kubilius, 2016).

Çoğu öğretmen FÖ'nün öğrenci ihtiyaçlarını karşılamada öngörülen bu faydalarını benimserken, uygulamada öğretmenler tarafından benimsenmesi büyük bir zorluk olarak görülmekte ve kritik önemini korumaktadır (Suprayogi, Valcke ve Godwin, 2017). Öğretmenler, FÖ'yü sınıflarında uygulayabilmek için genellikle ek hazırlık ve uygulamaya ihtiyaç duymaktadır (Dixon, Yssel, McConnell ve Hardin, 2014). Özellikle son on yılda, öğretmenleri bu göreve etkili bir şekilde hazırlamaya ve donatmaya yönelik programların geliştirilmesi ve izlenmesine yönelik çabaların arttığı görülmektedir (Parsons vd., 2018). FÖ

üzerine giderek büyüyen literatür bazı başlangıç noktaları sunsa da öğretmenlerin FÖ için nasıl etkili bir şekilde hazırlanacağı ve profesyonelleştirileceği konusunda hala bir fikir birliği yoktur (Bondie, Dahnke ve Zusho, 2019).

FÖ, öğrenci farklılıklarının kabulüne dayanan ve her öğrencinin büyüme ve gelişimini desteklemek için öğretimi uyarlamayı amaçlayan bir öğretme ve öğrenme felsefesi ve pratiğidir (Deunk, Smale-Jacobse, de Boer, Doolaard ve Bosker, 2018). Araştırma literatüründe, FÖ başlangıçta üstün yetenekli öğrenciler için öğretime odaklanmış, daha sonra özel eğitim kaynaştırma sınıflarına yönelik bir dizi öğretim uygulamasına dönüşmüş ve normal sınıflardaki tüm öğrencilerin ihtiyaçlarını karşılamak için ana akım bir öğretim yaklaşımına dönüşmüştür (Graham, De Bruin, Lassig ve Spandagou, 2021). FÖ'nün bu kadar yaygın bir şekilde benimsenmesi, eş zamanlı olarak kavram ve stratejilerin de çoğalmasına yol açmıştır (Bondie vd., 2019).

FÖ, literatürde tam olarak tanımlanmamış ve açık bir şekilde operasyonel hale getirilmemiş olsa da kapsamlı özelliklerine ilişkin yeni bir anlayış ortaya çıkmaktadır. Jager, Denessen, Cillessen ve Meijer (2022), heterojen sınıflarda öğrenciler arasındaki farklılıklara yanıt verirken hem kasıtlılığı hem de uyarlanabilirliği ortak zemin olarak tanımlamıştır. Tomlinson ve Moon (2014), FÖ'nün özünün, öğrencilerin hazır bulunuşlukları, ilgileri ve öğrenme profillerinde algılanan farklılıklara yanıt olarak öğretmenin içerik, süreç, ürün ve etki uyarlaması olduğunu savunmuştur. Bu durum, öğretmenlerin öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarını tanımasını, öğrenme hedeflerini, müfredat içeriğini, öğretim yöntemlerini, öğrenme görevlerini ayarlamasını ve öğrenci gelişiminin sürekli değerlendirilmesini içerir (van Geel vd., 2019). FÖ, çeşitliliğe yönelik olumlu bir tutumla ve öğrencilerin farklı geçmişlerinin tanınmasıyla desteklenir; farklı akademik hazır bulunuşluk düzeylerine, farklı kültürel geçmişlere ve çeşitli öğrenme yeteneklerine sahip öğrencileri kapsar (Wilkinson ve Penney, 2025).

Literatür, FÖ'nün öğrencilerin öğrenme çıktılarını olumlu yönde etkilediğine dair göstergeler sunmaktadır. Deunk vd. (2018), FÖ'nün ilköğretimde öğrenci performansı üzerinde mütevazı bir olumlu etkisi olduğunu tespit etmiştir. Ortaöğretimde ise araştırmalar, FÖ'nün öğrenme çıktıları üzerinde küçük ve orta düzeyde etkileri olduğunu ortaya koymuştur (Smale-Jacobse, Meijer, Helms-Lorenz ve Maulana, 2019). Steenbergen-Hu vd. (2016), ikinci dereceden meta-analizlerinde, öğrenci öğrenme çıktılarının, yakından uyumlu

bir öğretim yaklaşımı olan sınıf içi yetenek gruplamasından yararlandığını göstermiştir. Pozas, Letzel ve Schneider (2020) belirttiği gibi, FÖ öğrencilerin sosyal ve duygusal gelişimini de etkileyebilir. FÖ'nün bu potansiyel faydalarına ve önemli öncüllerine ek olarak, Smale-Jacobse vd. (2019) ve Graham vd.'nin (2021) işaret ettiği gibi, FÖ üzerine yapılan araştırmaların bazı sınırlamalarını dikkate almak önemlidir. FÖ'nün yaygın kavramsallaştırılması, FÖ'nün sağlanmasında kullanılan farklı süreç ve prosedürler ve FÖ'nün uygulanmasına yönelik öğretmen profesyonelleşmesine ilişkin ayrıntıların azlığı, bu alanın eleştirel bir şekilde araştırılmasının önemini vurgulamakta ve öğretmenlerin FÖ'yü öğrenmelerini ve uygulamalarını desteklemenin yollarının araştırılması gerektiğini göstermektedir (Langelaan, Gaikhorst, Smets ve Oostdam, 2024).

FÖ bir öğretmen yeterliliği, yani bütünleşik bir bilgi, beceri ve tutumlar seti olarak anlaşılabilir (van Geel vd., 2019). Bu durum, FÖ için öğretmen yeterliliği geliştirmenin öğretmenlerin bilgi, beceri ve tutumlarının dikkate alınmasını gerektirdiğini varsayar. FÖ'yü uygulamak, öğretmenlerin belirli bir içeriği ne zaman ve nasıl etkili bir şekilde öğreteceklerini bilmelerini ve öğrencilere etkili bir şekilde öğretilmesini sağlayan yaklaşımlar hakkında bilgi sahibi olmalarını gerektirir (Smets, 2019). Öğretmenler FÖ hakkındaki bilgileri öğretme ve öğrenme hakkındaki bilgi çerçevelerine entegre ettiklerinde, bu FÖ uygulamasını güçlendirebilir (van Geel, Keuning ve Safar, 2022). FÖ hakkındaki bilginin uygulamaya aktarılması genellikle zor olduğundan, öğretmen yetiştirme programlarının uygulama sürecine açıkça dikkat etmesi önerilir (Gheysens, Consuegra, Engels ve Struyven, 2020).

FÖ'nün etkililiği öncelikle öğretmenin eylemlerine, özellikle de öğretimi öğrencilerinin farklı öğrenme ihtiyaçlarını karşılamak için kasıtlı, proaktif ve etkili bir şekilde nasıl uyarladıklarına, örneğin materyalleri farklı öğrenciler için uyarlayarak ve uygun öğretim stratejilerini kullanarak bağlıdır (Tomlinson vd., 2003; van Geel vd., 2019). Bunu başarmanın ilk adımı becerilerin geliştirilmesidir. Uygulamalı sınıf deneyimi, FÖ beceri gelişimi için en avantajlı faktör olarak öne çıkmaktadır (van Geel vd., 2022). Öğretmen öz yeterliliği, FÖ'nün uygulanmasını olumlu yönde etkiler ve FÖ ile ilgili sınıf deneyimiyle pekiştirilir (Dixon vd., 2014).

FÖ'yü uygulamak, çok sayıda bilgi, beceri ve tutumun bütünleşik bir şekilde iç içe geçtiği karmaşık bir konudur (van Geel vd., 2022). Hem hizmet öncesi hem de hizmet içi

öğretmenlerin FÖ yeterliliklerinin etkili bir şekilde geliştirilmesi için yönlendirilmesi ve desteklenmesi gerektiğine dair çok sayıda gösterge bulunmaktadır (Matsko, Ronfeldt ve Nolan, 2022; van Geel vd., 2019).

Maulana, Smale-Jacobse, Helms-Lorenz, Chun ve Lee (2020) FÖ'nün karmaşıklığını vurgulamış ve FÖ için yeterliklerin etkili bir şekilde geliştirilmesinin zaman aldığını ve temel öğretim becerilerinin bir ön koşul olarak kabul edildiğini belirtmiştir. Diğer çalışmalar, FÖ'ye öğretmen eğitimi sırasında olduğu kadar erken bir dönemde dikkat edilmesinin önemini vurgulamıştır. Çünkü (1) ilk öğretmen eğitimi sırasında kazanılan bilgi ve beceriler, farklılaştırmanın başarılı bir şekilde uygulanmasının anahtarı olacaktır ve (2) FÖ'nün daha sonra ek ve tamamlayıcı bir yaklaşım olarak tanıtılması yerine standart öğretim yaklaşımı olarak sunulmasına olanak tanır (D'Intino ve Wang, 2021; Scarparolo ve Subban, 2021; van Geel vd., 2022). Öğretmen eğitimi programları, FÖ'yü müfredatlarında ele alarak kendilerine yöneltilen talepleri karşılarsa da genellikle yalnızca teoriye giriş niteliğinde bilgiler sunmaktadır (D'Intino ve Wang, 2021). Farklılaştırmaya bu üstünkörü giriş bir başlangıçtır, ancak öğretmenlerin FÖ'yü etkili bir şekilde uygulamaya koymalarını desteklemek için yeterli derinlik sağlamayabilir.

2.1.3. Öğrenme stilleri

Öğrenme, davranışın ölçülebilir şekilde değişime uğramasıdır. Bu değişim, öğrenme bellekte yer edinene kadar devam etmektedir (Dierking, 1991). Öğrenmenin nasıl gerçekleştiği her zaman merak konusu olmuştur ve sadece eğitimciler değil, bütün bireyler öğrenmenin nasıl gerçekleştiğini bilmek ve anlamak ister. Nasıl bir birey olursak olalım, hatırlamak, mantıklı düşünmek ve yaratıcı olmak söz konusu olduğunda her zaman daha fazlasını isteriz. Ancak bu istekleri gerçekleştirirken bütün bireylerin öğrenme süreci çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitliliğin fark edilmesi öğrenme stillerini ortaya çıkarmıştır (Zapalska ve Dabb, 2002). Dolayısıyla öğrenme stilleri terimi, farklı bireylerin öğrenme şekillerinin de farklı olduğuna vurgu yapmaktadır (Pashler, McDaniel, Rohrer ve Bjork, 2008).

Öğrenme stili, bireyin öğrenmesini kolaylaştıran davranış ve tutumların tamamı olarak da tanımlanabilir (Reiff, 1992). Öğrenme stili, öğrencinin öğrenme ortamını nasıl algıladığı, bu ortamla nasıl etkileşim kurduğu ve bu ortama nasıl tepki verdiği ile ilgilidir (Romanelli vd.,

2009). Öğrenme stilleri, bireylerin bilgiyi en iyi şekilde alma ve işleme konusundaki benzersiz yöntemlerini ifade eder ve eğitiminde, farklı öğrenme stillerinin bir araya getirilmesi öğrencilerin çeşitli bilimsel kavramları anlamasını ve bunlara katılımını artırabilir (Shaidullina vd., 2023). Ayrıca ilgili literatür incelendiğinde, öğrenme stillerinin öğrencinin akademik başarısı ve motivasyonu üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir (Dikmen ve Tuncer, 2020; Karamustafaoğlu, Şeker, Şahin ve Denizli, 2016; Rezaeinejad, Azizifar ve Gowhary, 2015; Zhang, Quan, Huang ve Kuo, 2017). Öğrencilerin nasıl öğrendiklerini belirlemek, onlara uygun bir öğrenme stratejisi geliştirebilmede önemlidir (Zapalska ve Dabb, 2002). Öğrencilerin nasıl öğrendiklerini belirleyebilmek için de öğrenme stillerinin belirli parametreler dâhilinde ortaya konabilmesi gerekmektedir. Öğrencilerinin öğrenme stillerine dair elde edilen bilgiler ise öğretmenlerin sınıfta kullanabilecekleri öğretim yöntemleri konusunda öğretmenlere yol gösterecektir (Romanelli vd., 2009). İlgili literatürden öğrenme sürecini etkileyen önemli faktörlerden birinin öğrenme stili olduğu, bu noktada öğrencilerin öğrenme stillerini belirlemenin önemli olduğu görülmektedir (Maaliw III, 2016; Topuz ve Karamustafaoğlu, 2013). Bireylerin düşünme ve çeşitli bilgi türlerini işleme yollarındaki çeşitliliğe dair yeterli kanıt vardır ve öğrencilerin öğrenme stillerine uygun bir yöntemle öğretilirse en iyi şekilde öğreneceklerini göstermektedir (Pashler vd., 2008).

Literatürde, kullanıcıların öğrenme stillerinin otomatik olarak belirlenmesine yardımcı olan bilgisayar sistemleri oluşturmaya yönelik çeşitli girişimleri rapor edilmektedir (Feldman vd., 2014; Graf vd., 2008). Geleneksel yöntem, öğrencilere uygulanan anketlerin kullanımına dayanmaktadır. Tipik olarak geçerli ve güvenilir olmalarına rağmen, bu tür anketlerin önemli dezavantajları vardır. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için araştırmalar, öğrencilerin bir öğrenme sistemindeki davranışlarından öğrenme stillerini belirleyen YZ destekli otomatik yaklaşımlara odaklanmıştır (Fatahi vd., 2015; Rasheed ve Wahid, 2021; Sheeba ve Krishnan, 2019). Literatür incelendiğinde, öğrencilerin öğrenme stillerini belirlemek için genellikle Moodle ve MOOC gibi e_öğrenme ortamları kullanılmıştır. Bu ortamlarda öğrencilerin bazı kayıtları tutulmaktadır. Örneğin; görüntüleri kullanarak çalışma için harcanan zaman, video içeriği izlemek için harcanan zaman, okuma materyali için harcanan zaman ve grafikler kullanılarak yapılan çalışmadan sonra tamamlanan egzersiz sayısı, örnek olarak verilebilir.

Mevcut otomatik yaklaşımlar öğrenme stillerini belirlemede %66 ile %77 arasında ortalama doğrulukta sonuçlar verdiğinden, bu tür yaklaşımların etkili bir şekilde kullanılabilmesi için iyileştirmeye ihtiyaç vardır (Bernard vd., 2017). Ayrıca bu tür çalışmaların sınırlılıklarından biri katılımcı sayısı ve çeşitliliğidir. Bir diğer sınırlılık ise e-öğrenme sisteminin harmanlanmış öğrenme yapısının doğasıdır. Dolayısıyla öğrenciler tüm davranışlarını çevrimiçi sistem aracılığıyla göstermezler ve çevrimdışı davranışlar yakalanmaz ve öğrenme stili tanıma için kullanılamayabilir (Fatahi vd., 2015). Halihazırdaki teknolojiler, kullanıcıların farklı şeyler öğrenmesine yardımcı olabilecek son derece karmaşık eğitim platformlarının oluşturulmasına olanak sağlamış olsa da bu platformlarda kullanıcıların öğrenme stillerini otomatik olarak belirlemeye yönelik mekanizmalar hala geliştirilmeyi beklemektedir (Márquez vd., 2015).

Araştırmacılar öğrencilerin öğrenme stillerini YZ algoritmaları ile otomatik olarak belirlerken farklı yöntemler kullanmışlardır. Literatürde öğrenme stillerini otomatik olarak belirlemek için; Fuzzy Classification sınıflandırmasını kullanan araştırmacılar, El Aissaoui, El Alami El Madani, Oughdir ve El Alloui (2019), Azzi, Jeghal, Radouane, Yahyaouy ve Tairi (2020). K-En Yakın Komşu sınıflandırıcısını kullanan araştırmacılar, Yannibelli vd. (2006), Chang, Kao, Chu ve Chiu (2009) ve Sanders ve Bergasa-Suso (2010). Bayes Ağları sınıflandırıcısını kullanan araştırmacılar, Kelly ve Tangney (2006), García, Amandi, Schiaffino ve Campo (2007), Carmona, Castillo ve Millán (2008), García, Schiaffino ve Amandi (2008), Ahmad ve Shamsuddin (2010), Alkhuraiji, Cheetham ve Bamasak (2011) ve Rajper, Shaikh, Shaikh ve Mallah (2016). Karar Ağacı sınıflandırıcısını kullanan araştırmacılar, Cha, Kim, Park, Yoon vd. (2006), Özpolat ve Akar (2009), Ahmad ve Shamsuddin (2010), Liyanage vd. (2016), Crockett, Latham ve Whitton (2017), Sheeba ve Krishnan (2019). Sinir Ağı sınıflandırıcısını kullanan araştırmacılar, Georgiou ve Makry (2004), Lo ve Shu (2005), Stathacopoulou, Magoulas, Grigoriadou ve Samarakou (2005), Villaverde, Godoy ve Amandi (2006), Zatarain-Cabada, Estrada, Cabada ve García (2009), Kolekar, Sanjeevi ve Bormane (2010), Zatarain-Cabada, Barrón-Estrada, Angulo, García ve García (2010), Hmedna, El Mezouary, Baz ve Mammass (2016), Bernard vd. (2017), Hmedna, El Mezouary, Baz ve Mammass (2017) ve Hasibuan, Nugroho ve Santosa (2019). Naif Bayes sınıflandırıcısını kullanan araştırmacılar, Rasheed ve Wahid (2021). K-Ortalamalar Kümelemesi sınıflandırıcısını kullanan araştırmacı ise Fatahi vd. (2015).

Son olarak Rasheed ve Wahid (2021) çalışmasında, Destek Vektör Makinesi, Karar Ağacı, K-En Yakın Komşu, Lojistik Regresyon, Rastgele Orman ve Doğrusal Ayırım Analizi sınıflandırıcılarını birlikte kullanarak birbirleri ile kıyaslama yapmıştır. Bu tez çalışmasının öğrenme stillerini belirleme sürecinde ilgili literatürden farkı; öğrenme stillerini belirleme sürecinde otomatik yaklaşımların hassasiyetini artırmak için denetimli YZ algoritmalarının ve DDİ'nin kullanımını araştırmaktır.

Öğrenme stili, öğrenme senaryosunda ilginç bir özelliktir. Öğrenme stili, kişinin öğrenme yeteneğini kullanmada tercih ettiği yoldur (Sternberg, 1994). Farklı psikologlar bize farklı öğrenme stilleri modelleri sunmuşlardır. Bunlardan bazıları David Kolb, Peter Honey ve Alan Mumford, Neil Fleming, Anthony Gregorc, Felder-Silverman ve benzerleridir (Pashler vd., 2008). Öğrenmenin temel modalite türleri ya da yaygın olarak kabul edilen modaliteler üç tanedir; görsel (görme), işitsel (duyma), kinestetik (hareket etme). İşitsel öğrenenler okumaktan veya dinlemekten hoşlanırlar; görsel öğrenenler genellikle bir şeyleri görerek öğrenirler. Kinestetik öğrenenler sadece gözlemlemek yerine bir şeyler yaparak daha iyi öğrenirler (Fleming, 2006).

2.1.4. Yapay zekâ

Yapay zekânın doğuşu, John McCarthy'nin ABD'deki Dartmouth College'da iki aylık bir çalıştay düzenlediği 1950'li yıllara kadar uzanmaktadır. McCarthy, çalıştay önerisinde yapay zekâ terimini ilk kez 1956 yılında kullanmıştır (Russel ve Norvig, 2020). YZ kendi başına, örneğin sinirbilim, psikoloji ve dilbilim gibi çeşitli alanlardan araştırmacıların ve uzmanların sürekli olarak kendi algılarını, bilgilerini ve terminolojilerini getirerek katkıda bulundukları disiplinlerarası bir alandır (Chen, Xie, Zou ve Hwang, 2020). Poole, Goebel ve Mackworth (1998) yapay zekâyı, olasılığı en üst düzeye çıkararak belirli bir hedefe ulaşmanın yanı sıra kendi durumlarını algılayabilen akıllı ajanlar üzerine bir çalışma olarak değerlendirmişlerdir. Kaplan ve Haenlein (2019) yapay zekâyı, bir sistemin girilen verileri hassas bir şekilde yorumlayıp öğrenebilmesi ve öğrendiklerini belirli bir hedefe ulaşmak için kullanabilmesi olarak görmüşlerdir.

YZ'nin yaygın olarak kabul edilen bir tanımı olmasa da bilgisayar biliminin yanı sıra YZ'nin bilgi bilimi, psikoloji, dilbilim, sinirbilim, felsefe, matematik ve diğer birçok disiplini de içerdiğinden emin olunabilir (Chen vd., 2020). Bu nedenle YZ, güçlü bir kapsamlılığa sahip

disiplinler arası bir alandır (Zhao, Li ve Feng, 2018). YZ, bilgiyi hafızaya alma, çevrelerini insanlarla benzer şekilde algılama ve manipüle etme ve insan doğal dilini anlama gibi insan özelliklerine sahip akıllı bilgisayar sistemleri veya akıllı ajanlar olarak tanımlanmaktadır (Huang, 2018). Dodigovic (2007) makalesinde YZ'yi şu şekilde tanımlamaktadır: Zeki varlıkların davranışlarını taklit eden makinelere atıfta bulunan bir terimdir, YZ, amacı insan zihninin nasıl çalıştığını ve aynı ilkelerin teknoloji tasarımında nasıl uygulanacağını anlamak olan disiplinler arası bir bilgi ve araştırma alanıdır.

YZ teknolojisi, bilgi işlem cihazları, büyük veri ve çeşitli algoritmalar gibi birçok alanda teknik bilgi içerir. Genel olarak YZ, bilgisayarla görme, DDİ, biliş ve muhakeme, robotik, oyun ve etik ve makine öğrenimi olmak üzere altı ana dalı uygulayarak gerçek dünyadaki sorunları çözmek için kullanılabilir (Huang ve Qiao, 2024). Bilgisayar bilimlerinin ve hesaplama teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte otomatik, uyarlanabilir ve verimli YZ teknolojileri çeşitli akademik alanları yaygın olarak etkisi altına almıştır (Xu ve Ouyang, 2022). YZ bu bağlamda, sağlık, pazarlama, endüstri ve eğitim dahil olmak üzere çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır ve birçok ülke, vatandaşlarını YZ ile ilgili teknolojileri kullanmaları, benimsemeleri ve inşa etmeleri için eğitmeye büyük kaynaklar yatırmıştır (Aung vd., 2022).

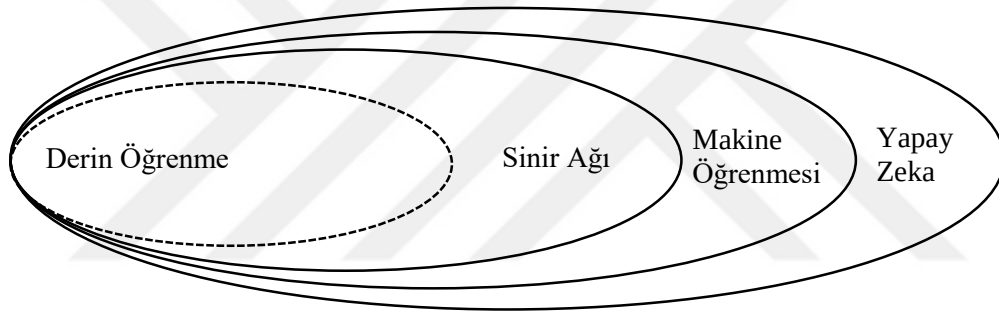
Eğitimde YZ'nin gelişimi, eğitim ve öğretim için yeni yollar açmış ve öğrencilerin yeni beceriler edinmesine yardımcı olmuştur (Chatila, Firth-Butterflied, Havens ve Karachalios, 2017). YZ araçlarının eğitimde kullanılması temelde yönetici, öğretmen ve öğrencilere düşen işlerin düzenlenmesinde kolaylıklar sağlamaktadır (Humphry ve Fuller, 2023). Disiplinlerarası bir alan olan Eğitimde YZ, eğitmenin öğretim sürecine yardımcı olmak, öğrencinin öğrenme sürecini güçlendirmek ve eğitim sisteminin dönüşümünü teşvik etmek için kullanılmaktadır (Chen vd., 2020). Eğitimde YZ, öğrencilerin performansına otomatik olarak erişmek (Zampirolli vd., 2021), öğrencilerin öğrenmelerini izlemek ve takip etmek (Berland, Davis ve Smith, 2015; West vd., 2023) ve risk altındaki öğrencileri tahmin etmek (Hellings ve Haelermans, 2022) gibi öğretim süreçlerinde öğretim tasarımını ve pedagojik gelişimi geliştirme potansiyeline sahiptir. Ayrıca eğitimde YZ, uyarlanabilir özel ders sağlama (Kose ve Arslan, 2017), kişiselleştirilmiş öğrenme kaynakları önerme (Zhang, Oh, Lange, Yu ve Fukuoka, 2020) ve öğrencilerin öğrenme eksikliklerini teşhis etme (Liu, Hou, Tu, Wang ve Hwang, 2021) gibi öğrenci merkezli öğrenmeyi geliştirmek için faydalıdır.

YZ günümüzde temel olarak eğitim süreçlerinde üç alanda yaygın kullanılabilir. Bu alanlar; eğitim materyallerinin hazırlanması, öğretimin tasarlanması ve ölçme ve değerlendirme süreçlerinin sistematikleştirilmesidir (West vd., 2023). Bu süreçte YZ'nin özellikle rutin işlerin otomatizasyonunda çok önemli bir rolü vardır. Öğrencinin ihtiyaçlarına uygun içerik havuzu oluşturulup kendisine uygun bir program tasarımı ile öğretimi bireyselleştirerek bu rolü gerçekleştirebilmektedir (Buluş ve Elmas, 2024). Öğretim tamamlandıktan sonra öğrenci, YZ uygulamaları ile algoritmik değerlendirmelere tabi tutulabilir ve eksikleri belirlenebilir. Bu sayede öğrencinin bireysel öğrenme süreci kendine özgü bir şekilde yapılandırılmış olur (Wardat, Tashtoush, AlAli ve Jarrah, 2023). Örneğin öğretmenleri desteklemek için tasarlanan YZ, öğrencilerin bir etkinlikte ne kadar zaman harcadıkları, doğru yanıtladıkları soru sayısı ve deneme sayısı gibi ölçütleri kullanarak belirli öğrencilerin bir konuda ek eğitime ihtiyacı olup olmadığını değerlendirebilir. YZ, öğrencinin ek eğitime ihtiyaç duyup duymadığını analiz ederek öğretmene bir öneri sunabilir (Cooper, 2023). Chassignol, Khoroshavin, Klimova ve Bilyatdinova (2018), YZ'nin eğitim üzerindeki etkisini, kişiselleştirilmiş eğitim içeriği, yenilikçi öğretim yöntemleri, öğrenci ile öğretici arasındaki ilişki ve teknoloji destekli değerlendirme başlıkları altında ele alınmıştır.

Long ve Zeng'e (2022) göre; YZ'nin gelişimi temel olarak üç aşamadan geçmiştir ve her aşama, YZ'yi farklı açılardan gerçekleştirmeye çalışan insanın keşif ayak izini temsil etmektedir. İlk aşamada, insanlar bazı mantıksal kuralları özetleyip genelleştirerek ve bunları bilgisayar programları şeklinde uygulayarak akıllı sistemler geliştirmeye çalışmıştır. Ancak bu tür açık kurallar genellikle çok basittir ve karmaşık ve soyut kavramları ve kuralları ifade etmek için kullanılması zordur. Bu aşama çıkarım dönemi olarak adlandırılır. 1970'lerde bilim insanları YZ'yi bilgi veri tabanı ve akıl yürütme yoluyla uygulamaya çalışmışlardır. Açıkça belirtilen bu kurallarla ilgili en büyük zorluklardan biri, birçok karmaşık, soyut kavramın somut kodda uygulanamamasıdır. Örneğin, insanların resimleri tanıma ve dilleri anlama süreçleri hiçbir şekilde belirlenmiş kurallarla simüle edilemez. Bu tür sorunları çözmek için, makinelerin verilerden kuralları otomatik olarak öğrenmesini sağlayan ve makine öğrenimi olarak bilinen bir araştırma disiplini doğmuştur.

Makine öğrenimi, doğal dil işleme, veri madenciliği, sinir ağları veya bir algoritma gibi bir dizi teknoloji ve yöntemi tanımlamak için kullanılan bir şemsiye terimdir (Zawacki-Richter, Marín, Bond ve Gouverneur, 2019). Makine öğrenimi, örneğin bir öğrencinin bir kursu bırakma veya bir programa kabul edilme olasılığını tahmin etmek veya yazılı ödevlerdeki

konuları belirlemek için denetimli ve denetimsiz sınıflandırma ve profil oluşturmaya yönelik bir YZ yöntemidir (Zawacki-Richter vd., 2019). Long ve Zeng'e (2022) göre; makine öğrenimi 1980'lerde yapay zekâ alanında popüler bir konu haline gelmiştir ve bu ikinci aşamadır. Makine öğreniminde, sinir ağları aracılığıyla karmaşık, soyut mantığı öğrenmeye yönelik bir yönelim vardır. Sinir ağları yönündeki araştırmalar iki iniş ve çıkış yaşanmıştır. 2012'den bu yana, derin sinir ağı teknolojisinin uygulamaları bilgisayarla görme, DDİ ve robotik gibi alanlarda büyük atılımlar yapmıştır. Hatta bazı görevler insan zekâsı seviyesini bile aşmıştır. Bu durum, yapay zekânın üçüncü canlanmasıdır. Derin sinir ağlarının nihayetinde yeni bir adı var; “derin öğrenme”. Genel olarak, sinir ağları ve derin öğrenme arasındaki temel fark büyük değildir. Derin öğrenme, derin sinir ağlarına dayalı modelleri veya algoritmaları ifade eder. Yapay zekâ, makine öğrenimi, sinir ağları ve derin öğrenme arasındaki ilişki Şekil 2.1’de gösterilmektedir (Long ve Zeng, 2022).



Şekil 2.1. Yapay zeka, makine öğrenmesi, sinir ağı ve derin öğrenme

Bu tez çalışmasında yapay zekâ algoritmalarının oluşturulmasında makine öğrenmesi kullanılmıştır. Makine öğrenmesi ve kullanılan algoritmalar aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Makine Öğrenmesi

YZ'den, özellikle de örüntü tanıma ve hesaplamalı öğrenmeyle ilgili araştırmalardan (Karmani, Chandio, Korejo ve Chandio, 2019) dönüşen MÖ, verilerden öğrenmeyi ve daha ileri tahminlerde bulunmayı sağlayan yöntemler önermek için kullanılmaktadır (Provost ve Kohavi, 1998). MÖ'nün gücü, girilen veriler üzerinde modelleme yaparak ve veri ile geliştirilmiş tahminler veya kararlar vererek son derece statik program talimatlarını yerine getirme kabiliyetinde yatmaktadır (Chen vd., 2020). MÖ'nün, büyük hacimli veriler kullanarak belirli bir görevi yerine getirmek için akıllı ajanları eğitme tekniği olduğu

evrensel olarak kabul edilmektedir. MÖ, istatistik ve bilgisayar bilimlerinin bir araya gelmesiyle oluşmuş bir kavramdır ve makineler, insanlara benzer bir şekilde, önceki deneyimlerinden yola çıkarak performanslarını artırmayı öğrenirler (Rasheed ve Wahid, 2021). Tek fark, bilgisayarların verilerden, insanların ise durumlardan ve deneyimlerden öğrenmesidir (Bishop, 2006). Mohammed, Khan ve Bashier (2016), Long ve Zeng (2022) ve Rasheed ve Wahid'e (2021), göre MÖ, denetimli, denetimsiz ve yarı denetimli öğrenme olmak üzere üç farklı öğrenme algoritmasından oluşur.

Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme, sisteme eğitim ve test veri setlerinin yüklenmesi, her veri için gerekli etiketlemelerin yapılması ve bu sayede girdi ile çıktı veri setleri arasında bir ilişki kurulması esasına dayanır. Temel amacı, sonuçları bilinen veri seti üzerinden gerçekleştirilen sınıflandırma ile sonuçları bilinmeyen veri setine yönelik doğru ve etkili tahminler yapmaktır (Aydın ve Özkul, 2015). Başka bir ifadeyle denetimli öğrenme, genel hipotezler üretmek için harici olarak sağlanan örneklerden akıl yürüten ve daha sonra gelecekteki örnekler hakkında tahminlerde bulunan algoritmaların araştırılmasıdır (Osisanwo, Akinsola, Awodele ve Hinmikaiye, 2017). Denetimli öğrenme, sınıflandırma problemlerinde oldukça yaygındır çünkü amaç genellikle bilgisayarın bizim oluşturduğumuz bir sınıflandırma sistemini öğrenmesini sağlamaktır (Osisanwo vd., 2017). Denetimli öğrenme, akıllı sistemler tarafından en sık kullanılan MÖ algoritmalarından birisidir (Osisanwo vd., 2017).

Denetimsiz Öğrenme

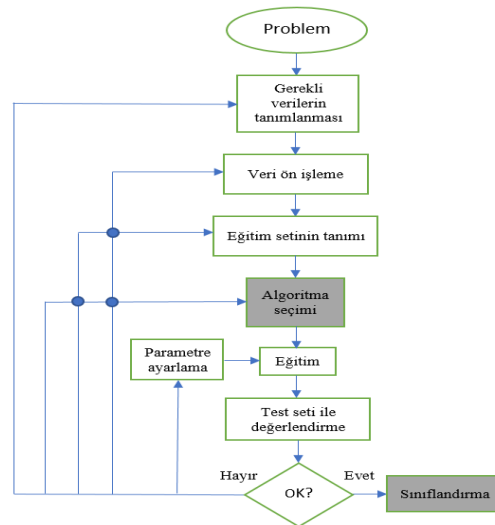
Denetimsiz öğrenme kullanıcının sisteme herhangi bir müdahalesi yoktur. Sadece girdi verileri sisteme verilir ancak herhangi bir işaretleme yapılmaz. Sistem otomatik olarak keşifler yapar ve ilişki ağını ortaya koymaya çalışır. Etiketli veri toplamak genellikle daha maliyetlidir ancak yalnızca örneklerden oluşan bir veri seti için algoritmanın verinin örüntülerini kendisinin keşfetmesi gerekir ve bu tür bir algoritmaya denetimsiz öğrenme denir (Long ve Zeng, 2022).

Yarı Denetimli Öğrenme

Yarı denetimli öğrenme hem etiketli hem de etiketsiz veriler üzerinde çalıştığı için yukarıda bahsedilen denetimli ve denetimsiz yöntemlerin bir melezi olarak tanımlanabilir (Han, Pei

ve Tong, 2022; Sarker, Kayes, Badsha ve Alqahtani, 2020). Bu nedenle, “denetimsiz” öğrenme ile “denetimli” öğrenme arasında yer alır. Başka bir ifadeyle; elde az sayıda etiketlenmiş veri buna karşın çok daha fazla sayıda etiketlenmemiş veri varsa denetimli öğrenme de denetimsiz öğrenme de yetersiz kalabilir. Bu durumda en ideal yöntem az sayıdaki etiketlenmiş veriden hareketle etiketlenmemiş veriler hakkında bilgi sahibi olmaya çalışmak, onları sınıflandırmaktır. Bu yönteme de yarı denetimli öğrenme denir. Denetimli öğrenme ile arasındaki en temel fark eldeki etiketlenmiş veri kümesidir. Denetimli öğrenmede etiketlenmiş veri sayısı fazla, tahmin edilmek istenen veri sayısı azken yarı denetimlide tam tersi bir durum söz konusudur.

Bu tez çalışmasında denetimli öğrenme kullanılmıştır. Çünkü öğretmen adaylarındaki öğrenme stillerini ve kavram yanılgılarını belirlemek için iki fen eğitimi alan uzmanı görev almıştır. Verilerin sınıflandırılması sürecinde veriler bu iki uzman tarafından etiketlenmiştir. Literatürde de belirtildiği gibi denetimli öğrenme paradigması, MÖ sürecinde bir öğretmen kullanır (Haykin, 2009). Denetimli öğrenme; belirli bir hedef veya çıktı değişkenine odaklanarak öğrenme sağlar. Bu durum, tahmin, sınıflandırma veya regresyon gibi belirli görevlerde yüksek hassasiyetle sonuçlar elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Eğiticinin etkileşimine dayalı olarak belirli bir görevi öğrenme yeteneği vardır, bu nedenle öğrenilen model belirli bir görevde oldukça iyileştirilmiş olabilir. Araştırmacı tarafından oluşturulan denetimli öğrenmeyi gerçek dünyadaki bir probleme uygulama süreci Şekil 2.2’de açıklanmaktadır.



Şekil 2.2. Denetimli makine öğrenmesi uygulama süreci

2.1.5. Kullanılan denetimli öğrenme sınıflandırıcıları

Makine öğrenimi ve veri bilimi literatüründe birçok sınıflandırma algoritması önerilmiştir (Han, 2022). Bu tez çalışmasında kullanılan en yaygın ve popüler yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)

ÇKA, biyolojik sinir sisteminden esinlenen bir yapay sinir ağı modelidir ve karmaşık veri yapılarını çözme yeteneği ile bilinir. ÇKA'nın mimarisi, eğitim veri setinde var olan daha karmaşık ilişkileri yakalamak için birden fazla gizli katmandan oluşur (Bisong, 2019). Bu model, çok katmanlı bir yapıya sahiptir ve her katman, öncekine kıyasla daha soyut ve yüksek seviyeli temsilleri öğrenme yeteneği taşır. Yapay sinir ağlarının temel bir türüdür ve genellikle karmaşık veri analizi ve sınıflandırma görevlerinde kullanılırlar. ÇKA, birçok yapay sinir hücresi veya nöronun birbirine bağlandığı çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Bu çok katmanlı yapı, verilerin daha karmaşık ilişkilerini öğrenme yeteneğini artırır. ÇKA sınıflandırıcıları, bir girdi katmanı, en az bir gizli katman ve bir çıkış katmanı içerir. Girdi katmanı, verileri ağı beslerken, gizli katmanlar, verilerin içsel temsiliyi oluşturmak ve öğrenmek için kullanılır. Çıkış katmanı ise, verileri belirli sınıflara atamak için son tahminleri üretir. Eğitim aşamasında, ÇKA, verileri içselleştirmek ve gizli desenleri öğrenmek için ağırlık matrislerini ve bias terimlerini günceller. Bu süreç, geri yayılım algoritması ile gerçekleştirilir ve ağı hata fonksiyonunu minimize etmeye odaklanır. ÇKA üzerinde daha hızlı eğitim hızı ve daha iyi özellik öğrenme ve sınıflandırma performansına yönelik daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu da açıktır (Tang, Deng ve Huang, 2015). ÇKA, en bilinen ve en sık kullanılan sinir ağı türüdür (Popescu, Balas, Perescu-Popescu ve Mastorakis, 2009). Dolayısıyla bu tez çalışmasında bu sınıflandırıcı yer alacaktır.

Destek Vektör Makinesi (DVM)

DVM, nesnelere etiket atamak için örneklerle öğrenen makine öğrenme algoritmasıdır (Boser, Guyon ve Vapnik 1992). DVM, veri noktalarını bir veya birden fazla sınıfa atama görevini yerine getirirken, en uygun ayırım sınırını bulmak amacıyla optimize edilir. DVM'nin temel amacı, veri noktalarını ayıran bir hiperdüzlem bulmaktır. Bu hiperdüzlem, iki sınıf arasındaki en büyük mesafeyi maksimize etmeye çalışır. Örüntü tanıma

problemlerinin DVM formülasyonu, diğer sınıflandırıcılara göre bir dizi avantajı beraberinde getirmektedir, örneğin (Cristianini ve Shawe-Taylor, 2000), bunlardan bazıları şunlardır: 1) Bir çözüme ulaşıldığında bunun tek (global) çözüm olduğu güvencesi, 2) çözümün iyi genelleme özellikleri, 3) öğrenme teorisi [yapısal risk minimizasyonu] ve optimizasyon teorisine dayalı sağlam teorik temel. Yukarıdaki özelliklerinden dolayı DVM birçok uygulamada başarıyla kullanılmıştır. Örneğin (Cortes ve Vapnik, 1995; Sebald ve Buklew, 2000). Dolayısıyla bu tez çalışmasında farklı bir sınıflandırıcı olarak DVM kullanılmıştır.

Gradyan Artırma (GA)

GA, özellikle regresyon ve sınıflandırma problemlerinde etkili bir makine öğrenme tekniği olarak öne çıkmaktadır (Kiangala ve Wang, 2021). Bu yöntem, zayıf karar ağaçlarının bir araya getirilerek güçlü bir tahminci oluşturulmasına odaklanır. Karar ağaçlarının sonuçlarını gradient descent algoritmasını kullanarak iyileştirir. Her bir ağaç, önceki ağaçların hatasını düzeltmeye odaklanarak eklenir, bu da modelin genel performansını artırır. GA'nın temel prensibi, kayıp fonksiyonu üzerinden modelin performansını ölçmek ve bu kayıp fonksiyonunu minimize etmeye çalışarak en uygun tahminçileri bulmaktır. Bu süreç, önceki ağaçların ürettiği tahmin hatalarının ağırlıklı bir şekilde düzeltilmesi yoluyla gerçekleşir.

Karar Ağacı (KA)

KA, birden çok karar ağacı üzerinden her bir karar ağacını farklı bir gözlem örneği üzerinde eğiterek çeşitli modeller üretilir, sınıflandırma oluşturmayı sağlayan ve özellikle sınıflandırma ve regresyon problemlerinde etkili olan bir makine öğrenme tekniğidir. Bu yöntem, her bir ağacın bağımsız olarak eğitildiği ve ardından tahminlerin bir araya getirilerek genel sonucun elde edildiği bir Ensemble (Topluluk) yöntemidir. KA, her ağacın kurulması sırasında rasgele örneklemeler ve özellik seçimleri kullanarak ağaçların birbirinden bağımsız olmasını sağlar. KA'nın başarısının temelinde, ağaçların birbirinden farklı hatalar yapma olasılığının yüksek olması ve bu hataların topluluk yöntemiyle düzeltilmesi stratejisi yatar (Arshad vd., 2023). Bu, genelde overfitting (aşırı uyum) problemlerini azaltmaya ve modelin daha genelleştirilebilir olmasına katkı sağlar.

Rastgele Orman (RO)

RO, her sınıflandırıcının girdi vektöründen bağımsız olarak örneklenen rastgele bir vektör kullanılarak oluşturulduğu ve her ağacın bir girdi vektörünü sınıflandırmak için en popüler sınıf için bir birim oy kullandığı ağaç sınıflandırıcılarının bir kombinasyonundan oluşur (Breiman, 1996).

Lojistic Regresyon (LR)

LR, istatistik ve makine öğrenimi alanlarında temel bir sınıflandırma yöntemi olarak kabul edilir. LR, birçok özellik veya değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmek ve bu analiz sonuçlarına dayanarak iki veya daha fazla sınıf arasında bir veriyi sınıflandırmak için kullanılır. Bu sınıflandırıcı, bir lojistik fonksiyon ile verileri sınıflandırır. Lojistik fonksiyon, sonucun bir olasılık değeri olarak ifade edildiği bir sıkıştırma işlemi yapar. Bu olasılık değerleri, tipik olarak sıfır ile bir arasında bir değer alır ve sonucun bir sınıfa ait olma olasılığını temsil eder. Modelin eğitim süreci, verileri kullanarak ağırlık katsayılarını öğrenmeyi içerir. Bu ağırlık katsayıları, veri özelliklerinin sınıf tahminine katkısını temsil eder. LR'nin önemli bir avantajı, modelin sonuçlarını istatistiksel anlamlılık ve güven aralıkları ile sunabilme yeteneğidir. Bu, araştırmacılara ve karar vericilere modelin tahminlerinin ne kadar güvenilir olduğunu anlama fırsatı sunar (Thabtah, Abdelhamid ve Peebles, 2019).

2.1.6. Topluluk modeli mimarisi

Topluluk modeli, birden fazla mono algoritmaları birleştiren ve ardından karmaşık bir sorunu çözmek için belirli bir toplama kuralını kullanan gelişmiş bir teknik olarak tanımlanmaktadır (Hosni, García-Mateos, Carrillo-de-Gea, Idri ve Fernandez-Aleman, 2020). Bir topluluk modelinin geliştirilmesi, üyelerinden herhangi birine kıyasla en azından daha yüksek tahmin doğruluğu elde etmede her bir modelin zayıf ve güçlü noktalarını otomatik olarak yönetmek için bir platform görevi görür (Hosni vd., 2020). Bernard vd.'ye (2017) göre, mono algoritmaların zayıflıklarının üstesinden gelebilecek hibrit algoritmalar da araştırılabilir.

2.1.7. Doğal dil işleme

Doğal Dil İşleme (DDİ), insan dilini anlamak, analiz etmek ve işlemek amacıyla bilgisayar bilimi ve dilbilimin birleştiği bir alan olarak tanımlanabilir (Biju vd., 2024). DDİ, bilgisayarların insan dilini anlama ve üretme yeteneklerini geliştirmeyi hedefler. Bu alanda gerçekleştirilen çalışmalar, dilin gramer yapısını, anlamını ve duygusal içeriğini çözümlemeye odaklanır (Kesgin ve Amasyali, 2024). DDİ, dil modellemeleri, makine öğrenimi algoritmaları ve derin öğrenme teknikleri gibi modern teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu sayede, metin ve konuşma gibi çeşitli dil verileri işlenebilir, analiz edilebilir ve otomatikleştirilebilir. Günümüzde DDİ, dil çevirisi, metin özetleme, duygu analizi, konuşma tanıma ve bilgi çıkarımı gibi pek çok uygulamada kullanılmaktadır (Kwabena, Wiafe, John ve Boateng, 2023). DDİ süreci, temel olarak birkaç ana aşamadan oluşur. Khurana vd. (2023) göre; ilk aşama, veri toplama ve ön işleme sürecidir. Bu aşamada, dil verisi temizlenir, normalleştirilir ve tokenizasyon, lemmatizasyon gibi işlemlerden geçirilir. İkinci aşama, özellik çıkarımıdır; burada, metin verisinden anlamlı özellikler ve temsiller elde edilir. Üçüncü aşama, modelin eğitilmesi ve test edilmesidir. Bu aşamada, seçilen makine öğrenimi veya derin öğrenme algoritmaları kullanılarak model eğitilir ve performansı değerlendirilir. Son aşama ise, modelin uygulanması ve sonuçların analiz edilmesidir. DDİ projelerinde kullanılan temel yöntemler arasında doğal dil anlama, doğal dil üretimi, kelime gömme (word embedding) ve dil modelleri (language models) bulunur. Bu yöntemler ve süreçler sayesinde, bilgisayarlar insan dilini daha etkili ve verimli bir şekilde işleyebilir, anlayabilir ve yanıt verebilir hale gelir (Biju vd., 2024).

2.2. İlgili Araştırmalar

Bu bölümde farklılaştırılmış öğretimle ilgili literatürde hem yurt içinde hem de yurt dışında yapılan çalışmalar yer almaktadır.

2.2.1. Yurt içinde yapılmış araştırmalar

Belir (2010) yapmış olduğu çalışmada farklılaştırılmış öğretim uygulamasının öğrenme düzeyine olan etkisine bakmıştır. Uygulama ilköğretim 3. sınıf hayat bilgisi dersinde katlı öğretim tasarımı kullanarak gerçekleştirilmiştir. Hem Öğretmen hemde öğrenci görüşme formu, gözlem formu ve başarı testini veri toplama aracı olarak kullanmıştır. Araştırma

sonuçlarına bakıldığında farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının örneklem grubunda yer alan öğrencilerin tamamının öğrenmelerini olumlu yönde etkilediği ve motivasyonlarını artırdığı gözlenmiştir.

Şaldırdak'ın (2012) yüksek lisans tezinde, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının öğrencilerin matematik başarıları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma, 2010–2011 eğitim-öğretim yıllarında yürütülmüş olup deney ve kontrol gruplu ön test–son test deneysel desen kullanılmıştır. Veriler, araştırmacı tarafından geliştirilen Matematik Başarı Testi ile toplanmıştır. Çalışmada, farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin matematik başarılarında anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığı ve bu etkinin cinsiyete göre değişip değişmediği araştırılmıştır. Ayrıca, öğrencilerin farklılaştırılmış öğretime yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla kompozisyon yazıları da veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Bulgular, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının öğrencilerin matematik başarılarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Demir'in (2013) araştırması, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, öğrenme yaklaşımları ve öğrenmenin kalıcılığı üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmada öğrenme yaklaşımları, öğrencilerin bilgiyi belleklerine işleme biçimlerine göre derin ve yüzeysel olmak üzere iki grupta ele alınmış; farklılaştırılmış öğretim yöntemlerinin bu tercihler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deney ve kontrol gruplarının yer aldığı çalışmada veri toplama araçları olarak Akademik Başarı Testi ve Öğrenme Yaklaşımları Envanteri kullanılmıştır. Bulgular, farklılaştırılmış öğretim uygulanan deney grubundaki öğrencilerin akademik başarı, kalıcılık ve derin öğrenme puanlarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Taş'ın (2013) çalışması, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin bilişüstü becerileri ile matematik dersinde olasılık konusundaki akademik başarılarına etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Araştırmada ön test–son test kontrol gruplu deneysel desen kullanılmıştır. Öğretim sürecinde, öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri, ilgi alanları ve öğrenme stilleri dikkate alınarak içerik, süreç ve ürün boyutlarında farklılaştırma yapılmıştır. Uygulamada merkezler, katlı öğretim ve istasyon stratejilerinden yararlanılmıştır. Bulgular, öğrencilerin bilişüstü becerileri açısından deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadığını; ancak akademik başarı bakımından deney grubu lehine anlamlı bir farklılık ortaya çıktığını göstermiştir.

Altıntaş'ın (2014) karma desenle gerçekleştirdiği araştırmada, matematik dersinde içerik, süreç, ürün ve öğrenme ortamı boyutlarında yapılan farklılaştırmaların öğrencilerin akademik başarıları ve yaratıcı düşünme becerileri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, ilköğretim 5., 6. ve 7. sınıflarda öğrenim gören, 68'i üstün zekâlı olmak üzere toplam 144 öğrenciyle yürütülmüştür. Veri toplama sürecinde Akademik Başarı Testi, Yaratıcılık Testi, öğretmen ve öğrenci görüşme formları kullanılmıştır. Araştırma bulguları, başarı ve yaratıcılık puanlarındaki artışların deney gruplarında kontrol grubuna kıyasla daha yüksek ve anlamlı olduğunu göstermiştir. Öğrenciler, uygulamayı ilgi çekici, eğlenceli ve öğretici bulduklarını, ayrıca farklı derslerde de benzer etkinliklerin uygulanmasını istediklerini ifade etmişlerdir.

Özkanoglu'nun (2015) araştırması, okul öncesi öğretmenlerinin farklılaştırılmış öğretim hakkındaki görüşlerini ve sınıf içi uygulamalarını incelemeye odaklanmıştır. Çalışmada 19 okul öncesi öğretmenin sınıf içi uygulamaları gözlemlenmiş ve öğretmenlerle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, öğretmenlerin farklılaştırılmış öğretime karşı olumlu tutum sergilediklerini, bu yaklaşımı faydalı bulduklarını ve farklılaştırmayı çoğunlukla öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeylerine göre gerçekleştirdiklerini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, öğretmenlerin planlama sürecinde ve sınıf yönetiminde çeşitli güçlüklerle karşılaştıkları da belirlenmiştir.

Ekinci'nin (2016) araştırması, ilkokul 3. sınıf öğrencileriyle matematik dersi Kesirler konusunda yapılan öğretimin öğrenme stillerine göre farklılaştırılarak uygulanmasının, öğrencilerin akademik başarılarına ve matematiğe yönelik tutumlarına etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma karma yöntemle yürütülmüş; nicel bölümünde ön test-son test kontrol gruplu deneysel desen kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarında, akademik başarı düzeyleri birbirine yakın 20'şer öğrenci yer almıştır. Veri toplama sürecinde Matematik Başarı Testi, Matematik Tutum Ölçeği, Öğrenme Stilleri Ölçeği ve Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüşme Formu kullanılmıştır. Çalışma sonunda, başarı testi son test puanları deney grubu lehine anlamlı farklılık göstermiştir. Öğrenciler ayrıca matematik dersini daha eğlenceli bulduklarını, derse yönelik motivasyonlarının arttığını ve konuların gerçek yaşamla ilişkilendirilmesi sayesinde öğrenmelerinin kalıcı hale geldiğini belirtmişlerdir.

Kaplan'ın (2016) araştırması, fen bilimleri dersinde farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları, kavramsal anlamaları ve bilimsel süreç

becerileri üzerindeki etkilerini incelemeye odaklanmıştır. Çalışma, tek grup ön test–son test desenine dayalı zayıf deneysel model ile yürütülmüş ve 7. sınıfta öğrenim gören 12 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde, çeşitli farklılaştırılmış öğrenme stratejileri bir arada kullanılmış ve toplam dört hafta boyunca, 16 ders saati sürecektir şekilde planlanmıştır. Araştırma bulguları, farklılaştırılmış öğretim yöntemlerinin öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını, kavramsal anlamalarını geliştirdiğini ve bilimsel süreç becerilerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir.

Karip'in (2016) çalışmasında, güzel sanatlar dersinde ilgi merkezleri tekniğine dayalı farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına ve derse yönelik tutumlarına etkisi araştırılmıştır. Araştırma, 7. sınıf öğrencileriyle kontrol gruplu ön test–son test yarı deneysel desen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler, Akademik Başarı Testi ve Görsel Sanatlar Tutum Ölçeği aracılığıyla toplanmıştır. Elde edilen bulgular, deney grubundaki öğrencilerin akademik başarı test puanlarının kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, derse yönelik tutumlar açısından deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Durmuş'un (2017) karma yöntemle gerçekleştirdiği çalışmada, farklılaştırılmış öğretimin farklı başarı düzeylerindeki öğrencilerin akademik performansları ve öğrenmenin kalıcılığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın nicel bölümünde, ön test–son test kontrol gruplu deneysel desen kullanılmış; öğrencilerin derse yönelik tutumları, yaş ve cinsiyet gibi değişkenlerin akademik başarı ve öğrenme kalıcılığına etkisi araştırılmıştır. Nitel boyutta ise durum çalışması yöntemiyle nicel bulguların desteklenmesi amaçlanmıştır. Uygulama, ilköğretim 2. sınıf Hayat Bilgisi dersinde yürütülmüş ve toplam 14 ders saatini kapsayacak biçimde dört hafta sürmüştür. Araştırma bulguları, hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin son test puanlarının yükseldiğini, ancak öğrenmenin kalıcılığı açısından farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Öğretmenler, bu yöntemin hem kendi öğretim süreçlerini hem de öğrencilerin öğrenme deneyimlerini olumlu yönde etkilediğini; öğrencilere farklı bakış açıları kazandırdığını ve derslere yönelik ilgi ile motivasyonu artırdığını ifade etmişlerdir.

Salar'ın (2018) araştırması, fizik eğitiminde farklılaştırılmış öğretim ile 5E öğrenme modelinin çeşitli değişkenler üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmada, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları, fizik öz-yeterlik

inançları, kavram yanılgılarının giderilmesi ve sınıf iklimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular, farklılaştırılmış öğretimin özellikle düşük ve orta düzeyde başarı gösteren öğrencilerin akademik performanslarını 5E öğrenme modeline kıyasla daha fazla geliştirdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, yüksek başarı gösteren öğrencilerin akademik sonuçları açısından iki yöntem arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Fizik öz-yeterlik inançları bakımından kontrol ve deney grupları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Sonuçlar ayrıca, farklılaştırılmış öğretim yaklaşımının öğrencilerin kavram yanılgılarının giderilmesine katkı sağladığını ve olumlu, destekleyici bir sınıf iklimi oluşturduğunu göstermiştir.

Tüfekçi'nin (2018) araştırması, ön test-son test-tekrar test ve kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada, deney grubundaki öğrencilere bağımsız değişken olarak farklılaştırılmış öğretim uygulanırken, kontrol grubundaki öğrencilere mevcut öğretim programındaki etkinlikler doğrultusunda öğretim yapılmıştır. Uygulama sürecinde, 7. sınıf fen bilimleri dersinin “Vücudumuzu Tanıyalım” ünitesi işlenmiştir. Araştırmada bağımlı değişkenler olarak öğrencilerin akademik başarıları, fen bilimlerine yönelik tutumları ve özyeterlik algıları ele alınmıştır. 2016–2017 eğitim-öğretim yılı güz döneminde, Sivas ili merkez ilçesinde yer alan bir ortaokulda kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemiyle seçilen öğrenciler üzerinde gerçekleştirilen çalışmaya toplam 74 öğrenci katılmıştır. Ölçme aracı olarak öğrencilerin akademik başarı ve kalıcılıklarını belirlemek için Akademik Başarı Testi, fen dersine yönelik tutumlarını ölçmek için Fen Bilimleri Tutum Ölçeği, özyeterlik düzeylerini tespit etmek için ise Özyeterlik Algısı Ölçeği kullanılmıştır. Veriler t-testi ve tekrarlı ölçümler için tek faktörlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını, fen bilimleri dersine karşı olumlu tutum geliştirmelerine katkı sağladığını ve özyeterlik algılarını güçlendirdiğini ortaya koymuştur. Sonuçlar, fen bilimleri derslerinde farklılaştırılmış öğretim tasarımlarına uygun programların geliştirilmesi ve okullarda uygulanmasının dersin niteliğini yükseltmek açısından yararlı olacağını göstermektedir.

Karakuş'un (2019) araştırmasında, 7. sınıf öğrencileriyle “Kütle ve Ağırlık” ünitesi hem geleneksel yöntemle hem de karikatür destekli öğretim yöntemiyle işlenmiştir. Çalışmanın başlangıcında öğrencilerin bilgi düzeyleri benzerlik gösterirken, uygulama sonrasında deney grubunun bilgi düzeyinde belirgin bir artış olduğu saptanmıştır. Ayrıca, karikatür etkinlikleri sonrasında öğrencilerin kazandıkları bilgileri korudukları gözlemlenmiştir. Sonuçlar,

öğrencilerin gerek soru bazında gerekse toplam puan açısından gelişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Deney grubunda ise uygulama öncesine kıyasla öğrencilerin ortalama yaklaşık 21 puanlık anlamlı bir ilerleme kaydettiği belirlenmiştir.

Tüfekçi ve Hançer'in (2019) çalışmasının amacı, fen bilimleri dersinde uygulanan farklılaştırılmış öğretim etkinlikleri ile mevcut öğretim programındaki etkinliklerin öğrencilerin akademik başarılarına, fen dersine yönelik tutumlarına ve öğrenmenin kalıcılığına etkisini karşılaştırmaktır. Araştırma, ön test–son test–tekrar test ve kontrol gruplu yarı deneysel desen doğrultusunda yürütülmüştür. Çalışma, Sivas ili merkez ilçesinde bulunan bir ortaokulun 7. sınıfında öğrenim gören ve kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemiyle seçilen 74 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Beş hafta süresince haftada dört saat olmak üzere her iki gruba da “Vücudumuzu Tanıyalım” ünitesi işlenmiştir. Ölçme araçları olarak öğrencilerin akademik başarı ve öğrenme kalıcılığını değerlendirmek amacıyla Akademik Başarı Testi, fen dersine karşı tutumlarını belirlemek amacıyla ise Fen Bilimleri Tutum Ölçeği kullanılmıştır. Veriler t-testi ve ANOVA ile analiz edilmiştir. Araştırma bulguları, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı, öğrenmenin kalıcılığını desteklediği ve fen bilimleri dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda, fen bilimleri dersinde farklılaştırılmış öğretim yaklaşımına uygun programların geliştirilmesi ve okullarda yaygın olarak uygulanmasının dersin niteliğini artıracığı önerilmektedir.

Bağrıyanık'ın (2020) çalışması, sekizinci sınıf düzeyinde doğrusal denklemler konusunun farklılaştırılmış öğretim yöntemiyle işlenmesinin öğrencilerin akademik başarıları, öz-düzenleme stratejileri, motivasyonel inançları ve üstbiliş farkındalıkları üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Araştırma, 2019–2020 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde Konya ili Meram ilçesinde bulunan iki ortaokulda gerçekleştirilmiş ve toplam 49 öğrenciyle yürütülmüştür. Uygulama süreci dokuz hafta devam etmiştir. Çalışmada, verilerin elde edilmesi ve değerlendirilmesinde nicel yöntemler kullanılmıştır. Araştırma modeli ön test–son test kontrol gruplu yarı deneysel desen olarak belirlenmiştir. Deney ve kontrol grupları, öğrencilerin çalışmaya katılım konusundaki gönüllülükleri dikkate alınarak ve grupların dengeliği gözetilerek oluşturulmuştur. Araştırma bulguları, deney grubu öğrencilerinin akademik başarı puanlarının kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, öz-düzenleme stratejileri açısından da deney grubu lehine anlamlı bir artış belirlenmiştir. Motivasyonel inançlarda da deney grubu öğrencilerinin

lehine gelişme saptanırken, üstbiliş farkındalıkları açısından deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Avcı, Çelik ve Bayram'ın (2022) yürüttüğü araştırmada, farklılaştırılmış öğretim yöntemlerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları ile girişimcilik becerilerine olan etkisi incelenmiştir. Çalışma, ön test–son test kontrol gruplu yarı deneysel desenle tasarlanmış olup, İstanbul'daki bir ortaokulun 6. sınıfında öğrenim gören toplam 57 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Deney grubunu oluşturan 29 öğrenciye “Elektirğin İletimi” ünitesi farklılaştırılmış öğretim uygulamalarıyla işlenirken; 28 öğrenciden oluşan kontrol grubunda dersler, fen bilimleri öğretim programına uygun şekilde yürütülmüştür. Deney grubunda öğretim süreci, öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri, ilgi alanları ve öğrenme stilleri göz önünde bulundurularak; “istasyon, ajanda, öğrenme merkezleri, giriş noktası ve kademelendirilmiş öğretim” teknikleri temelinde içerik, süreç ve ürün boyutlarında farklılaştırılmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak 25 maddelik Yaşamımızdaki Elektrik Başarı Testi ile 28 maddeden oluşan Fen Laboratuvarı Girişimcilik Ölçeği kullanılmış; bu ölçekler hem ön test hem de son test olarak deney ve kontrol gruplarına uygulanmıştır. Elde edilen veriler bağımsız örneklemeler için t-testi ile analiz edilmiştir. Son test sonuçları incelendiğinde, deney ve kontrol grupları arasında deney grubu lehine anlamlı farkların ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bulgular, farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının girişimcilik becerilerinin geliştirilmesinde ve akademik başarıyı artırmada mevcut program uygulamalarına göre daha etkili olduğunu göstermektedir.

Çalgıcı ve Duru'nun (2023) araştırması, fen eğitiminde farklılaştırılmış öğretim yaklaşımının öğrencilerin üstbilişsel farkındalıkları, kavramsal öğrenmeleri ve akademik başarıları üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın bir diğer hedefi ise öğrencilerin farklılaştırılmış öğretime yönelik görüşlerini ortaya koymaktır. Araştırma, nicel ve nitel verilerin birlikte ele alındığı, elde edilen bulguların sıralı açımlayıcı karma desen doğrultusunda bütünleştirildiği bir tasarımla yürütülmüştür. Uygulama sürecinde, öğrencilerin çoklu zekâ envanteri, gözlem ve görüşmeler aracılığıyla belirlenen zekâ alanları dikkate alınarak zenginleştirilmiş ders içerikleri hazırlanmış ve farklılaştırılmış öğretim etkinlikleri uygulanmıştır. Analizler sonucunda, deney ve kontrol gruplarının üstbilişsel farkındalık ölçeği puanlarında uygulama öncesi ve sonrası anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Buna karşın, “Kütle ve Ağırlık İlişkisi” konusundaki kavramsal anlamalar, açık uçlu sorular ve görüşmelerle değerlendirildiğinde farklılaştırılmış öğretimin etkili

olduğu görülmüştür. Deney grubundaki öğrencilerle yapılan görüşmelerde, akademik gelişim düzeyleri farklılık gösterse de katılımcıların genelinin bu öğretim yaklaşımını yararlı ve eğlenceli bulduğu, ayrıca diğer derslerde de uygulanmasını istedikleri belirlenmiştir. Araştırmanın sonunda, fen eğitiminde farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının öğrenciler arasındaki akademik başarı farklarını azaltabileceği ve kavramsal anlamaları önündeki engelleri ortadan kaldırabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Akçayır (2025) tarafından yürütülen çalışmada, dijital öykü kartlarının yazılı anlatım becerilerine etkisi, "denekler arası yoklama evreli çoklu yoklama" deseniyle incelenmiştir. Çalışma, Ankara'daki bir BİLSEM ve özel eğitim merkezinden üçer üstün yetenekli ve öğrenme güçlüğü yaşayan toplam altı öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Dijital öykü kartlarının sınıf içi kullanımına yönelik ihtiyaç, sosyal medya verilerinden elde edilen içerikler ve öğretmen görüşleri doğrultusunda analiz edilmiştir. Doğal dil işleme teknikleriyle desteklenen bu süreçte, kartların öğretim eksikliklerini giderme potansiyeli değerlendirilmiştir. Uygulamada öğrencilere farklılaştırılmış yazma etkinlikleri sunulmuş, yazılı anlatımları çeşitli ölçme araçlarıyla değerlendirilmiştir. Sonuçlar, dijital öykü kartlarının hem üstün yetenekli hem de öğrenme güçlüğü yaşayan öğrencilerin yazma becerilerini geliştirmede etkili olduğunu ortaya koymuştur. Araştırma, teknoloji destekli bireyselleştirilmiş öğretim materyallerinin sınıf içi uygulamalarına yönelik önemli çıkarımlar sunmaktadır.

2.2.2. Yurt dışında yapılmış araştırmalar

Richards ve Omdal (2007), "Astronomi ve Newton Fiziği" konularında farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına etkisini, katlı öğretim stratejisi çerçevesinde incelemiştir. Yarı deneysel desenle yürütülen çalışmada, 1. sınıf düzeyinden toplam 388 öğrenciyle 7 deney ve 7 kontrol grubu oluşturulmuştur. Deney grubu öğrencileri ön bilgi düzeylerine göre sınıflandırılarak her gruba özgü içerikler sunulmuş; öğretmenler ise süreç boyunca uzman desteğiyle yönlendirilmiştir. Dört haftalık uygulama sonucunda, özellikle düşük ve orta düzeydeki öğrencilerin başarılarında anlamlı artış gözlemlenirken, yüksek başarı düzeyindeki öğrenciler arasında belirgin bir fark bulunmamıştır. Bu bulgular, farklılaştırılmış öğretimin akademik başarıyı özellikle destekleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Koeze (2007) tarafından gerçekleştirilen bu araştırmada, farklılaştırılmış öğretimin ilköğrencilerinin akademik başarılarına etkisi karma yöntemle incelenmiştir. Veri toplama sürecinde anketler, test sonuçları, görüşmeler ve sınıf gözlemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, farklılaştırma stratejilerinin hem öğrenme başarısını hem de öğrenci memnuniyetini artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, öğretmenlerin farklılaştırılmış öğretime geçişte öğrencilerinin öğrenme stillerini belirleyerek başlamlarının önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Luster (2008), farklılaştırılmış öğretimin öğrenci başarısına etkisini incelemek amacıyla, geleneksel sınıf öğretimi ile farklılaştırılmış öğretimi karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. 4. sınıf düzeyinde, altı şubeden oluşan öğrenci grubu ile yürütülen bu nicel araştırmada, veriler matematik yeterlilik testi ve öğretmen tutum anketleri aracılığıyla toplanmıştır. Bulgular, farklılaştırılmış öğretim stratejisinin matematik başarısını artırmada geleneksel öğretime kıyasla anlamlı bir fark yarattığını ortaya koymuştur. Katılımcı öğretmenler, öğretim stratejilerinin farklı öğrenme stillerine uyum sağlaması gerektiği konusunda görüş birliğine varırken; öğrenciler, çoklu zekâ uygulamalarına yönelik çeşitli bakış açıları sergilemiştir.

Sondergeld ve Schultz (2008), ilköğretim 3. sınıf fen bilgisi dersinde basit makineler konusunu içerik, süreç, ürün ve öğrenme ortamı açısından farklılaştırarak öğrenci ve öğretmen görüşlerini incelemişlerdir. Üç haftalık çalışma sürecinde esnek gruplamalar ve kademelendirilmiş etkinlikler kullanılmıştır. Görüşmeler sonucunda öğrenciler farklılaştırılmış öğretimi sevmiş ve derslerin daha eğlenceli olduğunu belirtmişlerdir. Öğretmenler ise sürecin beklenenden zor olduğunu ve farklılaştırmaya basit konulardan başlanması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Johnson (2010), farklılaştırılmış öğretimin 8. sınıf Afrika kökenli ve Asya kökenli öğrenciler arasındaki akademik başarı farklarına etkisini karma yöntemle incelemiştir. Araştırmada, deney grubundaki 30 öğrenciye farklılaştırılmış öğretim uygulanırken, kontrol grubundaki 30 öğrenciye geleneksel öğretim verilmiştir. Nicel veriler Chicago Devlet Okulları değerlendirme testiyle ön ve son test olarak toplanmış ve analiz edilmiştir. Sonuçlar, iki grup arasında başarı açısından anlamlı bir fark göstermemiştir. Ancak, öğretmenlerin görüşleri farklılaştırılmış öğretimin öğrenci başarısını olumlu etkilediği yönündedir.

Bondley (2011), farklılaştırılmış öğretimin ortaokul matematik öğrencilerinin öğrenme süreçlerine etkisini nitel yöntemlerle incelemiştir. Beş haftadan uzun süren çalışmada, grup çalışmaları, ön ve son değerlendirmeler ile ilgi çekici proje uygulamalarının farklılaştırılmış öğretimin olumlu sonuçlarını desteklediği görülmüştür. Ancak, öğretmenlerin başlangıçta artan iş yükü ve stres yaşadığı da rapor edilmiştir.

Dinescu, Miron ve Barna (2011), farklılaştırılmış öğretimin fizik dersindeki öğrenme, ilgi ve motivasyona etkisini ortaokul, lise ve yüksekokul öğrencileriyle araştırmışlardır. Öğrencilerin öğrenme stilleri “Öğrenme Stilleri 34 Envanteri” ile belirlenerek, benzer seviyelerde üç deney ve üç kontrol sınıfı oluşturulmuştur. “Kuvvetler ve Güç” ünitesinde öğrencilerin hazırbulunuşluk ve öğrenme profillerine uygun farklılaştırma stratejileri uygulanmıştır. Ön test-son test kontrollü deneysel desene dayanan sonuçlar, farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin öğrenme başarısını, derse olan ilgisini ve motivasyonunu artırdığını göstermiştir.

Badgett (2015), ortaokul matematik ve fen derslerinde farklılaştırılmış öğretim yöntemlerinin kullanımını ve bunların akademik başarı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada, bilgisayar tabanlı öğretim, grup projeleri, bağımsız çalışma, öğrenme stilleri, akranla öğrenme ve kademelendirilmiş etkinliklerin kullanım sıklığı ölçülmüş; öğrencilerin başarı düzeyleri sınıf yüzdeleriyle analiz edilmiştir. Sonuçlar, kademelendirilmiş etkinlikler ve bilgisayar destekli öğretimin başarıyla olumlu ilişki içinde olduğunu gösterirken, esnek gruplama ve akranla öğrenme yöntemlerinin öğrenme sürecinde olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir.

Mathurin (2018), öğretmenlerin farklılaştırılmış öğretim yöntemini kullanma durumlarını ve bu süreçte karşılaştıkları engelleri araştırmıştır. Beş farklı ortaokulda görev yapan yirmi matematik öğretmeniyle gerçekleştirilen çalışma, görüşme ve gözlem verileriyle desteklenmiştir. Sonuçlar, öğretmenlerin farklılaştırılmış öğretimin önemini kavradıklarını ancak zaman kısıtları, kaynak eksikliği, sınıf yönetimi zorlukları ve okul yönetiminden yeterli destek alamamaları nedeniyle uygulamada çeşitli güçlükler yaşadıklarını ortaya koymuştur.

Ginja ve Chen (2020), öğretmen eğitimcilerinin farklılaştırılmış öğretime yönelik tutumları ve deneyimlerini açıklayıcı sıralı karma yöntemle incelemişlerdir. 67 öğretmen eğitimcisiyle

gerçekleştirilen araştırmada anket ve mülakat teknikleri kullanılmıştır. Sonuçlar, öğretmen eğitimcilerinin farklılaştırılmış öğretimin çeşitlilik içeren sınıflarda kullanılmasının önemini benimsediklerini göstermiştir. Bu yaklaşımın motivasyonu artırdığı, öğretmen-öğrenci ilişkilerini geliştirdiği ve başarı farklarını azalttığı belirtilmiştir. Ancak, sınıf mevcudu, yetersiz mesleki gelişim olanakları, farklılaştırmanın yanlış anlaşılması ve altyapı eksiklikleri gibi engeller de tespit edilmiştir. Araştırma, öğretmen yetiştirme programlarında uygulama derslerinin artırılması, farkındalık çalışmaları yapılması ve gerekli kaynakların sağlanması önerileriyle sonlanmıştır.

Krishan ve Al-rsa'i (2023), teknoloji odaklı farklılaştırılmış öğretim stratejisinin üçüncü sınıf öğrencilerinin fen öğrenmeye yönelik motivasyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Yarı deneysel yöntemin kullanıldığı çalışmada, fen öğrenmeye motivasyon dört boyutta (akademik, sosyal, kendi kendine organize öğrenme ve merak) ölçülmüştür. Araştırmanın örneklemini, Ürdün'deki bir okulda öğrenim gören 58 öğrenciden oluşmuş, deney grubuna teknoloji odaklı farklılaştırılmış öğretim uygulanırken kontrol grubu geleneksel yöntemle eğitim almıştır. Sonuçlar, teknoloji destekli farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin fen öğrenme motivasyonunu artırmada geleneksel yaklaşıma göre daha etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Gibbs, Thomas, Coelho ve Al-Qassas (2023), Avustralya'daki büyük bir ortaokulda FÖ uygulamasında karşılaşılan zorlukları araştırmışlardır. Öğretmenler ve yöneticilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda üç temel sorun alanı belirlenmiştir: öğretmenlerin karşılaştığı engeller, okul yöneticilerinin kısıtlamaları ve FÖ ile ilgili hizmet öncesi ve hizmet içi eğitimlerin yetersizliği. Öğretmenler, kaynak eksikliği, öğrenci davranış problemleri ve zaman yetersizliği gibi sıkıntılardan şikayetçi olurken; yöneticiler de zaman kısıtlamaları ve deneyimli öğretmenlerin FÖ'yü benimsemedeki çekingenliklerine dikkat çekmiştir. Ayrıca, öğretmen eğitim programlarının FÖ konusunda yeterince açık ve kapsamlı olmadığı ortaya konmuştur. Çalışma, FÖ'nün daha etkili uygulanabilmesi için öğretmen eğitimi ve okul yönetimi alanında daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Hidayat, Basthomi ve Afrilyasanti (2024), nitel çalışmalarında, öğretmenlerin FÖ eğitiminde yaratıcılıklarını nasıl ifade ettiklerini ve hangi yaratıcılık alanlarının ele alınması gerektiğini araştırmayı amaçlamışlardır. Veriler, altı Endonezyalı EFL ortaokul

öğretmenin öğretim performanslarının gözlemlenmesi ve görüşmeleri yoluyla toplanmıştır. Gözlemler için DI-Quest aracı kullanılmış, görüşme rehberinin oluşturulmasında ise İngilizce Dil Öğretiminde Yaratıcılık Ölçeği (ELT-CS) kullanılmıştır. Bulgular, motivasyon, özgünlük ve ayrıntılandırma, beyin fırtınası, akıcılık ve esneklik ile baskı ve materyaller olmak üzere beş boyutta çeşitli yaratıcılık türlerini ortaya koymuştur. Ancak, öğretmenler FÖ sınıflarında özerklikle ilgili yaratıcı yönü ifade etmekte güçlük çekmişlerdir. Özellikle öğretmen mesleki gelişim programlarında ele alınması gereken bazı pedagojik çıkarımlar sunulmuştur.

Ardenlid, Lundqvist ve Sund (2025), öğretmenlerin FÖ uygulamalarına dair araştırma sonuçlarını belirlemek ve sentezlemek, özellikle üstün yetenekli öğrencilere odaklanmaktır. Sistematik bir yöntem kullanılarak gerçekleştirilen kapsam taraması ve tematik analiz sonucunda, 22 araştırma makalesi incelenmiş ve 11 farklı FÖ uygulama türü (teması) belirlenmiştir: (1) ortak hedef, (2) öz değerlendirme ve yansıtma, (3) temel görevler ve zorluklar, (4) öğretmen ve akran desteği, (5) etkinlikler ve materyaller, (6) özgün içerik ve sınıf dışı öğrenme, (7) ayarlanmış hız, (8) seçenekler ve tercihler, (9) özelleştirilmiş sorular ve tartışmalar, (10) öğrenmeyi öğrenme ve çalışma becerileri, (11) tüm öğrencilerin gelişimini destekleyen olumlu sınıf atmosferi. Bu temalar uyum içinde bir araya gelmekte ve aynı zamanda kapsayıcı uygulamalar olarak değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, bu FÖ uygulamalarını kullanarak başarılı bir kapsayıcılığın planlanması ve uygulanması için rehberlik önerileri sunulmuş ve tartışılmıştır.

Estaiteyeh ve DeCoito (2025) tarafından yapılan çalışmada, kapsayıcı uygulamaları STEM sınıflarında teşvik etmek amacıyla bu araştırma, öğretmen adaylarının (ÖA) farklılaştırılmış öğretim (FÖ) konusundaki görüş ve anlayışlarını incelemektedir. Makale şu araştırma sorularına odaklanmaktadır: (1) Ortaöğretim düzeyinde STEM öğretmen adaylarının FÖ hakkındaki başlangıç görüşleri ve anlayışları nelerdir? (2) FÖ uygulamalarıyla zenginleştirilmiş bir müfredat ve pedagojik dersin, öğretmen adaylarının FÖ'ye ilişkin görüş ve anlayışlarına etkisi nedir? Çalışma karma yöntemli bir yaklaşımla yürütülmüş; veri kaynakları olarak ön-son test anketleri ve yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır. Katılımcılar, Kanada'daki bir üniversitenin öğretmen yetiştirme programına kayıtlı 19 öğretmen adaydır. Bulgular, söz konusu dersin öğretmen adaylarının FÖ'ye dair görüşlerinde kayda değer bir gelişme sağladığını ve FÖ stratejilerine dair daha derin bir anlayış kazandırdığını göstermektedir.

Jarnawi, Haeruddin, Werdhiana, Syamsuriwal ve Mu'aziyah (2025) tarafından yapılan çalışmanın amacı, Gregorc'un Öğrenme Stili Modeli'ni farklılaştırılmış öğretime entegre ederek fen eğitimini geliştirmektir. Bu sayede öğrencilerin çeşitli bilişsel ihtiyaçlarına hitap edilerek akademik başarılarının ve fen eğitimindeki öğrenme çıktılarının artırılması hedeflenmiştir. Bu çalışma, Gregorc'un Öğrenme Stili Modeli'ni farklılaştırılmış öğretimle entegre ederek fen öğretiminde öğrenci başarısını artırmayı amaçlamaktadır. MTs Al-Khairaat Bora'da yürütülen yarı deneysel çalışmada, 70 öğrencinin bilişsel stilleri Gregorc Öğrenme Stili Modeli ile belirlenmiş ve buna uygun farklılaştırılmış öğrenme modülleri uygulanmıştır. Veriler; ön test-son test puanları, sınıf içi gözlemler ve anketlerle toplanmıştır. Araştırmada en yaygın bilişsel stiller Soyut-Rastlantısal (%30,22) ve Somut-Rastlantısal (%28,30) olarak bulunmuştur. Bu stillere göre yapılan öğretim, deney grubunun başarı puanlarını 65'ten 85'e yükseltmiş; bu artış, kontrol grubunun (64'ten 70'e) üzerindedir. Sonuç olarak, çalışma öğrencilerin bilişsel stillerine uygun öğretimin akademik başarıyı ve derse katılımı artırdığını göstermekte; fen eğitiminde bireyselleştirilmiş yaklaşımların önemini vurgulamaktadır.

2.3. Literatür Taramasına Yönelik Sonuç ve Değerlendirme

Bu başlıkta, Türkiye'de ve uluslararası literatürde FÖ üzerine yapılmış çalışmalar özetlenerek, bulguların ortak eğilimleri, metodolojik farklılıkları ve uygulamadaki güçlü/zayıf yönleri bir arada tartışılmaktadır. Amaç, tez kapsamında ele alınan FÖ, kavramsal öğrenme ve öğrenme stilleri ekseninde YZ ve MÖ temelli olarak geliştirilen modellerin özgün katkı noktasını ortaya koymaktır.

Türkiye'de 2010 sonrası ivme kazanan çalışmalar, FÖ'nün ilkökul ve ortaokul düzeylerinde, özellikle matematik ve fen bilimleri derslerinde yaygın biçimde uygulandığını göstermektedir. Erken dönem araştırmalar (Beler, 2010; Şaldırdak, 2012; Demir, 2013; Taş, 2013) FÖ'nün öğrencilerin öğrenme düzeyini, akademik başarı ve motivasyonlarını artırdığını; kalıcılığı desteklediğini ve öğrencileri derin öğrenmeye yönelttiğini ortaya koymuştur. Takip eden çalışmalar (Altıntaş, 2014; Özkanoglu, 2015; Ekinci, 2016; Kaplan, 2016; Karip, 2016) FÖ'nün yalnızca başarıyı değil, yaratıcılık, bilimsel süreç becerileri ve derse yönelik tutum gibi alanlarda da olumlu etkiler ürettiğini göstermektedir. Buna karşılık öğretmen görüşlerinde, planlama, materyal geliştirme ve sınıf yönetimi konularında ek destek gereksinimi sıkça vurgulanmıştır. 2017 ve sonrası çalışmalar (Durmuş, 2017; Salar,

2018; Tüfekçi, 2018; Karakuş, 2019; Tüfekçi ve Hançer, 2019; Bağrıyanık, 2020; Avcı, Çelik ve Bayram, 2022; Çalgıcı ve Duru, 2023; Akçayır, 2025), FÖ'nün farklı öğrenci profillerinde öz-yeterlik, girişimcilik becerileri ve kavramsal anlama gibi çıktılarda etkili olduğunu belirtmektedir. Bulgular, FÖ'nün özellikle düşük ve orta başarı düzeyindeki öğrenciler için başarı farklarını azaltıcı bir rol üstlendiğini; kavram yanılgılarının giderilmesi ve olumlu sınıf ikliminin desteklenmesine katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, uygulamaların sürdürülebilirliği için öğretmen yeterliklerinin ve okul temelli yapısal desteklerin güçlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Uluslararası literatürde FÖ, geniş ders yelpazesinde ve farklı yaş gruplarında ele alınmıştır. Etkililik bağlamında, Richards ve Omdal (2007), Koeze (2007), Luster (2008), Sondergeld ve Schultz (2008), Dinescu, Miron ve Barna (2011) ve Badgett (2015) gibi çalışmalar, FÖ'nün özellikle düşük ve orta başarı düzeyindeki öğrencilerde akademik başarıyı ve derse yönelik motivasyonu artırdığını rapor etmektedir. Uygulamadaki engelleri ele alan Johnson (2010), Bondley (2011), Mathurin (2018), Ginja ve Chen (2020), Gibbs, Thomas, Coelho ve Al-Qassas (2023) ile Hidayat, Basthomi ve Afrilyasanti (2024) ise zaman, sınıf yönetimi, kaynak ve mesleki gelişim olanaklarının yetersizliği gibi faktörleri öne çıkarmaktadır. Teknoloji entegrasyonu ve öğretmen adayları bağlamında, Krishan ve Al-rsa'i (2023) teknoloji destekli FÖ'nün fen öğrenmeye yönelik motivasyonu artırdığını gösterirken; Estaiteyeh ve DeCoito (2025), FÖ ile zenginleştirilmiş müfredatın öğretmen adaylarının FÖ'ye dair görüş ve anlayışlarını anlamlı düzeyde geliştirdiğini bildirmektedir. Üstün yetenekli öğrenciler ve kapsayıcılık odağında Ardenlid, Lundqvist ve Sund (2025), on bir tematik FÖ uygulamasını sistematik biçimde ortaya koyarken; Jarnawi, Haeruddin, Werdhiana, Syamsuriwal ve Mu'aziyah (2025), öğrenme stillerine dayalı farklılaştırmanın fen başarısını kayda değer biçimde artırdığını göstermektedir.

Yurt içi ve yurt dışı çalışmalar, FÖ'nün akademik başarı, kalıcılık, motivasyon ve çeşitli bilişsel beceriler üzerinde olumlu etkileri olduğu konusunda örtüşmektedir. Bununla birlikte, uygulama kalitesinin ve sürdürülebilirliğin, öğretmen yeterlikleri (bilgi, beceri, tutum), okul düzeyindeki yapısal destekler ve kaynak erişimi ile yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Ayrıca, alan yazınında FÖ uygulamaları ile kavramsal değişim boyutunun özellikle belirli konularda (örneğin elektrik konusu) birlikte incelendiği çalışmalar sınırlıdır. Dahası, öğretmen adaylarının öğrenme stilleri ile kavram yanılgılarının YZ ile sistematik ve otomatik biçimde tanındığı çalışmalara rastlanmamıştır. Mevcut boşluk, bu tezin özgün

katkısını oluşturmaktadır. Denetimli öğrenme ve DDİ teknikleri ile, FÖ sürecinin öncesinde öğrenme stilleri ve kavram yanılgılarını nesnel, tekrarlanabilir ve ölçeklenebilir biçimde belirlemek; akabinde FÖ tasarımını hazırbulunuşluk, ilgi ve öğrenme profili ekseninde daha isabetli hale getirmek çalışmada önem arz etmektedir. FÖ'nün etkisini yalnızca ön-test son-test farklarıyla değil, YZ destekli tanılama ve süreçsel öğrenme analitiği göstergeleriyle izlemek, kavramsal öğrenmeyi daha güvenilir biçimde ortaya koyacaktır. İstasyonlar, merkezler ve kademelendirme stratejileri; öğrenme stili ve kavram yanılgısı verileriyle beslendiğinde, içerik, süreç, ürün ve öğrenme ortamında daha yüksek uyum ya da uyarlanabilirlik sağlayacaktır. Dolayısıyla çalışmanın yukarıda bahsi geçen konularda literatüre katkı sağlayacağına ve literatürde yer alan eksikliklerin ve ihtiyaçların giderilmesine yönelik cevaplar sunacağına inanılmaktadır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde çalışmaya ilişkin olarak araştırma modeli, uygulama süreci, veri toplama araçları, analiz yöntemleri ve deneysel işlemlere yer verilmiştir.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu tez çalışmasında Tasarım Tabanlı Araştırma (TTA) Yöntemi kullanılmıştır. TTA, bu yüzyılın başından itibaren yeni bir araştırma metodolojisi olarak ortaya çıkmıştır (Zheng, 2015). Gerçek bir bağlamda yer alan TTA, analiz, tasarım, uygulama ve yeniden tasarımın sürekli yinelenmesi yoluyla belirli bir müdahalenin incelenmesine odaklanır (Brown, 1992; Cobb, Confrey, Lehrer ve Schauble, 2003). Bahsedilen müdahale bir öğretim yaklaşımı, bir değerlendirme türü, bir öğrenme faaliyeti ya da teknolojik bir müdahale, yani belirli bir öğrenme ortamının ya da aracının etkililiğinin test edilmesi olabilir (Anderson ve Shattuck 2012).

TTA, kuramsal temele dayanan eğitim tasarımlarının biçimlendirici olarak araştırılması (Cobb vd., 2003) ve tasarım, kuram, uygulama üçlüsünün etkileşimini bir üst noktaya taşıma ihtiyacı sonucunda ortaya çıkan bir araştırma yöntemidir. TTA, öğrenme ortamını zaman içinde sistematik olarak tasarlayıp değiştirerek ve gelecekteki tasarımları yenilemeli olarak besleyen çeşitli değişikliklere dair kanıt toplayarak gerçek yaşam ortamlarının karmaşıklığıyla ilgilenir (Brown, 1992). Wang ve Hannafin (2005) TTA'yı şu şekilde tanımlamaktadır: "Gerçek dünya ortamlarında araştırmacılar ve uygulayıcılar arasında iş birliğine dayanan ve bağlama duyarlı tasarım ilkeleri ve teorilerine yol açan yenilemeli analiz, tasarım, geliştirme ve uygulama yoluyla eğitim uygulamalarını iyileştirmeyi amaçlayan sistematik ancak esnek bir metodoloji". Bu çalışmada kullanılan tasarım, kuram ve uygulama üçlüsü aşağıda sunulmuştur.

Tasarım Tabanlı Araştırma Yöntemi Üçlüsü

Tasarım aşamasında; tez çalışmasında öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirleme sürecinde Christou'nun (2023a) beş aşamalı modeli kullanılmıştır. Nitel araştırmalarda YZ uygulamalarının daha önce tartışılan etkileri, güçlü yönleri ve sınırlamalarına dayanan bazı temel hususlar yer almaktadır. Bu temel hususlar, YZ'nin nitel araştırma amaçları

doğrultusunda nasıl kullanılacağı konusunda faydalı bir rehber görevi görebileceğinden dolayı bu çalışma Christou (2023a) tarafından önerilen beş rehber ilke doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca elektrik konusuna yönelik kavram yanılgılarını belirleme sürecinde verilerin oluşturulmasında ise Öğrenme Analitiği Döngüsü kullanılmıştır. Tez çalışmasında, mevcut modellerde yer alan güçlü yönler dikkate alınarak kavramsal bir çerçeve önerisi sunan Önder, Öztaş ve Akçapınar (2023) tarafından geliştirilen ve dört aşamalı bir süreç olarak ele alınan ‘Öğrenme Analitiği Kavramsal Çerçeve Döngüsü’ adımları kullanılmıştır. Bu sürecin bileşenleri; ortam, veri, analitik ve çıktı şeklindedir.

Bu çalışmada farklılaştırılmış öğretime dayalı etkinliklerin geliştirilmesinde ADDIE modeli kullanılmıştır. Birçok profesyonel öğretim tasarımcısı, teknoloji tabanlı eğitim için standart bir model olarak ADDIE modelini uygulamıştır (Molenda, 2003; Morrison, 2010). ADDIE modeli, analiz, tasarım, geliştirme, uygulama ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır (Branch, 2009; Karamustafaoğlu ve Pektaş, 2023).

Kuram aşamasında; tez çalışmasının uygulama sürecinde Farklılaştırılmış Öğretim kullanılmıştır. Farklılaştırılmış öğretim, öğrencilerin farklı öğrenme ihtiyaçlarına (hazır bulunuşluk düzeylerine, ilgilerine veya öğrenme profillerine) yanıt vererek bir sınıftaki tüm öğrencilerin öğrenme çıktılarını en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir öğretim felsefesi ve uygulaması olarak tanımlanmıştır (Tomlinson, 2000). Farklılaştırılmış öğretim yaklaşımı ve birbiriyle yakından bağlantılı çeşitli eğitim teorileri ve araştırmaları, öğretmenlerin sınıflarına farklılaştırılmış öğretim uygulamasını nasıl algıladıklarını anlamak için teorik bir çerçeve oluşturmaktadır.

Çeşitli kuram ve teoriler, öğretmenlerin, öğrencilerinin ihtiyaçlarını karşılamak için öğretim stratejilerinde değişiklik yapma konusunda nasıl kararlar aldıklarını tanımlamaya yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda farklılaştırılmış öğretim yaklaşımı; Piaget’in bilişsel gelişim kuramına, Vygotsky’nin yakınsak gelişim alanına ve Gardner’ın çoklu zekâ kuramına, beyin temelli öğretim araştırmalarına ve öğrenme stillerine dayanmaktadır (Gregory ve Chapman, 2002).

Uygulama aşamasında; tez çalışması Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 2 dersi kapsamında yürütülmüştür. Bu dersin süresi haftada üç ders saatidir. Uygulama 10 hafta boyunca toplam 30 ders saatinde gerçekleştirilmiştir.

3.2. Uygulama Süreci

TTA yöntemine yönelik olarak geliştirilen iki döngülü uygulama sürecinde gerçekleştirilen çalışmalar ayrıntılı bir şekilde Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Geliştirilen iki döngülü uygulama süreci

		Ölçme Araçları	Yapay Zeka Modülleri		FÖ Uygulamaları
		Ölçme araçlarının Geliştirilmesi	ÖS-YZ Modülü	KY-YZ Modülü	Etkinliklerin Geliştirilmesi
Analiz	<i>Kullanılan Model</i>	-	<i>Christou’nun Modeli</i>	<i>Öğrenme Analitiği Modeli</i>	<i>ADDIE Tasarım Modeli</i>
Tasarım	<i>1. Döngü</i>	ÖS ve KY web formlarının tasarımı	Makine öğrenmesi sınıflandırıcılarının tasarımı	Makine öğrenmesi sınıflandırıcılarının tasarımı	Etkinliklerin tasarımı
	<i>2. Döngü</i>	-	Topluluk modelinin tasarımı	Topluluk modelinin tasarımı	Proje üretiminin tasarımı
Geliştirme	<i>1. Döngü</i>	ÖS ve KY web formlarının pilot uygulama ve uzman görüşü ile geliştirilmesi	KDD Veri Madenciliği ile geliştirme	DDİ süreci ile geliştirme	Etkinliklerin pilot uygulama ve uzman görüşü ile geliştirilmesi
	<i>2. Döngü</i>	-	Topluluk modelinin geliştirilmesi	Topluluk modelinin geliştirilmesi	Proje üretiminin geliştirilmesi
Uygulama	<i>1. Döngü</i>	ÖS ve KY web formlarının uygulanması	Makine öğrenmesi sınıflandırıcılarının uygulanması	Makine öğrenmesi sınıflandırıcılarının uygulanması	Etkinliklerin uygulanması
	<i>2. Döngü</i>	-	Topluluk modelinin uygulanması	Topluluk modelinin uygulanması	Proje üretiminin uygulanması

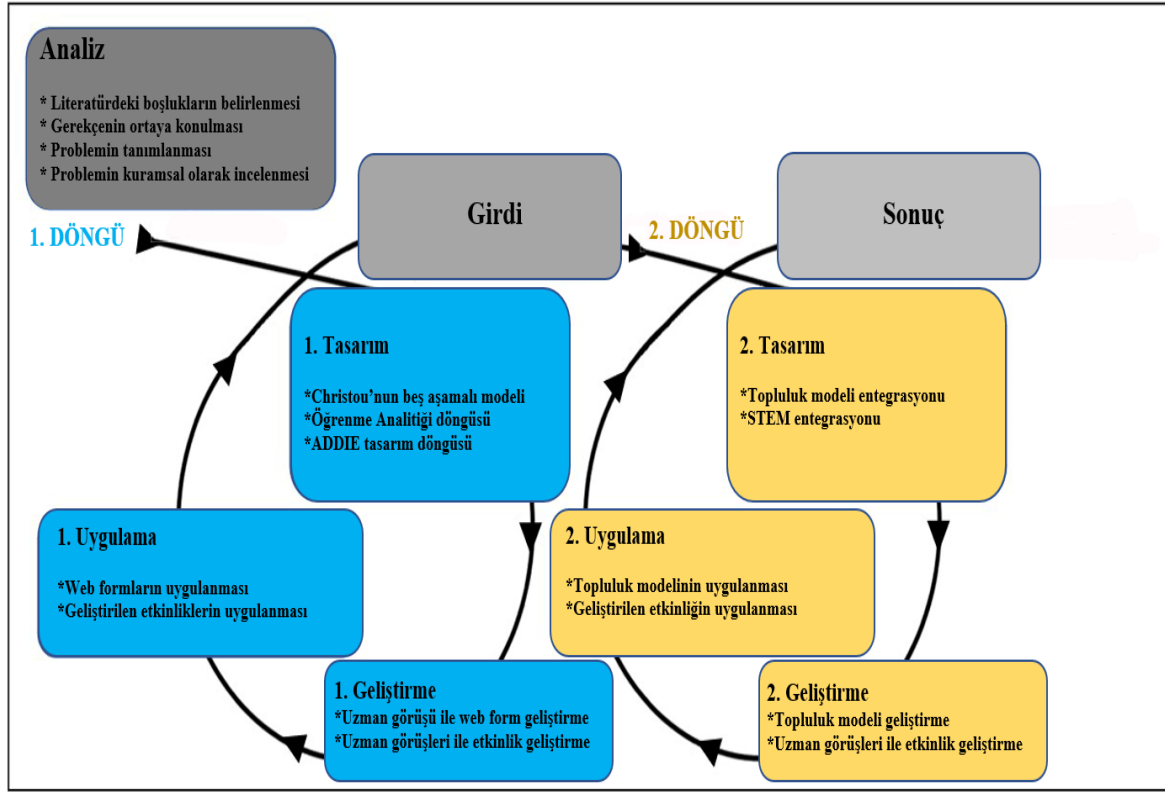
ÖS-YZ: Öğrenme Stilleri -Yapay Zeka; KY-YZ: Kavram Yanılgısı-Yapay Zeka.

Çizelge 3.1 incelendiğinde, YZ algoritmaları geliştirildikten sonra öğretmen adaylarının web formlarına verdikleri cevaplar analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda doğruluk oranlarının beklenenden daha az çıkması farklı bir YZ algoritması geliştirmeyi gerektirmiştir. Dolayısıyla en yüksek çıkan YZ algoritmaları birleştirilerek Topluluk Modeli geliştirilmiştir.

FÖ uygulamaları sürecinde geliştirilen etkinliklerin uygulaması yapıldıktan sonra öğretmen adaylarındaki kavram yanlışlarının test edilip ikinci bir döngüye ihtiyaç duyulup duyulmadığına karar verilmesi gerekmektedir. Bu süreçte etkinliklerden alınan veriler tekrar YZ modülü kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda lambalarda parlaklık ve dirençlerin seri ve paralel bağlanması konularında kavram yanlışlarının devam ettiği tespit edilmiştir. Buradan hareketle FÖ uygulamalarında kullanılan “Proje Üretimi” aşaması sürece entegre edilmiştir.

ÖS-YZ ve KY-YZ modüllerinden alınan ön-test verilerinin analizi yapılarak FÖ uygulama süreci bu verilere göre tasarlanmıştır. Ayrıca FÖ uygulama süreci iyileştirme çalışmaları ile yapılandırılmıştır. Dolayısıyla bu yapılarıyla araştırma TTA yöntemine göre yapılandırılmıştır. Deneysel desende sürece herhangi bir müdahale olmamayı çalışmayı bu yöntemden uzaklaştırmaktadır. Deneysel desen, bir araştırmada bağımsız değişkenin etkisini ortaya koymak amacıyla değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisini test etmeye yönelik olarak planlanan sistematik bir araştırma desendir. Bu tür desenlerde, araştırmacı bağımsız değişkeni kontrol eder, bağımlı değişkende meydana gelen değişimi gözlemler (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2018; Özmen ve Karamustafaoğlu, 2019).

Stockless ve Brière’in (2024) çalışmasından esinlenerek zamandan bağımsız olarak oluşturulan ve Şekil 3.1’de yeralan diyagramda TTA süreci şekilsel olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Tasarım tabanlı araştırma süreci

3.2.1. Analiz

Öğrencilerin öğrenmeye hazır olma düzeyleri, ilgi alanları ve bireysel öğrenme tercihleri dikkate alınarak ders içerikleri uyarlanabilir. İçeriğe dayalı farklılaştırmanın temel amacı, yalnızca bilgiyi sunmak değil, öğrencinin öğrenilen konuyla anlamlı bir bağ kurmasını sağlamaktır (Tomlinson, 2017). Bu yaklaşım, dünya genelinde birçok eğitim kurumunda kapsayıcı sınıf ortamları oluşturmak için uygulanmaktadır (Katz ve Sokal, 2021). Ancak mevcut araştırmalar, kapsayıcı öğretim stratejilerinin, özellikle öğrenci farklılıklarını dikkate alan uygulamaların ve FÖ çerçevelerinin öğrenme çıktıları üzerindeki etkilerini sınırlı biçimde incelemiştir (Florian, 2019; Rix vd., 2020). Farklılaştırılmış öğretim, kapsayıcılığı artırma yönünde önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir (Ainscow, 2020) ve bu uygulamalar, öğrencilerin derse katılımını artırmakta; öğretmenlerin ise çeşitli öğrenen ihtiyaçlarına uygun stratejiler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır (Avramidis ve Norwich, 2020). Bu eksiklikler ve öneriler doğrultusunda, araştırmada FÖ yaklaşımı benimsenmiştir.

Eğitimde kullanılan YZ sistemleri, örneklem grubundan aldığı büyük veri sayesinde klasik değerlendirme yöntemlerinin ulaşabildiğinden çok daha fazla veriyi işleyebilmekte ve daha ayrıntılı sonuçlar sunabilmektedir. YZ geleneksel olarak nicel çalışmalarla ilişkilendirilse de nitel araştırmalarda geliştirme potansiyeli giderek daha fazla kabul görmektedir; bu durum, DDİ gibi yenilikçi yöntemlerle nitel analiz fırsatlarını artırmaktadır. Bu bağlamda çalışma, YZ'nin nitel araştırmanın sınırlarını genişletmek ve zenginleştirmek için kullanılabileceği yenilikçi yolları keşfetmeyi de amaçlamaktadır.

Literatür taramasında, öğrencilerin kavram yanılgılarını insan uzmanları yerine YZ algoritmalarıyla tespit etmeye yönelik sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Demirezen vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada amaç, öğrencilerin atom kavramına ilişkin kavram yanılgılarını insan yerine makine ile belirlemek olup, denetimsiz öğrenme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu çalışmada, derin öğrenme algoritmalarından transformers modeli ve fastText algoritması ile öğrencilerin yanıtları sınıflandırılmış ve kavram yanılgıları 0,97 ile 1,00 arasında yüksek doğrulukla ayırt edilmiştir (Demirezen vd., 2023).

Bu tez çalışması ise literatürdeki örneklerden farklı olarak elektrik konusuna odaklanmış ve denetimli öğrenme yaklaşımı benimsenmiştir. İki alan uzmanı tarafından veri etiketleme süreci gerçekleştirilmiş, uzmanların etiketleri Kappa istatistiği ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, Makine Öğrenmesi algoritmalarından Rastgele Orman, Çok Katmanlı Algılayıcı, Karar Ağacı, Gradyan Artırma, Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makinesi ve araştırmacı tarafından geliştirilen Topluluk Modeli sınıflandırıcıları kullanılmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının öğrenme stilleri, literatürde klasik anketler yerine YZ araçlarıyla belirlenmiş ve bulanık mantık ile makine öğrenmesi algoritmalarıyla tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak KDD süreç modeli kullanılarak denetimli öğrenme ile öğrenme stillerinin belirlenmesine dair bir çalışma bulunmamaktadır. Bu durum, çalışmanın YZ'nin nitel araştırmalarda uygulanabilirliğini göstermek ve kavramsal öğrenme sürecinde yenilikçi yaklaşımlar sunmak açısından özgünlüğünü artırmaktadır.

3.2.2. Birinci döngü

Çalışmanın bu bölümünde birinci tasarım, birinci geliştirme ve birinci uygulama aşamaları yer almaktadır. Aşağıda bu süreçler ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Birinci tasarım

Bu aşamada öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirleme sürecinde Christou'nun (2023a) beş aşamalı modeli kullanılarak çalışma şekillendirilmiştir. YZ araştırmacılar tarafından nitel çalışmalarda kullanılabilir ve bununla birlikte, nitel araştırmacılar YZ'yi nitel bulgularının analizi için belirli bir YZ sistemi olarak kullanabilirler (Christou, 2023a). Aşağıda, nitel araştırmalarda YZ uygulamalarının daha önce tartışılan etkileri, güçlü yönleri ve sınırlamalarına dayanan bazı temel hususlar yer almaktadır. Bu temel hususlar, YZ'nin nitel araştırma amaçları doğrultusunda nasıl kullanılacağı konusunda faydalı bir rehber görevi görebileceğinden dolayı öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirleme süreci Christou (2023a) tarafından önerilen beş rehber ilke doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

YZ tarafından üretilen bilgiye aşinalık ilkesinde; YZ modeline istenen bir dizi sonucu üretmesi için belirli komutlar ya da yönlendirmeler verilmezse, sistem herhangi bir kaynaktan herhangi bir bilgi veya herhangi bir çalışma sağlayabilir; bu bilgilerin doğru, güvenilir veya yararlı olması gerekmez (Christou, 2023a). Sonuç olarak, araştırmanın amaçlarına uygun ve yardımcı olacak komutlar vermek araştırmacının görevidir. Yapılan çalışmanın bu aşamasında öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirlemek için oluşturulan web formda, onlara yardımcı olabilecek bir senaryo oluşturulmuştur. Ayrıca öğretmen adaylarına yönergeler ve anahtar kelimeler verilerek bu doğrultuda bir paragraf yazmaları istenmiştir.

YZ'yi kullanırken önyargılı içeriği ortadan kaldırmak ve etik kaygıları ele almak ilkesinde; araştırmacı üretilen bilgi hakkında bilgi sahibi olduktan sonra, kullanımına, önyargılı içeriğin sunulmasına veya etik kaygıların giderilmemesine dayalı eleştirileri ortadan kaldırmak için YZ tarafından üretilenlerin içeriğini daha derinlemesine incelemelidirler (Zhu, Xu, Lu, Governatori ve Whittle, 2022). YZ kullanan araştırmacılar, bu etik problemler için çeşitli ve tarafsız eğitim verileri sağlamalı, şeffaflık ve hesap verebilirlik önlemleri uygulamalıdır. Bu bağlamda, araştırmacı çok önemli bir rol oynamaktadır; araştırmacı bu sorunu birkaç şekilde ele alabilir, örneğin, belki de çalışma yöntemleri bölümünde YZ kullanımını kabul etmek, hangi amaca hizmet ettiğini ve nasıl uygulandığını açıklamak gibi (Christou, 2023a). Dolayısıyla bu çalışmada ön yargı ve etik problemleri ortadan kaldırmak için çalışmanın hangi amaca hizmet ettiği ve nasıl uygulandığı metodoloji ve veri toplama sürecinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ayrıca, makine öğrenmesi modelleri şeklindeki YZ

sistemlerinin güvenilir bilgi üretmeyebileceğini ve sahte makaleler/haberler üretebileceğini gösteren kanıtlar vardır (Zhou, 2023). Dolayısıyla, YZ tarafından oluşturulan herhangi bir içerik hakkında herhangi bir şüphe varsa, nitel araştırmacı, aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, Christou'a (2023a) göre alternatif kaynaklara başvurarak gerçekleri iki kez kontrol etmelidir.

YZ tarafından üretilen bilgilerin çapraz referanslanması ilkesinde; çapraz referanslama, akademik araştırmalarda veri ve bilgileri birden fazla kaynaktan karşılaştırarak kontrol etmek ve doğrulamak için kullanılan bir tekniktir (Christou, 2023a). Ayrıca, nitel araştırma yürütürken, incelenen olgunun daha eksiksiz bir resmini elde etmek için çeşitli kaynaklardan bilgi derlemek yaygın bir uygulamadır (Christou, 2023b; Creswell, 2014). Araştırmacılar, sonuçlarının doğruluğunu sağlamak için farklı kaynaklardan veya yöntemlerden elde edilen bilgileri karşılaştırma süreci olan üçgenlemeyi çapraz referanslama yoluyla kullanabilirler. Sonuç olarak, bulgularının doğru ve geçerli olma olasılığı artar (Creswell ve Plano Clark, 2017). Verileri çapraz referanslayarak gruplar veya değişkenler arasındaki ilişkileri analiz etmek de mümkündür. Bu, verilerden yapılan çıkarımları güçlendirebilir ve gruplar arasındaki kalıpları, eğilimleri veya farklılıkları belirlemeye yardımcı olabilir (Cohen, Cohen, West ve Aiken, 2013). Dolayısıyla bu çalışmada, YZ sınıflandırma algoritmalarının doğru bir şekilde çalıştığını ve her bir öğretmen adayı için öğrenme stillerinin doğru bir şekilde tanımlandığını gösteren 30 öğretmen adayından alınan verilerle bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada, YZ ve insan uzmanı sınıflandırması arasındaki uyumu ölçmek için κ istatistiği yapılarak YZ ve insan uzmanı çapraz tablosu kullanılmıştır.

Bu aşamada 30 öğretmen adayı ile yapılan puanlayıcılar arasındaki güvenilirliği belirlemek için Kappa (κ) istatistiği kullanılmıştır. Puanlayıcılar arası güvenilirlik belirlemede sıklıkla kullanılan κ istatistiği, Cohen (1960) tarafından önerilmiştir. Sınıflama düzeyinde puanlama yapan iki puanlayıcı arasındaki uyumun derecesini belirlemek için geliştirilmiştir (Cohen, 1960). İki puanlayıcı ile sınırlı kalan κ istatistiği, Fleiss (1971) tarafından ikiden fazla puanlayıcı arasındaki uyumu belirlemede kullanılabilmesi için genelleştirilmiştir (Fleiss, 1971). κ istatistiği bazı temel varsayımlara dayanmaktadır (Crawforth, 2001). Bu varsayımlar Brennen ve Prediger (1981) tarafından puanlama sürecinde kategorileştirilen nesne ya da bireylerin bağımsız olduğu, puanlayıcıların puanlamalarının birbirinden bağımsız olduğu, puanlamada kullanılan kategorilerin birbirinden bağımsız olduğu şeklinde ifade edilmiştir. κ istatistiğinin bir avantajı kolay hesaplanması ve pratik yorumlanmasıdır.

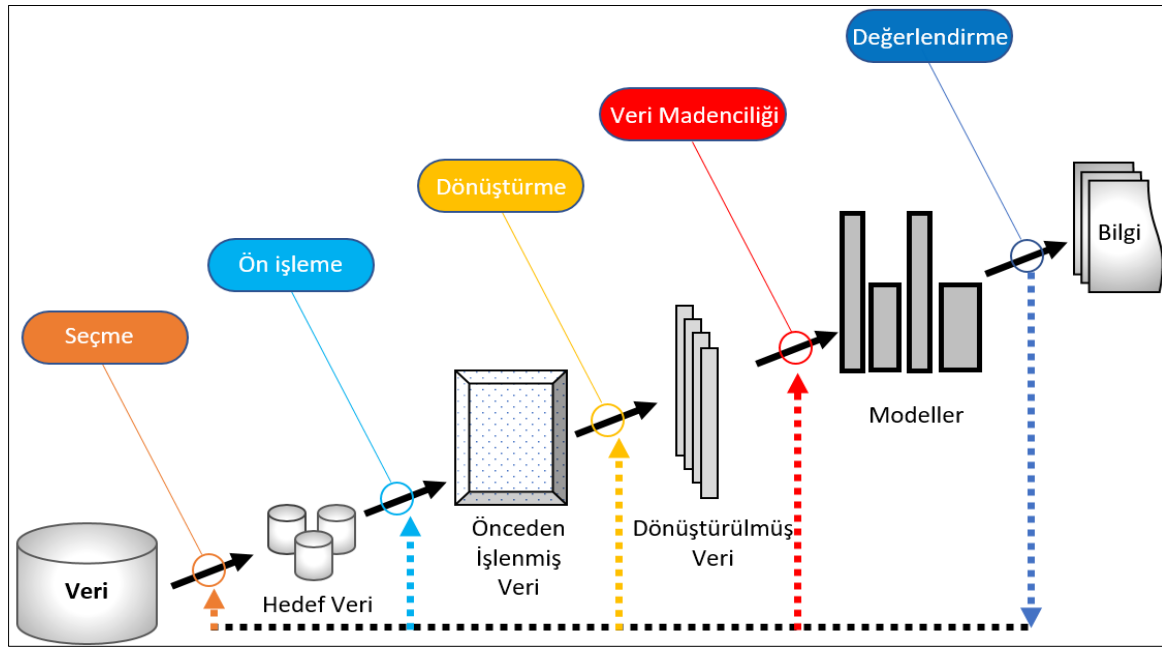
Diğer ve en önemli avantajı ise şansla beklenen uyumu düzeltmeyi temel almasıdır. κ istatistiğinin yorumlanmasında Landis ve Koch (1977) tarafından önerilen uyum düzeyleri kullanılmaktadır. Bu uyum düzeyleri ve aralıkları; Zayıf ($\kappa < 0.00$), Önemsiz ($0.00 < \kappa < 0.20$), Düşük ($0.21 < \kappa < 0.40$), Orta ($0.41 < \kappa < 0.60$), Önemli ($0.61 < \kappa < 0.80$), Çok Yüksek ($0.81 < \kappa < 1.00$) olarak verilmiştir.

Bu çalışmada başka bir çapraz referanslama tekniği olarak kelime bulutu kullanılmıştır. Bir 'kelime bulutu', kelime sıklığının görsel bir temsidir. Analiz edilen metinde terim ne kadar yaygınsa, oluşturulan görüntüde o kadar büyük bir kelime görünür. Kelime bulutları, yazılı materyalin odağını belirlemek için basit bir araç olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır (Atenstaedt, 2012). Uygulamanın son aşamasında öğrenme stillerinin kelime başlıklarının yer aldığı kelime bulut görseli oluşturulmuştur. Buradaki amaç öğrenme stillerinin etiket görsellerini karşılaştırmaktır. Kelime bulutlarının oluşturulmasında python yazılımında yer alan “Word Cloud” parametresi kullanılmıştır. Kelime bulutlarının sağladığı yarar, istenilen anahtar kelimelerin okuyucuya görselleştirilerek sunulmasıdır. Böylece daha çok okur tarafından ilgi çekilmesi amaçlanmaktadır (Atenstaedt, 2012).

Analiz aşamasında; YZ'nin analitik bir araç olarak kullanımı artmaktadır (Kariyapperuma, Banujan, Wijeratna ve Kumara, 2022) ve YZ, metinsel materyallerden duygu analizi ve görüş çıkarma görevlerine uygulanmaktadır (Acheampong, Nunoo-Mensah ve Chen, 2021). Kelimelerin ve kavramların metinde birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu belirlerken, YZ, makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak temalar ve kalıplar için metin verilerini çıkarır ve önceden herhangi bir eğitim almadan kendi başlarına öğrenmelerine olanak tanır (Radford, Wu, Child ve Luan, 2018). Yine de araştırmacılar, optimum performans elde etmek için YZ sistemlerinin araştırmacı tarafından özel olarak eğitilmesi ve ince ayarlarının yapılması gerektiğini vurgulamaktadır (Devlin, Chang, Lee ve Toutanova, 2019). YZ sistemleri, metin verileri içindeki belirli kalıpları, temaları veya anahtar kelimeleri belirlemek için önceden tanımlanmış kurallar veya algoritmalar kullanabileceğinden, araştırmacı tarafından bir miktar manuel kodlama veya kategorizasyon gerekli olabilir (Christou, 2023a). Çalışmada veriler 'KDD Veri Madenciliği Süreç Modeli' kullanılarak toplanmıştır. Dolayısıyla çalışmada bu süreç aşağıda verilen aşamalardan geçerek tamamlanmıştır.

KDD veri madenciliği süreç modelinde; veri madenciliği süreçlerinden KDD (Knowledge Discovery Databases-Bilgi Keşfi Veri-tabanları) süreç modeli kullanılmıştır.

Araştırmacıların ve veri madenciliği uzmanlarının çoğu, daha eksiksiz ve doğru olduğu için KDD süreç modelini kullanmaktadır (Shafique ve Qaiser, 2014). Dolayısıyla bu çalışmada KDD süreç modeli tercih edilmiştir. KDD modeli yenilemeli ve etkileşimli bir model olmasının yanında verileri kullanıp işleyerek bilgiye ulaşmayı ifade eden veri madenciliği yöntemlerinden en yüksek seviyede bilgi sağlayan modeldir (Shafique ve Qaiser, 2014; Fayyad, Piatetsky-Shapiro ve Smyth, 1996). Kullanılan bu model Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. KDD süreç modeli ve aşamaları

KDD, verilerdeki geçerli, yeni, potansiyel olarak yararlı ve nihayetinde anlaşılabilir örüntüleri tanımlamada önemli bir süreci kullanmaktadır (Fayyad vd., 1996). Veri madenciliği teknikleri ve terminolojisi üç akademik alandan beslenmektedir. En eski kaynak, değişkenler arasındaki ilişkileri sistematik olarak tanımlamak için iyi tanımlanmış teknikler sağlayan istatistiktir. Veri görselleştirme, tanımlayıcı istatistikler, korelasyon, frekans, çok değişkenli keşif teknikleri, gelişmiş doğrusal ve genelleştirilmiş doğrusal modeller vb. istatistikteki klasik yöntemlerdir. İkinci ve modern bir bilgi keşif tekniği kaynağı, Makine Öğrenmesi ve YZ'dir. Makine Öğrenmesi, bilgisayarları verilerdeki örüntüleri tanımlama için eğitir. Yapay sinir ağları, bilgiyi işlemek için birlikte çalışan çok sayıda birbirine bağlı işlem ögesinden oluşan yapılar olarak insan beynini model alır. Son alan ise, büyük miktarda veriyi depolamasına, erişmesine ve almasına olanak tanıyan, böylece bilgi işleme ve madencilik platformuna destek sağlayan veri tabanı sistemleridir.

Veri sürecinde; web form aracılığı ile öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirlemek için verilen cevaplar bu çalışmanın ham verileri oluşturulmuştur.

Seçme sürecinde; ham veriler kontrol edilerek, web forma kaydedilen anlamsız veriler ve iki uzman tarafından ortak etiketlenmeyen veriler veri setinden çıkarılmıştır.

Ön işleme sürecinde; doğal dil işleme kütüphanesi olarak, Türkçe metinler için morfolojik analiz yapılmasına imkân sunan Zemberek kütüphanesi kullanılmıştır. Düz yazı formatındaki verilerin veri madenciliği sınıflandırma algoritmalarına giriş parametresi olarak verilebilmesi için bazı değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu işlemler;

- Metnin tamamının küçük harfe çevrilmesi,
- Metin içindeki noktalama işaretlerinin kaldırılması,
- Metindeki satır boşluklarının kaldırılması,
- Kelime belirteçlerine ayırma,
- Kelimelerin eklerini atarak köklerini çıkarma (extract),
- Stopword kelimelerin atılması,
- Cümle belirteçlerine ayırma,
- Kök uzunluk dağılımlarının çıkartılması,
- Kelime bazında cümle uzunluk dağılımlarının çıkartılması,
- Kelime zenginlik oranlarının çıkartılması,
- Ortalama kök uzunluğu, kelime olarak ortalama cümle uzunluğu, toplam noktalama işareti sayısının çıkartılması,
- Toplam kullanılan stopword sayısının çıkartılması,
- Tamamen büyük harfte yazılmış kelime sayısının çıkartılması, işlemleri uygulanmıştır.

Dönüştürme sürecinde; ön işleminden geçirilerek kökleri çıkartılan her bir metnin TF-IDF (Terim Frekansı- Ters Doküman Frekansı), kelime torbası vektörleri, kelime-cümle

dağılımları ve diğer özniteliklerin vektörleri çıkartılıp, tüm vektörler kendi aralarında min-maks normalizasyon yöntemi kullanılarak normalize edilmiştir. Bu işlemler uygulandıktan sonra her bir veri için elde edilen özniteliklerin şu şekilde olması beklenir: Kök zenginlik oranı (type token ratio), ortalama kelime uzunluğu, ortalama cümle uzunluğu, noktalama işareti sayısı, stopword sayısı, tamamı büyük harf ile yazılmış kelime sayısı, kelime uzunluk histogram vektörü (harf olarak), cümle uzunluk histogram vektörü (kelime olarak), kelime çantası vektörü ve TF-IDF vektörüdür. Veri içerisindeki kelimelerin köklerinin elde edilmesinde Zemberek kütüphanesinin TurkishMorphology modülü yabancı kelimelerin morfolojik analizini yapamadığı için bu kelimelerin kökü 'UNK' olarak alınmıştır.

Veri madenciliği sürecinde; özniteliklerin elde edilmesinin ardından verilerin %80'i eğitim, geriye kalan %20'si ise test verisi olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Eğitim ve test verilerinin seçiminde aşırı uyma ve seçim yanlılığı problemlerinin önüne geçebilmek, modelin başarısının, test verisinin seçimine göre rastgele olmadığını kanıtlamak amacıyla K-Folds Cross Validation Technique (K-Katlı Çapraz Doğrulama Tekniği) kullanılmıştır. Cross validation, yapılan bir çalışmanın nasıl bir sonuç elde edeceğini sınavan bir model doğrulama tekniğidir (Kohavi, 1995). K-Folds Cross Validation tekniğinde veri seti k farklı alt kümeye bölünür. (k-1) bölümü eğitim için, kalan 1 bölümü ise test için kullanılır. Bu işlem k defa yapılarak her defasında farklı test verileri işleme alınır. Bu sayede modelin k defa farklı test verileriyle başarısı ölçülerek ortalama başarı değeri hesaplanır.

Değerlendirme sürecinde; makine öğrenmesi çalışmalarında geliştirilen modellerin performanslarının değerlendirilmesinde çalışmanın gerçekleştirildiği bağlam ve çalışmada kullanılan algoritmalara göre farklı ölçütler baz alınmaktadır (Hossin ve Sulaiman, 2015). Bu çalışma, sınıflandırma modelinin performansını değerlendirmek için çeşitli değerlendirme metrikleri kullanarak sonuçların nesnel bir şekilde analiz edilmesini amaçlamaktadır. Değerlendirme metrikleri, modelin sınıflandırma doğruluğunu ve hassaslığını anlamayı sağlar. Bu amaçla, Karışıklık Matrisi'n den türetilen dört önemli metrik olan Doğruluk, Duyarlılık, Hassasiyet ve F1-Puan kullanılmıştır. Çizelge 3.2'de verilen bu metrikler modelin performansını açıkça değerlendirmeye yardımcı olmadıkça modelin potansiyel zayıflıklarını ve iyileştirilmesi gereken alanları tespit etmede kritik bir rol oynamıştır.

Çizelge 3.2. Değerlendirme metrikleri

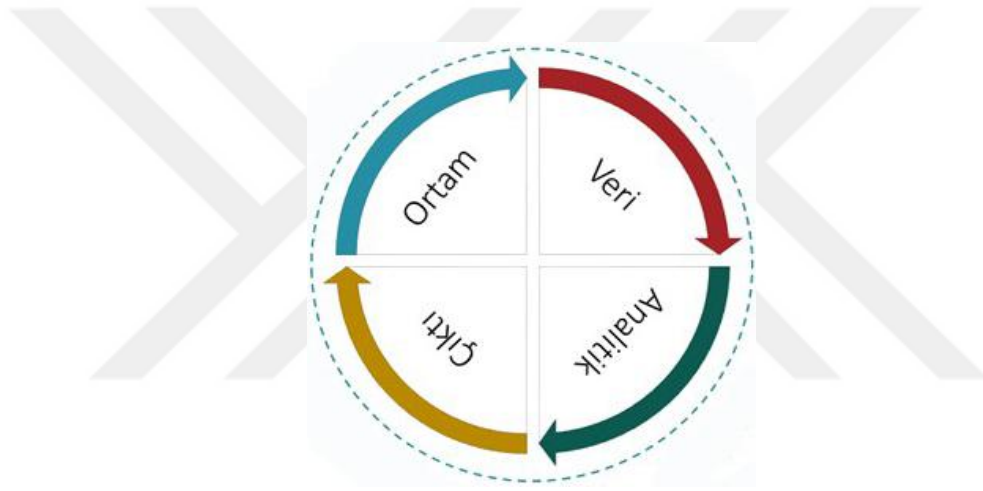
Değerlendirme Ölçütü	Açıklama	Formül
Doğruluk	Doğru tahmin edilen örnek sayısının, tüm örneklerin sayısına oranına eşittir.	$\frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$
Duyarlılık	Doğru tahmin edilen pozitif örnek sayısının, pozitif olarak tahmin edilen örneklerin sayısına oranına eşittir.	$\frac{TP}{TP + FP}$
Hassasiyet	Modelin pozitif sınıfları doğru bir şekilde ne kadar yakalayabildiğini gösterir ve hassasiyeti temsil eder.	$\frac{TP}{TP + FN}$
F1-Puan	Kesinlik ve duyarlılık ölçütlerinin harmonik ortalamasına eşittir.	$2 \frac{\text{Duyarlılık} \times \text{Hassasiyet}}{\text{Duyarlılık} + \text{Hassasiyet}}$

Çizelge 3.2’de TP (True Positives) doğru tahmin edilen pozitif örnek sayısını, TN (True Negatives) doğru tahmin edilen negatif örnek sayısını, FP (False Positives) yanlış pozitif tahmin edilen örnek sayısını ve FN (False Negatives) yanlış negatif tahmin edilen örnek sayısını temsil eder. Doğruluk, genel model performansını değerlendiren bir metrik olarak kullanılır.

Bu metrikler, modelin performansını açıkça değerlendirmeye yardımcı olmada modelin potansiyel zayıflıklarını ve iyileştirilmesi gereken alanları tespit etmede kritik bir rol oynamıştır.

Süreç boyunca ve sonuçlara ulaşırken araştırmacının bilişsel girdisi ilkesinde; YZ’nin bilgi üretmek ve analiz etmek için araştırmacıdan ilkel veya yüzeysel düzeyde bilişsel girdi gerektirdiği iddia edilebilir (Christou, 2023a). Bununla birlikte ister manuel ister teknolojik destekli olsun, herhangi bir analizin, en azından bir dereceye kadar, araştırmacının araştırma konusuna ilişkin anlayışına ve bilgisine dayalı olarak verilerin yorumlanması ve analizini içerebileceğini gösteren önemli kanıtlar vardır (Braun ve Clarke, 2019). Öğrenme stilleri ile ilgili web formu hazırlarken bu alanda uzman olan kişilerden görüş alınmıştır ve bu görüşler doğrultusunda web forma son hali verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada tematik analiz kullanılarak veriler analiz edilirken 2 alan uzmanı olan araştırmacı kodlamalarda görev almıştır. Dolayısıyla bu çalışmada araştırmacıların ve uzmanların deneyimlerinden ve bilgilerinden yararlanılarak analizler yapılmıştır.

Bu süreçte öğretmen adaylarının elektrik konusuna yönelik kavram yanılgılarını belirleme sürecinde öğrenme analitiği döngüsü kullanılarak çalışma şekillendirilmiştir. Alanyazında mevcut olan öğrenme analitiği modelleri farklı bileşenlerden oluşmaktadır (Siemens, 2013). Bu bileşenlerin sayısında ve isimlendirilmesinde farklılıklar olsa da ortak noktaları olduğu da görülmektedir (Önder vd., 2023). Bu tez çalışmasında, mevcut modellerde yer alan güçlü yönler dikkate alınarak kavramsal bir çerçeve önerisi sunan Önder vd. (2023) tarafından geliştirilen ve dört aşamalı bir süreç olarak ele alınan ‘Öğrenme Analitiği Kavramsal Çerçeve Döngüsü’ adımları kullanılmıştır. Bu sürecin bileşenleri; ortam, veri, analitik ve çıktı şeklindedir. Çıktı tekrar ortam ile buluştuğunda bu döngü tamamlanmaktadır. Kullanılan bu döngü Şekil 3.3’te verilmiştir.

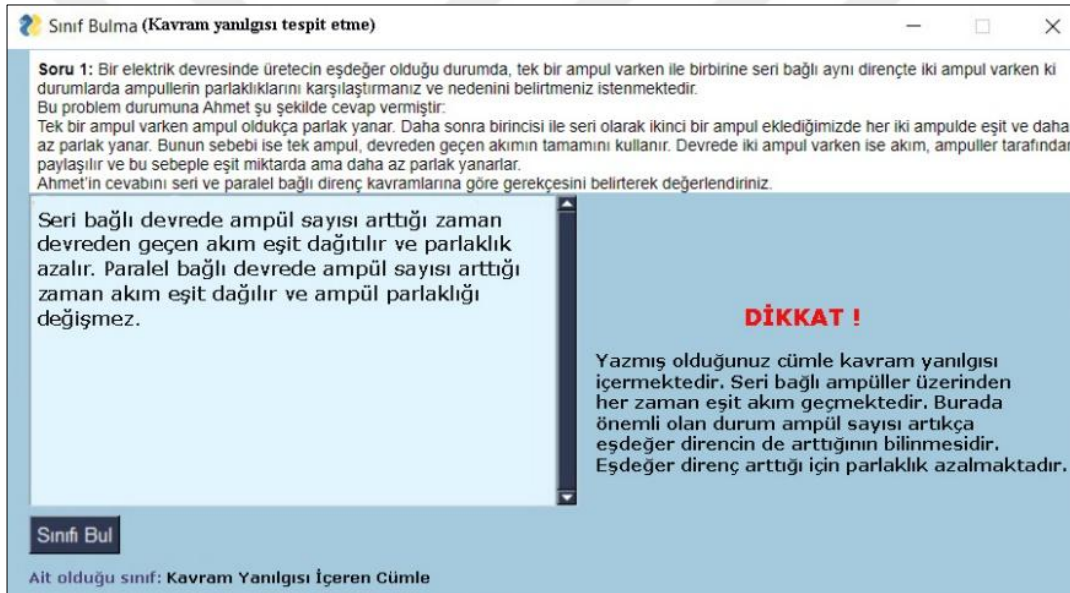


Şekil 3.3. Öğrenme analitiği kavramsal çerçeve döngüsü

Ortam; öğrenme analitiği sürecinde analizlerde kullanılacak verilerin hangi ortamlardan toplanacağı önemli bir konudur. Birçok farklı öğrenme ortamından da veri toplanmaktadır (Mangaroska ve Giannakos, 2018). Ang, Ge ve Seng (2020) verinin hızlı bir şekilde yakalanıp, toplanabilmesi için birçok veri ortamının bulunduğunu ifade etmiş ve bu ortamları içerik ve öğrenim yönetim sistemleri, açık kitlesel çevrimiçi dersler, açık ders materyalleri, açık eğitsel kaynaklar, Twitter, Facebook gibi sosyal medya uygulamaları ve kişisel öğrenme ortamları olarak belirtmişlerdir. Chatti, Dyckhoff, Schroeder ve Thüs (2012) bu ortamlardan farklı olarak web tabanlı dersleri, uyarlanabilir akıllı eğitim sistemlerini ve uyarlanabilir hiper ortamları da veri toplama ortamlarına dâhil etmişlerdir.

Literatürde bu sınıflandırmalara ek olarak e-kitapların (Boticki, Akçapınar ve Ogata, 2019), videoların (Yoon, Lee ve Jo, 2021), eğitsel oyunların (Alonso-Fernández, Calvo-Morata,

Freire, Martínez-Ortiz ve Fernández-Manjón, 2019) ve birçok dijital aracın da veri toplama ortamı olarak kullanıldığı görülmektedir. Başka bir ifade ile sadece çevrimiçi ortamlarda değil, öğrenenlerin dijital araçlar kullandıkları karma ve yüz yüze öğrenme ortamlarında da veri toplanabilir (Önder vd., 2023). Önemli olan, öğrenme sırasında, örneğin, bir öğrenme görevi yaparken, ders materyalini kullanırken, bir problemi çözmeye çalışırken, öğrenenler tarafından bırakılan dijital izlerin öğrenme ortamında saklanması ve bu izlere erişme imkânı bulunmasıdır (Mangaroska ve Giannakos, 2018). Dolayısıyla çalışmamızda etkileşimli web form aracılığı ile öğretmen adaylarına 10 soruluk açık uçlu soru sorulmuştur. Öğretmen adayları bu soruları cevaplarken araştırmacılar tarafından hazırlanan ve web ortamına entegre edilen Şekil 3.4'te verilen örnek gösterge paneli ile öğretici dönütler almaktadır.



Şekil 3.4. Gösterge paneli

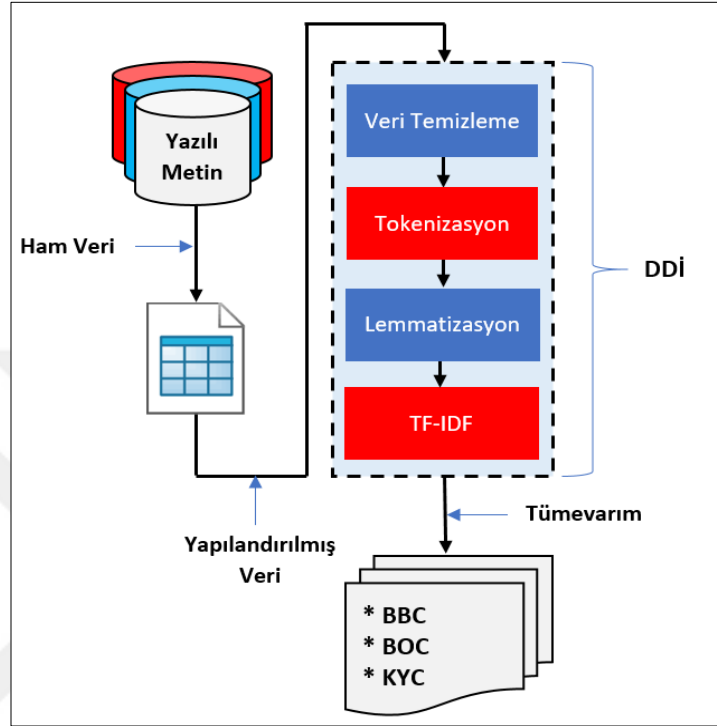
Veri; öğrenme analitiği sürecinin temel bileşenlerinden biri eğitsel ortamlardan toplanan dijital verilerdir. Web form aracılığı ile öğretmen adaylarına uygulanan açık uçlu test maddelerine verilen cevaplar bu çalışmanın ham verilerini oluşturmuştur. Verilerin toplanması kadar önemli olan bir diğer konu ise verilerin analize hazır hale getirilme aşamasıdır. Ön işleme olarak da adlandırılan bu aşamada veri seçimi, ön işleme ve dönüştürme işlemleri yapılmaktadır. Veri seçimi aşamasında ham veriler kontrol edilerek, web forma kaydedilen anlamsız veriler ve iki uzman tarafından ortak etiketlenmeyen veriler veri setinden çıkarılmıştır. Ön işleme aşamasında ise DDİ Kütüphanesi olarak, Türkçe metinler için morfolojik analiz yapılmasına imkân sunan Zemberek kütüphanesi kullanılmıştır. Düz yazı formatındaki verilerin veri madenciliği sınıflandırma

algoritmalarına giriş parametresi olarak verilebilmesi için metnin tamamının küçük harfe çevrilmesi, metin içindeki noktalama işaretlerinin kaldırılması, metindeki satır boşluklarının kaldırılması gerekmektedir. Ayrıca kelimeleri belirteçlerine ayırma, kelimelerin eklerini atarak köklerini çıkarma (extract), stopword kelimelerin atılması, cümle belirteçlerine ayırma, kök uzunluk dağılımlarının çıkartılması, kelime bazında cümle uzunluk dağılımlarının çıkartılması, kelime zenginlik oranlarının çıkartılması, ortalama kök uzunluğu, kelime olarak ortalama cümle uzunluğu, toplam noktalama işareti sayısının çıkartılması, toplam kullanılan stopword sayısının çıkartılması, tamamen büyük harfte yazılmış kelime sayısının çıkartılması işlemleri uygulanmıştır. Dönüştürme aşamasında ise ön işlemden geçirilerek kökleri çıkartılan her bir metnin TF-IDF, kelime torbası vektörleri, kelime-cümle dağılımları ve diğer özniteliklerin vektörleri çıkartılıp, tüm vektörler kendi aralarında min-maks normalizasyon yöntemi kullanılarak normalize edilmiştir. Bu işlemler uygulandıktan sonra her bir veri için elde edilen öznitelikler; “kök zenginlik oranı (type token ratio), ortalama kelime uzunluğu, ortalama cümle uzunluğu, noktalama işareti sayısı, stopword sayısı, tamamı büyük harf ile yazılmış kelime sayısı, kelime uzunluk histogram vektörü (harf olarak), cümle uzunluk histogram vektörü (kelime olarak), kelime çantası vektörü, TF-IDF vektörü” dür.

Analitik; bu aşamada yapılan işlem öğrenme ortamlarından toplanan verilerin farklı disiplinlerden yöntemlerle analizini kapsamaktadır. En çok kullanılan yöntemler; Veri Görselleştirme, Metin Madenciliği, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Süreç Madenciliği ve Sosyal Ağ Analizi’dir. Tez çalışmasında kullanılan yöntemler; Metin Madenciliği ve Makine Öğrenmesi’dir. Metin Madenciliği; metindeki bilgi kaynaklarını, DDİ yöntemleriyle analiz edilebilir.

DDİ, bilgisayarların insan dilini anlaması, yorumlaması ve üretmesi için tasarlanmış bir alandır. Bu disiplin, YZ ve dilbilim alanlarını birleştirerek, bilgisayarların metinleri anlamalarını, çevirmelerini, özetlemelerini ve hatta insanlar gibi dil üretebilmelerini sağlamayı amaçlar. DDİ’nin başlıca hedeflerinden biri, bilgisayar sistemlerine dilin karmaşık yapısını anlama yeteneği kazandırmaktır. Bu, kelime anlamı, cümle yapıları, dilin bağlamı ve duygusal tonu gibi unsurları içerir. DDİ, büyük veri setlerini kullanarak dilin örüntülerini öğrenir ve bu öğrenmeleri gelecekteki dil anlama ve üretme görevlerinde kullanır (Khurana vd., 2023). Makine çevirisi, metin sınıflandırma, duygu analizi, konuşma tanıma ve otomatik özetleme gibi birçok uygulama DDİ’nin kullanım alanları arasındadır (Montejo-Ráez ve

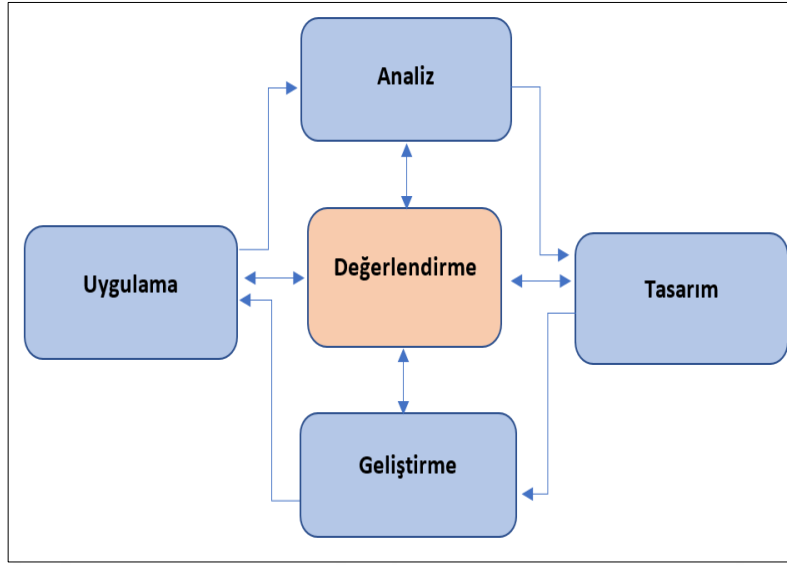
Jiménez-Zafra, 2022). Dolayısıyla bu tez çalışmasında elektrik konusuna yönelik öğretmen adaylarının yazdığı metinlerin sınıflandırmasında DDİ kullanılmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen DDİ süreci Şekil 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.5. Doğal dil işleme süreci

Çıktı; bu aşamada öğretmen adaylarındaki kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Öğrenme analitiği döngüsünün tamamlanması açısından analiz sonucu elde edilen çıktıların tekrar ortama ulaştırılması önemlidir. Dolayısıyla bu tahmin modeli gösterge paneli ile zenginleştirilmiştir. Bir gösterge paneli, öğrenme ortamı içerisinde öğrencilerin göstermiş olduğu performansa yönelik dönütler sunmak ve öğrencilere bu verileri bildirmek amacıyla kullanılarak sürecin tamamlanmasına yardımcı olmaktadır (Pardo ve Siemens, 2014).

Bu aşamada FÖ’ye yönelik olarak hazırlanan etkinliklerin geliştirilme sürecinde ADDIE tasarım döngüsü kullanılmıştır. FÖ uygulamalarında kullanılan etkinlikler ADDIE tasarım modeline göre hazırlanmıştır. Kullanılan öğretim tasarım döngüsü Şekil 3.6’da verilmiştir (Branch, 2009; Karamustafaoğlu ve Pektaş, 2023).



Şekil 3.6. ADDIE öğretim tasarım döngüsü

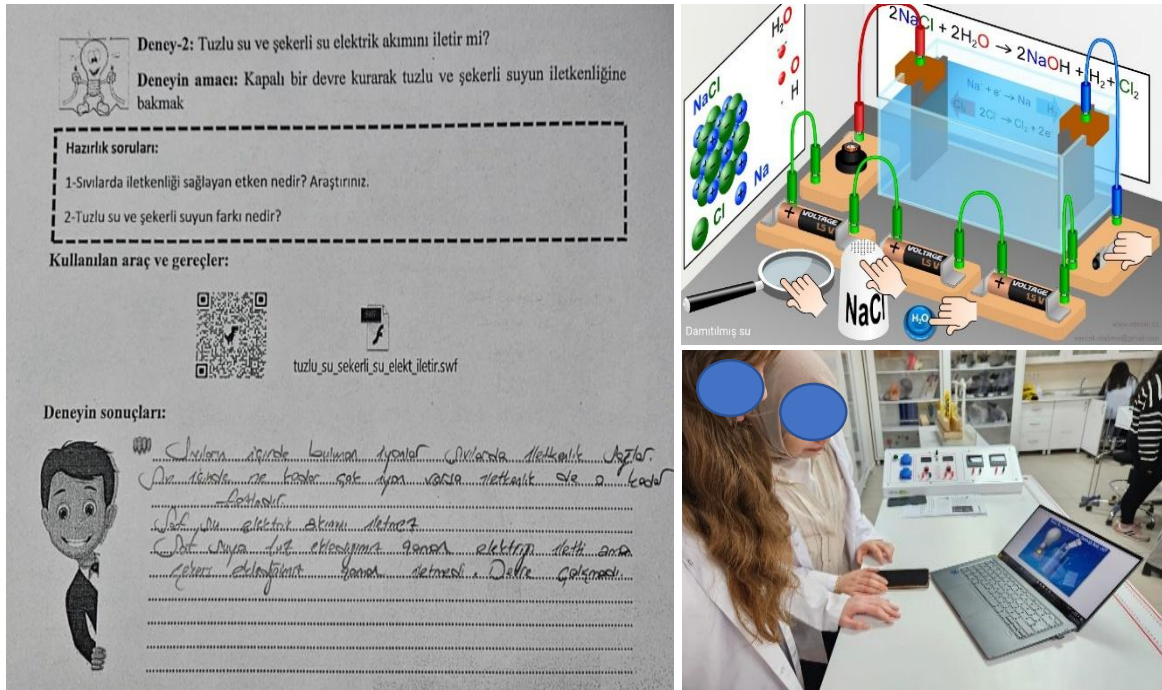
Magliaro ve Shambaugh (2006) ve McGurr (2008) ADDIE'nin geleneksel olarak öğretim tasarımında kullanılan bir süreç olduğunu belirtmektedir. Lohr'a (1998) göre, ADDIE modelinin beş adımı (Analiz, Tasarım, Geliştirme, Uygulama, Değerlendirme) belirli niteliklere sahiptir. ADDIE genellikle doğrusal bir model olarak tanımlanır, ancak bu öğretim tasarım modeli yeniden düzenlemeli ve döngüseldir; değerlendirme ise her aşamada gerçekleştirilmektedir (Trust ve Pektas, 2018). Herhangi bir durumda pratik uygulama ve bir aşamadan diğerine doğal akış, araştırmacılar tarafından süreç olarak ADDIE'yi seçmek için sıklıkla sunulan nedenlerdir (Hanafi, Murtadho, Ikhsan ve Diyana, 2020). Bu aşamada FÖ'nün ADDIE modeline entegrasyonu ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Analiz aşamasında; öğretmenler, öğrencilerin öğrenmeye ne kadar hazır olduklarına, özel ilgi alanlarına veya öğrenme tercihlerinin sağladığı bilgilere göre içeriği farklılaştırır. İçeriğe göre farklılaştırmanın nihai amacı, sadece içeriği kapsamak değil, öğrenciyi öğretilen içerikle bağdaştırmaktır (Tomlinson ve Moon, 2014). Bu doğrultuda, dünya çapında birçok okul, sınıflarda kapsayıcı bir ortam yaratmak için FÖ'yü kullanmaktadır (Gheysens vd., 2020). Bununla birlikte, ilgili araştırma literatürü incelendiğinde, kapsayıcı öğretim uygulamaları (Smale-Jacobse vd., 2019), özellikle de öğrenci çeşitliliğini barındırma (Whittle, Telford ve Benson, 2019) ve FÖ gibi çerçevelerin kullanımının öğrencilerin öğrenme çıktılarına nasıl destekleyebileceği konusunda yalnızca sınırlı sayıda çalışma ortaya çıkmıştır. FÖ, daha fazla kapsayıcılığa doğru bir hareket olarak görülmüştür (Black, Lawson ve Norwich, 2019). Schwab (2020) kapsayıcılığın katılımın önündeki engelleri azalttığını ve

öğretmenlerin öğrenci ihtiyaçlarına uyum sağlamasını gerektirdiğini ileri sürmüştür. Dolayısıyla literatürdeki bu eksikliklerden ve önerilerden yola çıkarak araştırmada FÖ kullanılmıştır.

Tasarım aşamasında; laboratuvar ortamı, “Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 2” dersi kapsamında elektrik deneylerinin FÖ uygulamalarında sıklıkla kullanılan öğretim stratejileri kullanılarak tasarlanmıştır (Ek-1).

1, 2 ve 3. hafta etkinlikleri (Elektrik Akımı): Bu etkinlikte akımın hareketi (katı, sıvı ve gazlarda iletimi), niteliği (doğası), potansiyel fark kavramının içeriği, analizi, direnç kavramı (iletken ve yalıtkan) ve basit devre elemanlarının sembolleri, konuları çalışılmıştır. Bu aşamada FÖ uygulamalarında kullanılan “Merkezler” öğretim stratejisi kullanılmıştır. Uygulamada, öğrenme ve ilgi olmak üzere iki merkez türü kullanılmaktadır (Tomlinson, 2000). Çalışmada öğrenme merkezleri interaktif ve laboratuvar olarak ikiye ayrılmıştır. İnteraktif öğrenme merkezinde bilgisayara yatkınlığı olan öğrenciler bu örnek etkinliği yaparak kavramsal öğrenmeyi gerçekleştirmeleri amaçlanmıştır. İnteraktif öğrenme merkezine yönelik hazırlanan örnek etkinlik ve simülasyon Şekil 3.7’ de verilmiştir.



Şekil 3.7. İnteraktif öğrenme merkezi örnek etkinlik ve simülasyon

Öğrenme merkezleri, yeni bir konunun öğretilmesi veya öğrenilmiş bir konunun pekiştirilmesi amacıyla bir sınıfta hazırlanan değişik etkinlik ve malzemelerin bulundukları alanlardır. Öğrenciler, bu merkezlerde bağımsız çalışabildiği gibi, iki veya daha fazla öğrenciden oluşan gruplar halinde de çalışabilirler. Öğretmenler, öğrenme merkezlerini öğrenci hazırbulunuşluk veya öğrenme profillerine göre oluşturabilir (Kapusnick ve Hauslein, 2001).

Laboratuvar öğrenme merkezinde el becerileri gelişmiş olan öğrenciler deney yaparak kavramsal öğrenmeyi gerçekleştirmeleri amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak hazırlanan örnek etkinlik Şekil 3.8’de verilmiştir.

Deney-2: Tuzlu su ve şekerli su elektrik akımını iletir mi?

Deneyin amacı: Kapalı bir devre kurarak tuzlu ve şekerli suyun iletkenliğine bakmak

Hazırlık soruları:

- 1-Sıvılarda iletkenliği sağlayan etken nedir? Araştırınız.
- 2-Tuzlu su ve şekerli suyun farkı nedir?

Kullanılan araç ve gereçler:

Güç kaynağı, duy (lambasıyla birlikte), döküm ayak (2 adet), bağlantı kablosu, tuz ve şeker.

Deneyin yapılışı: Bu aşamada öğrenciler verilen araç gereçlerle deneyleri kendileri tasarlayacaklardır.

Deneyin sonuçları:

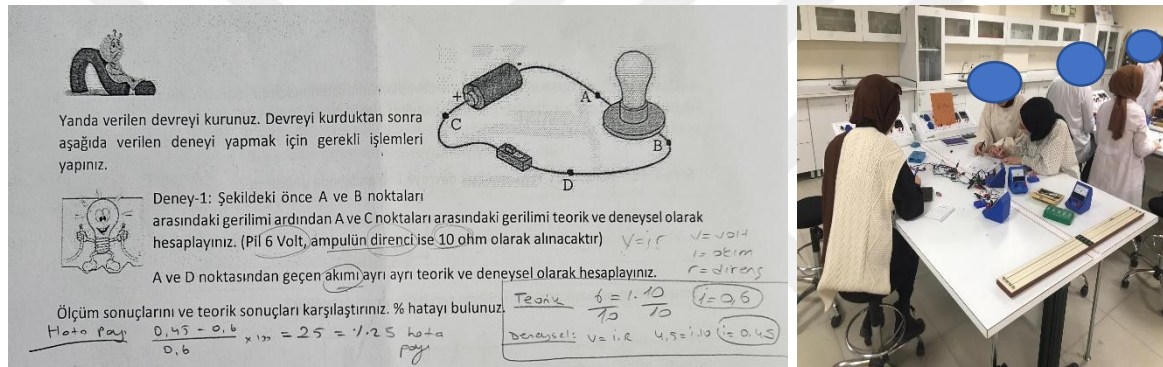
Sıvılarda iletkenliği sağlayan faktör sıvı içerisinde çözünmüş iyonlardır. Tuz su içerisinde Na⁺ ve Cl⁻ iyonları şeklinde ayrıştığından elektrik akımını iletir. Şeker çözünmüş durumda su içerisinde moleküller halinde bulunduğu için elektrik akımını iletmez. Elbette ki ort. sıvılara sahip olmasın. Bu sebepten dolayı iletmez.

Şekil 3.8. Laboratuvar öğrenme merkezi örnek etkinlik

Etkinlik incelendiğinde, laboratuvar öğrenme merkezinde yer alan öğretmen adayları deney araç gereçlerini hazırlayarak deneyi kendileri tasarlayacaklardır. Dolayısıyla yaparak yaşayarak kavramsal öğrenmeyi gerçekleştirmiş olacaklardır.

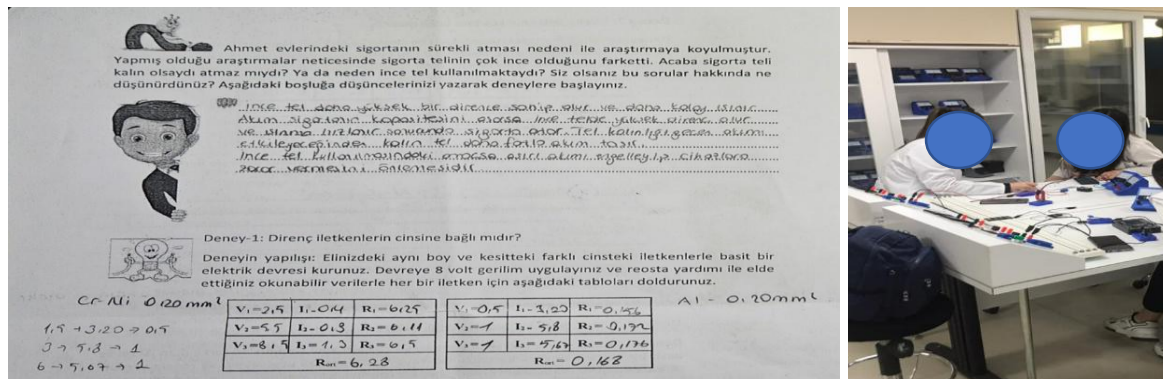
İlgi merkezleri ise, öğrencilerin konu hakkında, kendi ilgi alanlarına yönelik çalışma yapmaları amacıyla oluşturulan alanlardır. Merkezler öğrencilere, ilgi alanlarına yönelik eğlenceli öğrenme fırsatları sunan bir stratejidir. Öğretmenler, ilgi merkezlerini oluştururken öğrencilerin ilgilerinin yanı sıra yetenek ve becerilerini de göz önünde bulundurabilirler. Hazırlanan etkinliklerin öğrencileri zorlayacak düzeyde olması istenen ve dikkat edilmesi gereken bir özelliktir (Diller, 2007; Tomlinson, 2000).

zorluk düzeylerinde ulaşması için kademelendirilmiş etkinliklerden yararlanılır (Tomlinson, 2000). Öğretmen etkinliğin odak noktasını aynı tutup bilgiye çeşitli zorluk derecelerinde ulaşma yolları belirleyerek her öğrencinin (1) önemli beceri ve kavrayışları kazanma, (2) uygun zorluk derecesinde çalışma olasılığını en üst düzeye çıkarır. Araştırmacılar güz yarıyılında “Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 1” dersini yürüttükleri için öğrencilerin profillerini takip edip performanslarını belirlemiştir. Ayrıca ders notları da bilindiği için öğrencilerden kademelendirilmiş olarak hazırlanan etkinlikleri yapmaları istenmiştir. Bu kademeler farklı araçlar kullanılarak basitten karmaşığa doğru olacak şekilde oluşturulmuştur. Basit kademe için oluşturulan örnek etkinlik ve uygulama görseli Şekil 3.10’da verilmiştir.



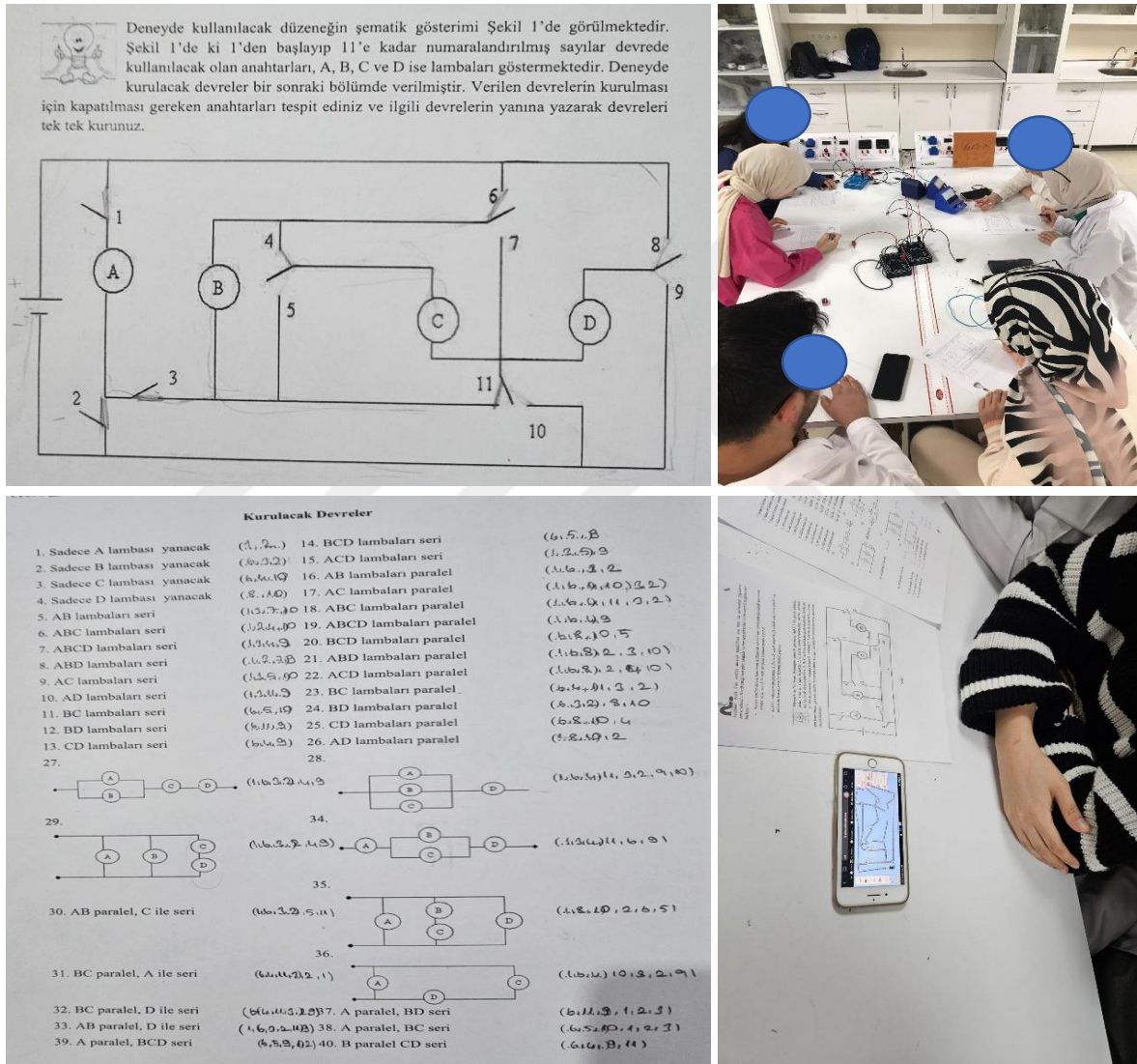
Şekil 3.10. Basit kademe için örnek etkinlik ve uygulama görseli

Etkinlik incelendiğinde öğrencilerden görselde verilen devreye yönelik bazı hesaplamalar yapmaları istenmiştir. Hesaplamaları hem teorik olarak hemde uygulamalı olarak yapmaları istenmiştir. Orta kademe için oluşturulan etkinlikler ve uygulama görseli Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Orta kademe için örnek etkinlikler ve uygulama görseli

Etkinlik incelendiğinde Şekil 3.11’de verilen etkinlikten biraz daha zor yapılandırılmış bir etkinlik özelliği göstermektedir. Etkinlikte önce bir problem durumu verilmiş ve öğretmen adaylarından bu durumu açıklamaları istenmiştir. Ardından direnç iletkenlerin cinsine bağlıdır? etkinliği yaptırılmıştır. Bu etkinlikte boyları ve kesit alanları aynı fakat cinsi farklı iletken teller kullanılarak ölçümler yaptırılmıştır. Zor kademe için oluşturulan örnek etkinlik ve uygulama görseli Şekil 3.12’de verilmiştir.

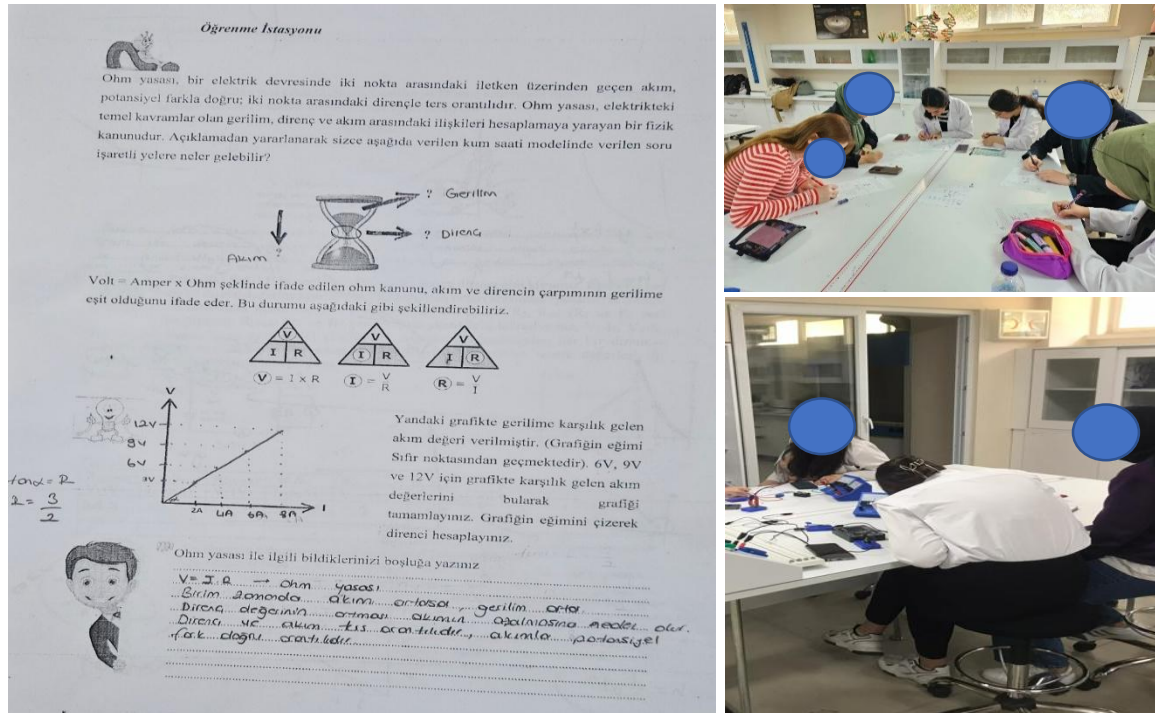


Şekil 3.12. Zor kademe için örnek etkinlik ve uygulama görseli

Bu etkinlik Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de yer alan etkinliklerden daha zor olarak yapılandırılmıştır. Etkinlikte öğretmen adaylarına farklı lambalar ve anahtarlar verilmiştir. Bu anahtarları istenilen lambaları yakacak şekilde tespit etmeleri istenmiştir. Kurulacak devreler tek tek verilmiştir ve 40 soruluk uygulamaların yapılması sağlanmıştır.

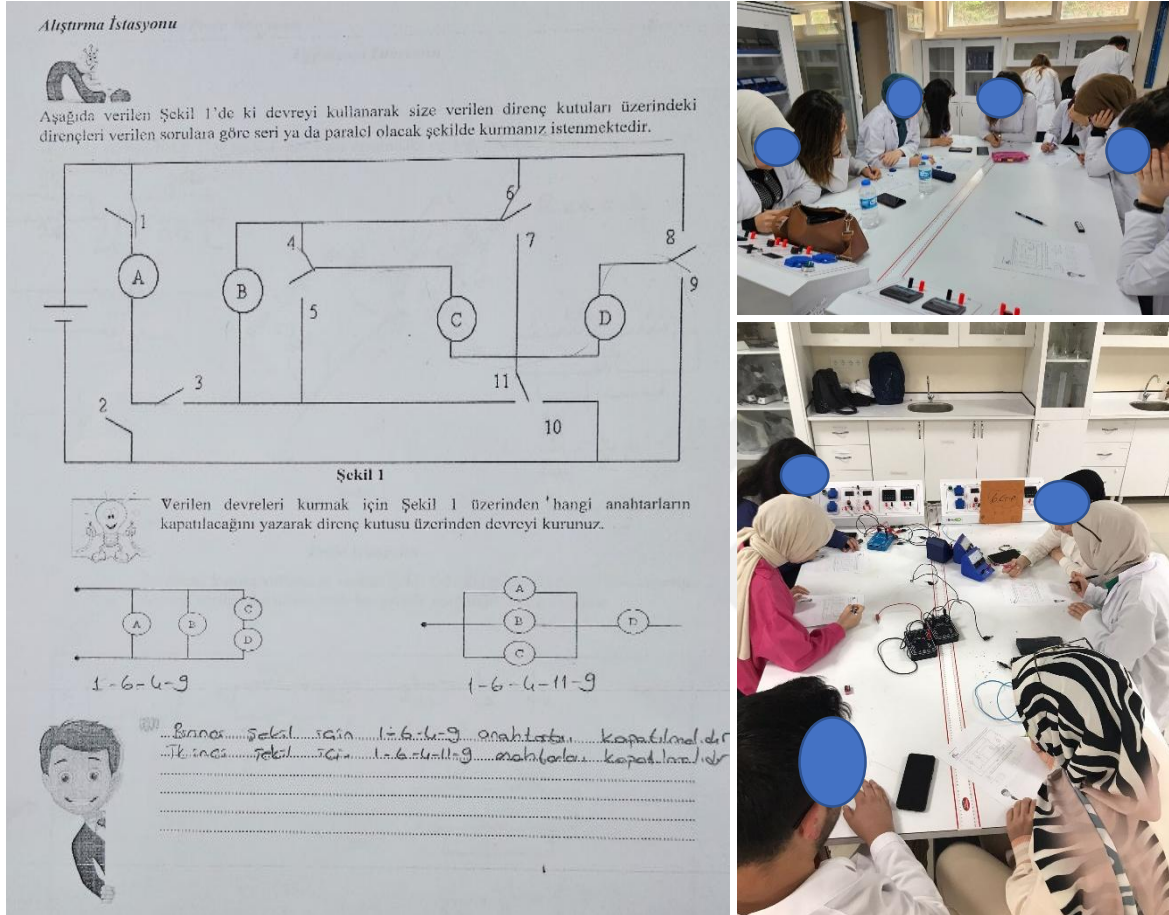
6. hafta Etkinlikler (Ohm Yasası); bu etkinlikte ampermetre ve voltmetrenin kullanıldığı basit elektrik devresi üzerinden veri toplanması, grafik okuma ve ölçme becerisine bağlı olarak ohm yasasına erişim ve devrede parlaklığını etkileyen değişkenlerin analizi, konuları çalışılmıştır. Bu aşamada FÖ uygulamalarında kullanılan “İstasyon” öğretim stratejisi kullanılmıştır. İstasyon stratejisi, öğrenme ortamını eğlenceli, etkili ve dikkat çekici hale getirir. Öğrenciler istasyonlarda çalışarak ve araç-gereçleri kullanarak çeşitli etkinlikler gerçekleştirirler. Her bir istasyonda birbirinden farklı etkinlikler tasarlandığı için, etkinlik çeşitliliği sağlanmış olur. Öğrenciler, istasyonlarda gruplarıyla iş birliği içerisinde çalışmayı öğrenirken, bireysel çalışmalar sayesinde kendi çalışma alışkanlıklarını da keşfedebilirler. Diğer bir deyişle, öğrenciler kendi öğrenmelerini gerçekleştirdikleri kadar grup arkadaşlarının öğrenmelerine de katkıda bulunurlar (Manuel, 1974). Bu etkinlikte öncelikle araştırmacı Ohm yasası hakkında genel bilgi verecektir. Daha sonra istasyonlar aşağıdaki gibi planlanmıştır.

Öğrenme istasyonunda; Ohm yasasının Akım-Gerilim grafiğinden türetildiğinin açıklanması. Akım gerilim grafiğinin eğimi R’yi verdiğinden bahsedildiği yerdir. Öğrenme istasyonu için oluşturulan örnek etkinlikler ve uygulama görseli Şekil 3.13’te verilmiştir



Şekil 3.13. Öğrenme istasyonu için örnek etkinlikler ve uygulama görseli

Alıştırma istasyonunda; farklı anahtarlar kullanarak devre tasarlama, parlaklık, yanan ve sönen lamba uygulamalarının yapıldığı yerdir. Alıştırma istasyonu için oluşturulan örnek etkinlikler ve uygulama görseli Şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. Alıştırma istasyonu için örnek etkinlikler ve uygulama görseli

Etkinlikte öğretmen adaylarından verilen şekil üzerinden hangi anahtarların kapatılacağı yazarak direnç kutusu kullanarak devreyi kurmaları istenir.

Uygulama İstasyonunda; çizilen devrede eş değer direnci bulmak için izlenecek yolun tasarlandığı yerdir. *Proje İstasyonu*: Eş değer lambalar kullanarak seri ya da paralel bağlama türüne göre en parlak yanan lambanın tasarlandığı yerdir. Uygulama ve Proje istasyonları için oluşturulan örnek etkinlikler ve uygulama görselleri Şekil 3.16'da verilmiştir.

Uygulama ve Proje İstasyonu

Uygulama İstasyonu

Aşağıda verilen Şekil 1'de ki K-L noktaları arasındaki eş değer direnci bulmak için nasıl bir yol izlersiniz?

Şekil 1

Proje İstasyonu

İki direnç kutusu kullanarak verilen Şekil 1'de ki devreyi kurunuz. Kurduğunuz devreyi verilen devreden farklı bir şekilde aşağıdaki boşluğa çiziniz.

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$

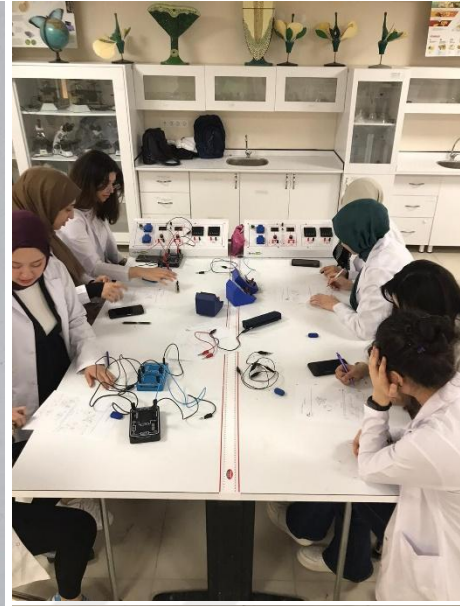
$R_{eq} = \frac{2}{3}$

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{6} = \frac{4}{15}$

$R_{eq} = \frac{15}{4}$

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{7}{12}$

$R_{eq} = \frac{12}{7}$



Şekil 3.16. Uygulama ve proje istasyonları örnek etkinlikler ve uygulama görselleri

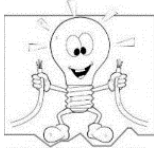
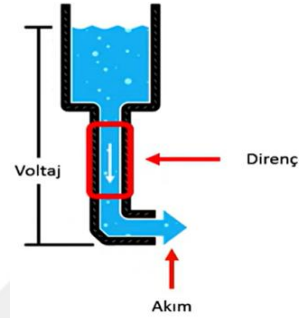
Etkinlikte ilk olarak öğretmen adaylarından uygulama istasyonunda iki nokta arasındaki eşdeğer direnci nasıl bulacaklarına yönelik yol haritası çizmeleri istenir. Ardından proje istasyonunda ise verilen 2 farklı direnç kutusunu kullanarak uygulama istasyonundaki devreyi oluşturmaları istenir. Ardından öğretmen adaylarından devrenin açık bir şekilde tekrar farklı bir şekilde çizimi istenir.

Geliştirme aşamasında; geliştirilen etkinlikler yer almaktadır. Etkinliklerin geliştirme sürecinde pilot uygulama yapılmıştır. Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 1 ve 2 derslerinde deneylerin yanı sıra bir öğretim yöntem ve tekniğinin kullanılması gerektiğinde lisans programında belirtilmiştir. Dolayısıyla bahsedilen donanımlara sahip olan, 4. sınıf fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim gören ve daha önce Fen Öğretimi Laboratuvar

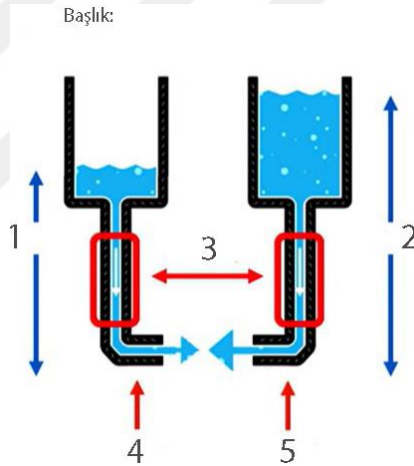
Uygulamaları 2 dersi alıp başarılı olan 6 öğretmen adayı ile pilot uygulama yapılmıştır. Bu uygulama sonucunda etkinliklerde bazı yerlere eklemeler yapılmıştır. Örnek olarak öğrenme merkezlerinde yapılan etkinlikler ve eklemeler aşağıda verilmiştir.

Ekleme yapılan sorular

Soru 1. Ahmet öğretmen öğrencilerine yandaki şekilde bir elektrik devresinde voltaj, akım ve direncin sembolize edildiği bir benzetim vermiştir. Öğrencilerinden bu benzetimden yola çıkarak aşağıda verilen şekillerdeki numaralandırılmış yerlere yazılması gereken ifadeleri ve şekiller için birer başlık yazmalarını istemiştir. Ahmet öğretmenin öğrencilerine yardımcı olabilir misiniz?

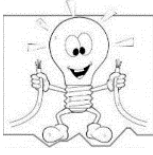


İlgi Merkezi Etkinlik-1:

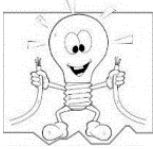
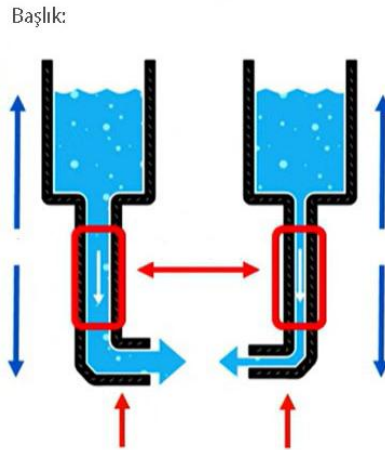


Bu etkinliğin pilot uygulaması 6 kişilik öğretmen adayı grubu ile yapılmıştır. Uygulama sonucunda akım, gerilim ve direnç arasındaki ilişkinin İlgi Merkezi Etkinlik-1 sonucunda tam olarak anlaşılmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla eklemelerin yapılması gerektiği düşünülerek aşağıda verilen etkinlikler eklenmiştir. İlgi Merkezi Etkinlik-2’de sabit voltajlar kullanılarak farklı dirençlerde farklı akımların oluştuğu kavratılmaya çalışılmıştır. İlgi Merkezi Etkinlik-3’te ise farklı voltajlarda farklı dirençlerde akımlarında farklı olabileceği kavratılmaya çalışılmıştır.

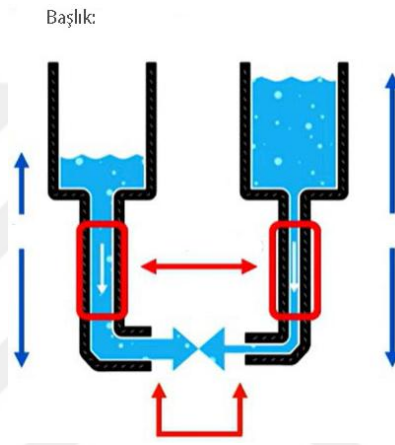
Yapılan eklemeler



İlgi Merkezi Etkinlik -2:



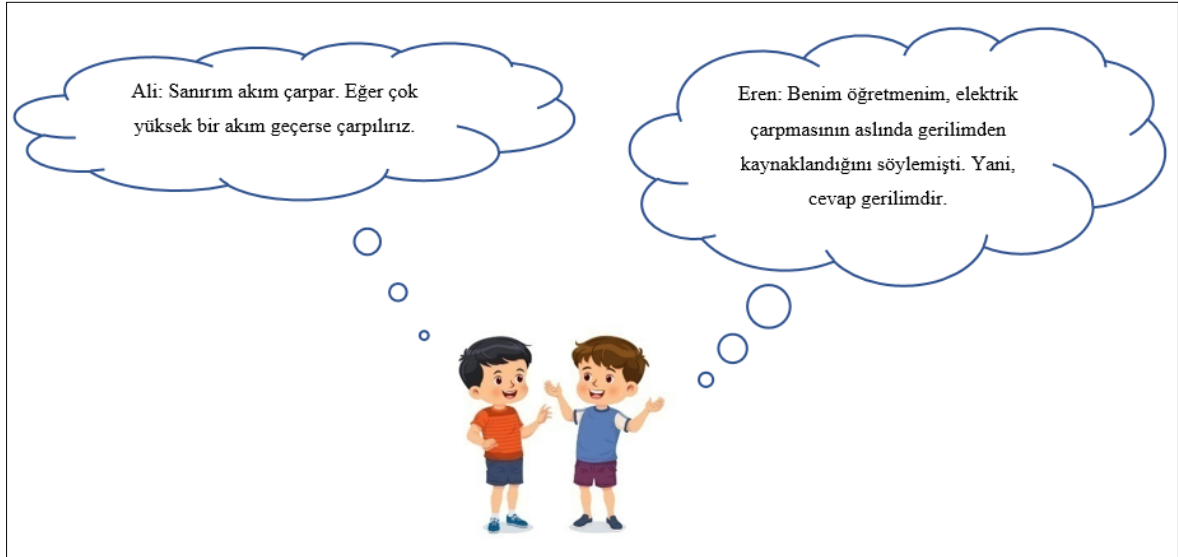
İlgi Merkezi Etkinlik -3:



Soru 2. Mehmet, elektrikli cihazların kullanımıyla ilgili aile üyelerini bilgilendirmek istiyordu. Bunun üzerine, bir gün akşam yemeği sırasında aileye basit bir soru sordu: Bizi akım mı çarpar yoksa gerilim mi? Siz bu durumu nasıl açıklarsınız?

Laboratuvar öğrenme merkezinde yapılan etkinlikte öğrenciler pilot uygulama sürecinde oldukça fazla zorlanmışlardır. Eğer soru çok zorsa ve öğrencilerin büyük çoğunluğu cevabı bilemiyorsa, soru aslında ölçmek istediği beceriden çok tahmin yeteneğini veya şans faktörünü ölçebilir. Bu durumda ölçmek istenen davranış tam yansıtamadığı için geçerlik düşer. Dolayısıyla farklı ip uçları verilerek sorunun geçerliliği artırılmaya çalışılmıştır. Etkinliğin son hali aşağıda verilmiştir.

Mehmet, elektrikli cihazların kullanımıyla ilgili aile üyelerini bilgilendirmek istiyordu. Bunun üzerine, bir gün akşam yemeği sırasında aileye basit bir soru sordu: Bizi akım mı çarpar yoksa gerilim mi?



Şekil 3.17. Pilot uygulama sonucu eklenen görsel

Sizce Ali mi yoksa Eren mi doğru cevaplamış olabilir? Siz bu durumu nasıl açıklarsınız?

Pilot uygulamalar sonucunda Etkinlik 1’de laboratuvar öğrenme merkezi, ilgi merkezi ve interaktif öğrenme merkezi olmak üzere üç merkez oluşturulmuştur. Etkinlik 2’de iki aşamada kademelendirilmiş etkinlikler yer almaktadır. Etkinlik 3’te ise öğrenme, sağlama, alıştırma, uygulama ve proje istasyonları kullanılarak etkinlikler oluşturulmuştur.

Uygulama aşaması; fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersi haftada 3 saat olarak yapılmaktadır. Bu aşamada uygulama 10 hafta boyunca toplam 30 ders saatinde gerçekleştirilmiştir. Etkinlikler 7 hafta boyunca aktif olarak uygulanmıştır. Birinci haftada ön-testler yapılmıştır.

Değerlendirme aşaması; dersin sorumlusu olan öğretim üyesi ve araştırmacı danışmanlığında 7 hafta boyunca aktif bir şekilde uygulamalar yapılmıştır. Uygulamalar, etkinliklerde yer alan yönergeler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Etkinlikler yapıldıktan sonra örneklem grubunda yer alan öğretmen adaylarının süreç sonunda elektrik konusu hakkındaki bilgilerini test etmek için her bir etkinliğin sonunda yer alan “deneyin sonuçları”

bölümüne yazdıkları sonuç, tartışma ve senaryo cümleleri eğitilmiş yapay zeka modülü kullanılarak analiz edilmiştir. Öğretmen adayı analiz sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Öğretmen adayı öncesi ve ara frekans dağılımları ve değişim

Soru No	Kavram Yanılgısı	Öncesi Frekans	Ara Frekans	Azalma (%)	Değişim
1	Seri ve paralel bağlantılar arasındaki farkın karıştırılması	10	6	40.0	Başarısız
	Seri devrede direnç eklendiğinde akımın artacağı yanılgısı	8	5	37.5	Başarısız
	Paralel devrede tüm dirençlerden aynı akımın geçeceği yanılgısı	8	6	25.0	Başarısız
	Lamba parlaklığına yönelik yanılgı	7	4	42.9	Başarısız
	Devre elemanlarının uzaklığı veya yerleşiminin akımı etkileyeceği yanılgısı	7	5	27.6	Başarısız
	Ampermetrenin paralel bağlanması yanılgısı	9	4	55.6	Belirgin azalma
2	Voltmetrenin seri bağlanması yanılgısı	9	3	66.7	Büyük ölçüde azaldı
	Ampermetre ve voltmetrenin yüksek ve düşük direnç özelliklerinin karıştırılması	7	3	57.1	Belirgin azalma
	Ampermetre ve voltmetre bağlantı noktalarının karıştırılması	7	3	57.1	Belirgin azalma
	Ampermetre ve voltmetre bağlantısının devreyi etkilemeyeceği yanılgısı	7	3	57.1	Belirgin azalma
	Direncin yalnızca akım ve voltajla ilişkili olduğu yanılgısı	12	5	58.3	Belirgin azalma
	Direncin yalnızca iletkenin boyutuna bağlı olduğu yanılgısı	10	4	60.0	Büyük ölçüde azaldı
3	Direncin yalnızca malzemenin türüne bağlı olduğu yanılgısı	6	3	50.0	Belirgin azalma
	Direncin iletkenin sıcaklığından bağımsız olduğu yanılgısı	6	2	66.7	Büyük ölçüde azaldı
	Direncin akım geçtikçe azalacağı yanılgısı	5	2	60.0	Büyük ölçüde azaldı
	İletkenin kalınlığının direnci artıracacağı yanılgısı	5	2	60.0	Büyük ölçüde azaldı
4	Direncin sabit kaldığı yanılgısı	7	3	57.1	Belirgin azalma

Çizelge 3.3 (devamı)

	Akımın "tüketildiği" yanılması	7	2	71.4	Büyük ölçüde azaldı
5	Katı, sıvı ve gazların elektrik iletkenliğinin aynı mekanizmaya dayandığı yanılması	16	7	56.25	Belirgin azalma
	Gazların elektrik iletkenliğinin imkânsız olduğu yanılması	8	3	62.5	Büyük ölçüde azaldı
6	Kısa devre olmadığı yanılması	10	3	70.0	Büyük ölçüde azaldı
7	Tüm dirençlerin eşdeğer direnç hesaplamalarında aynı şekilde hesaplandığı yanılması	12	7	41.7	Başarısız
	Tüm dirençlerin aynı değere sahip olmasının eşdeğer direnci etkilemediği yanılması	9	5	44.4	Başarısız
8	Öz direnç ve iletkenliğin tamamen bağımsız olduğu yanılması	7	3	57.1	Belirgin azalma
	Öz direnç ve iletkenliğin doğru orantılı olduğu yanılması	4	2	50.0	Belirgin azalma
9	Direncin akımın gerilime oranı olduğu yanılması	11	4	63.6	Büyük ölçüde azaldı
	Pillerin seri veya paralel bağlanmasının her zaman aynı olacağı yanılması	13	5	61.5	Büyük ölçüde azaldı
10	Seri bağlı pillerin ömrünün daha uzun olduğu yanılması	12	6	50.0	Belirgin azalma
	Paralel bağlı pillerin ömrünün daha kısa olduğu yanılması	10	3	70.0	Büyük ölçüde azaldı

McDermott ve Shaffer (1992) elektrik devreleri çalışmasında öğrencilerin yanılgılarındaki %50-59 civarı azalmaları “belirgin azalma” olarak rapor etmiştir. Dolayısıyla “belirgin azalma” altındaki azalmalar yeterli görülmemektedir. Çizelge 3.2’deki analizlere bakıldığında lambalarda parlaklık ve dirençlerin seri ve paralel bağlanmalarına yönelik yanılgılardaki azalmaların yeterli görülmediği sonucuna varılmıştır. Bu bulgular doğrultusunda uygulama sürecine son bir hafta daha eklenerek farklılaştırılmış öğretimde kullanılan proje üretimi aşamasında STEM kültürü ile proje yaptırılmıştır. Çünkü STEM eğitimi doğası gereği, süreç içerisinde iyi yapılandırılmış gerçek dünya problemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu etkinlik ile öğretmen adaylarının önceki etkinliklerde öğrendikleri bilgileri aktif bir şekilde kullanmalarını sağlamak hedeflenmiştir.

Birinci geliştirme

Öğrenme stillerine yönelik web formunun uzman görüşü ile geliştirilmesi sürecinde öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirlemek için bir öneri web formu (www.orseka.com/ogrenmestilleri.php) kullanılmıştır (Ek-2). Web formu uzmanların görüşü doğrultusunda oluşturulmuştur.

Elektrik konusuna yönelik web formunun uzman görüşü ile geliştirilmesi sürecinde elektrik konusuna yönelik olarak tasarlanan 10 soru için uzman görüşü alınmıştır. Uzmanların önerileri doğrultusunda 10 sorudan oluşan web formunun son hali elde edilmiştir.

Farklılaştırılmış öğretime yönelik etkinliklerin uzman görüşü ile geliştirilmesi sürecinde FÖ uygulamalarında sıklıkla kullanılan öğretim stratejilerine yönelik olarak tasarlanan etkinlikler için uzman görüşü alınmıştır. Uzmanların önerileri doğrultusunda etkinliklerin son hali elde edilmiştir. Etkinlikler fen eğitimi alanında çalışmalar yapan dört profesör ve bir uzman fizik öğretmenin görüşleri doğrultusunda geliştirilmiştir.

Birinci uygulama

Öğrenme stillerine yönelik web formunun uygulanması sürecinde; geliştirilen web form ile çok sayıda veriye ulaşmak amacı ile Türkiye’de 8 farklı devlet üniversitelerinin fen bilgisi öğretmenliği programında kayıtlı 1, 2, 3. ve 4. sınıflarında öğrenim gören öğretmen adaylarına ulaşılmıştır. 552 kişilik veri seti ile zengin bir veri analizi yapılmıştır.

Elektrik konusuna yönelik web formunun uygulanması sürecinde; geliştirilen web formu ile çok sayıda veriye ulaşmak amacı ile Türkiye’de 8 farklı devlet üniversitesinin fen bilgisi öğretmenliği programında kayıtlı 1, 2, 3. ve 4. sınıflarında öğrenim gören öğretmen adaylarına ulaşılmıştır. Web formda 10 soru olduğu için, her bir soruya cevap veren ve değerlendirmeye alınan öğretmen adayı sayısı farklılık göstermiştir. Dolayısıyla her bir soru için 490 ile 510 kişi arasında değişen veri seti ile zengin bir veri analizi yapılmıştır.

Farklılaştırılmış öğretime yönelik geliştirilen etkinliklerin uygulanması sürecinde; tasarlanıp geliştirilen etkinlikler (ön-test ve son-test uygulamaları hariç) 7 hafta boyunca genellikle salı

günleri fen laboratuvarında 30 öğrencinin katılımı ile 09.00-12.00 saatleri arasında 3 ders saati olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Girdi

Bu aşamada teorik ve deneysel çıkarımlardan elde edilen bulgular neticesinde öğretmen adaylarında meydana gelen gelişimler doğrultusunda bir haftalık bir “Proje Üretimi” etkinliğinin yapılmasına uzmanlar tarafından karar verilmiştir. Proje üretimi okul öncesinden yükseköğrenime kadar disiplinler arası yaklaşımla bireylerin problemleri tespit etmesini, bu problemlere pratik ve isabetli çözümler üretmesini hedefleyen bir uygulamadır. Bireyin yaparak, yaşayarak ve deneyimleyerek öğrenmesi proje üretimi için oldukça önemlidir. Proje üretimi aynı zamanda problem çözme becerilerinin gelişimini hedefler ve bu doğrultuda öğrencilerin öğrendikleri bilgileri günlük hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümünde kullanmasına yardımcı olur. Dolayısıyla öğretmen adayları öğrendikleri bilgileri proje üretimi aşamasında STEM ile uygulamaya geçirmişlerdir.

Bu aşamada kullanılan makine öğrenme sınıflandırıcılarının doğruluk oranlarını arttırabilmek için literatür taraması yapılarak *Topluluk Modeli* geliştirilmiştir. Ayrıca birinci döngüde gerçekleştirilen üç etkinliğe ek olarak bir proje üretimi etkinliği tasarıma eklenmiştir. Yeniden tasarım aşaması böylece gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla ADDIE tasarım döngüsünün Tasarım, Geliştirme ve Uygulama aşamalarında eklemelere gidilmiştir.

3.2.4. İkinci döngü

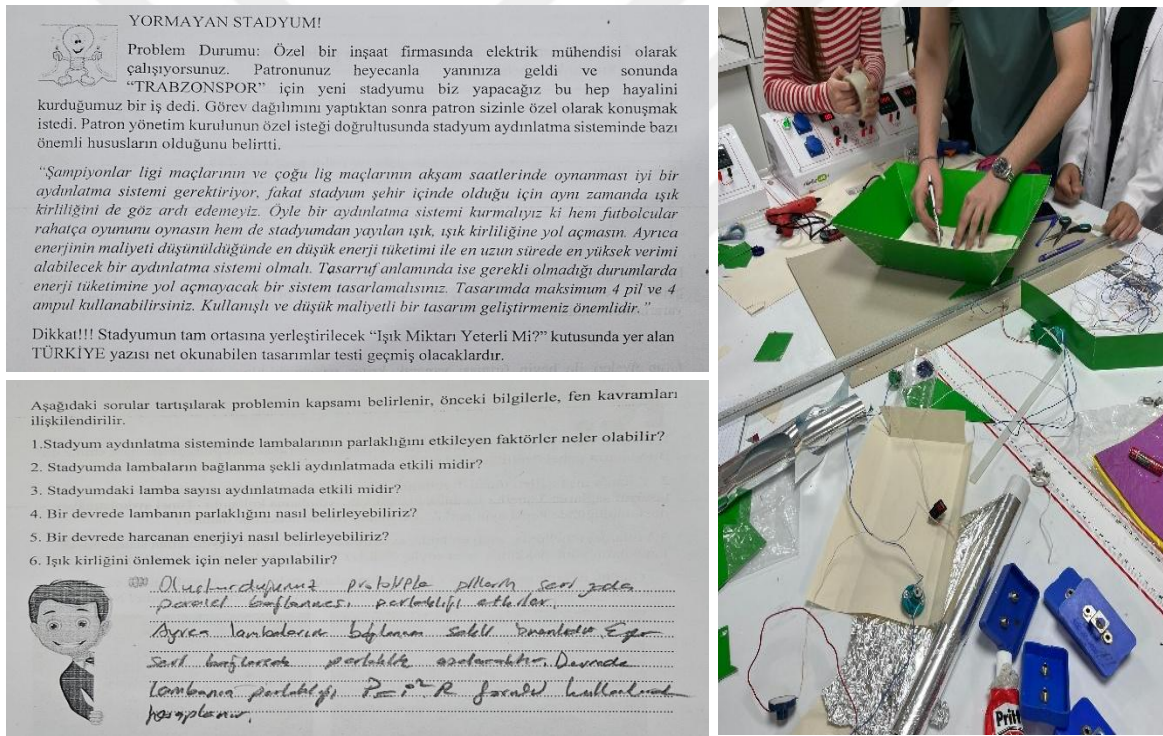
Bu aşamada ikinci tasarım, ikinci geliştirme ve ikinci uygulama aşamaları yer almaktadır.

İkinci tasarım

Öğrenme stillerinin ve elektrik konusuna yönelik kavram yanılgılarının belirlenme sürecinde Topluluk Modeli entegrasyonu aşamasında; topluluk öğrenmesinde, genellikle temel modeller olarak adlandırılan birden fazla model kullanılır ve tüm modellerin çıktıları tek bir birleşik çıktı üretmek için birleştirilir (Iqball ve Wani, 2023). Başka bir deyişle, çeşitli modellerin tahminleri/kararları nihai tahmin veya kararı oluşturmak için toplanır. Topluluk

modelleri yakın geçmişte oldukça iyi başarılar elde etmiştir (Iqball ve Wani, 2023). Dolayısıyla bu aşamada YZ algoritmalarına Topluluk modelinin entegrasyonu yapılmıştır.

Farklılaştırılmış öğretime yönelik geliştirilen etkinliklere STEM entegrasyonu aşamasında; Etkinlik-4 (Proje Üretimi) entegre edilmiştir. Bu aşamada FÖ uygulamalarında kullanılan STEM öğretim stratejisi kullanılmıştır. Bu süreçte problem tanımlandıktan sonra olası çözüm yolları araştırılır, en iyi olduğu düşünülen çözüm uygulanır ve test edilir. Çözüme ulaşılmazsa döngü tekrar başlar. Dolayısıyla bu etkinlikte öğrencilere lambalarda parlaklığı kullanarak stadyum aydınlatmasına yönelik bir STEM etkinliği ile stadyum tasarlatırılmıştır. Örnek etkinlik ve uygulama görseli Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Proje üretimi örnek etkinlik ve uygulama görseli

İkinci geliştirme

Öğrenme stillerinin ve elektrik konusuna yönelik kavram yanlışlarının belirlenme sürecinde Topluluk Modellerinin geliştirilmesi aşamasında; araştırmacılar tarafından geliştirilen topluluk modeli 4 adımdan oluşmaktadır. (1) Öğrenme stillerinin ve elektrik konusuna yönelik oluşturulan 10 soruluk kavram yanlışları veri kümesinin dönüşümü gerçekleştirilir. (2) Dönüştürülen veri kümesi ÇKA, DVM, GA, RO, k-EYK, NB ve LR

sınıflandırıcılarından oluşan topluluk modelini besler. (3) Veri kümesi eğitim veri kümesi ve test veri kümesi olarak iki parçaya ayrılır. Ardından, tüm sınıflandırıcılar için en uygun hiper-parametreler seçilir ve topluluk modelini eğitmek için ızgara arama parametre ayarlama yöntemi kullanılır. (4) Son adımda, her bir sınıflandırıcı modelin en iyi tahminleri dikkate alınarak test veri kümesi üzerinde tahminler yapmak için bir oylama mekanizması kullanılır (Kökver vd., 2025). Bu aşamada öğrenme stilleri ve kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik her bir soru için bir topluluk modeli sürece entegre edilmiştir. Uygulama adımları Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Topluluk modeli uygulama adımları

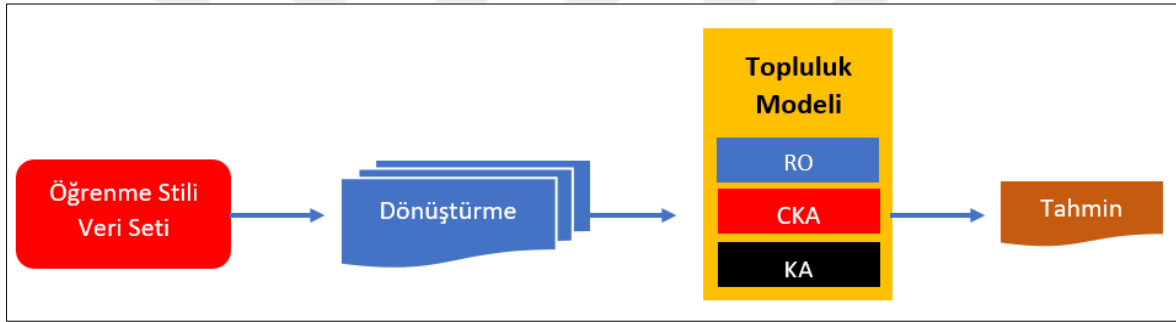
Adımlar	Yapılan Uygulamalar
1. Adım	“Öğrenme stilleri” ve “elektrik konusuna yönelik kavram yanlışları” veri kümelerinin dönüşümü gerçekleştirilir.
2. Adım	Dönüştürülen veri kümesi; öğrenme stilleri için ÇKA, RO ve KA sınıflandırıcılarından oluşan bir topluluk modeline beslenir. Elektrik konusundaki kavram yanlışlarına yönelik; birinci soru için ÇKA, DVM, GA, ikinci soru için k-EYK, GA, NB, üçüncü soru için DVM, LR, NB, dördüncü soru için ÇKA, DVM, RO, beşinci soru için k-EYK, GA, LR, altıncı soru için GA, k-EYK, DVM, yedinci soru için NB, GA, RO, sekizinci soru için RO, DVM, ÇKA, dokuzuncu soru için k-EYK, ÇKA, LR ve onuncu soru için GA, ÇKA, LR olarak belirlenmiştir.
3. Adım	Veri kümesi iki parçaya ayrılır: Bir eğitim veri kümesi ve bir test veri kümesi. Ardından, tüm sınıflandırıcılar için en uygun hiper-parametreler seçilir ve topluluk modelini eğitmek için ızgara arama parametre ayarlama yöntemi kullanılır.
4. Adım	Son adımda, her sınıflandırıcı modelin en iyi tahminleri dikkate alınarak test veri kümesi üzerinde tahminler yapmak için bir oylama mekanizması kullanılır.

Farklılaştırılmış öğretime yönelik geliştirilen etkinliklere ek olarak uzman görüşü ile STEM etkinliği geliştirme aşamasında; ADDIE tasarım modeline göre hazırlanan STEM etkinliği daha önce belirtilen uzmanların görüşü alınarak geliştirilmiştir.

İkinci uygulama

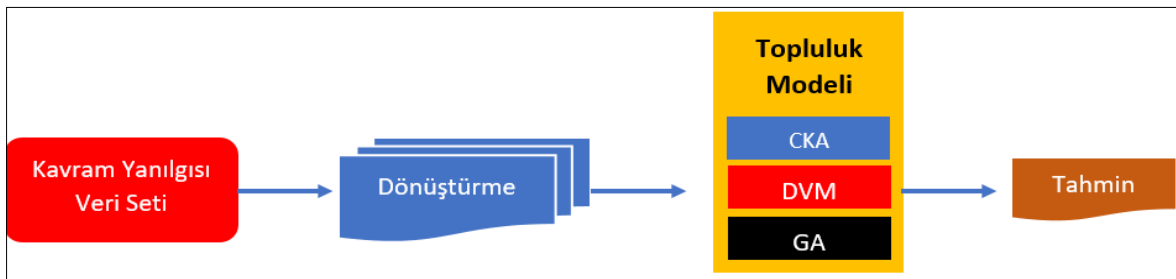
Öğrenme stilleri ve elektrik konusuna yönelik kavram yanılgılarının belirlenme sürecinde Topluluk Modellerinin uygulanması aşamasında; ilk olarak öğrenme stillerine yönelik oluşturulan veri seti üzerinden makine öğrenmesi sınıflandırıcıları seçilerek Topluluk modeli oluşturulmuştur. Ardından elektrik konusuna yönelik oluşturulan kavram yanılgısı veri seti üzerinden kullanılan makine öğrenmesi sınıflandırıcılarından en yüksek doğrulama sonucunu veren 3 sınıflandırıcı seçilerek Topluluk modeli oluşturulmuştur.

Topluluk modeli uygulama adımları dikkate alınarak öğrenme stillerine yönelik oluşturulan Topluluk Modeli Şekil 3.18’de gösterilmektedir.



Şekil 3.19. Öğrenme stillerine yönelik Topluluk Modeli Mimarisi

Öğretmen adaylarının kavram yanılgılarını belirlemek için oluşturulan Topluluk Modeli Mimarisi, birinci soru için örnek olarak Şekil 3.20’de verilmiştir.



Şekil 3.20. Kavram yanılgısına yönelik Topluluk Modeli Mimarisi

Topluluk öğrenmesinde, genellikle temel modeller olarak adlandırılan birden fazla model kullanılır ve tüm modellerin çıktıları tek bir birleşik çıktı üretmek için birleştirilir (Iqball ve Wani, 2023). Yani, nihai tahmin veya kararı üretmek için çeşitli modellerin

tahminleri/kararları birleştirilir. Topluluk modelleri yakın geçmişte oldukça iyi bir başarı elde etmiştir (Iqball ve Wani, 2023). Bu sınıflandırıcının, genellikle topluluğu oluşturan bireysel sınıflandırıcıların herhangi birinden daha doğru olduğu görülür (Dietterich, 2002). Dolayısıyla bu tez çalışmasında doğruluk oranının yüksek çıkması için bu model kullanılmıştır.

Farklılaştırılmış öğretime yönelik geliştirilen etkinliklere ek olarak STEM etkinliğinin uygulanması aşamasında; araştırmacılar tarafından geliştirilip uzman görüşü alınarak tasarlanan STEM etkinliği uygulanmıştır. Öğretmen adaylarından bu aşamada daha önce öğrendikleri bilgileri uygulayabilecekleri bir proje yapmaları istenmiştir. Stadyum aydınlatması konulu bir STEM etkinliği uygulamaya konulmuştur.

3.2.5. Sonuç

Çalışmada uygulama süreci 10 hafta boyunca 30 ders saati sürmüştür. Son hafta öğrencilere son testler uygulanmıştır. Test uygulamaları sonucunda analizler yapılmıştır. Bu analizler TTA sürecinin sonuç aşamasını oluşturmuştur. Test sonuçları ve bu sonuçlara ait analizler çalışmanın bulgular bölümünde verilmiştir.

3.3. Veri Toplama Araçları

Lincoln ve Guba (1985) nitel araştırmanın niteliğini artırabilecek birtakım stratejiler önermektedirler. Ancak bu önerileri nicel araştırmada geleneksel olarak kabul gören önemli değer ölçütleri olarak ön plana çıkarılan “geçerlik” ve “güvenirlik” kavramları çerçevesinde değil nitel araştırmanın doğasına uygun olabileceğini düşündükleri alternatif kavramlarla yapmaktadırlar. Bu çerçevede “iç geçerlik” yerine “inandırıcılık”, “dış geçerlik” yerine “aktarılabilirlik”, “iç güvenilirlik” yerine “tutarlık” ve “dış güvenilirlik” yerine ise “teyit edilebilirlik” kavramlarını kullanmayı tercih etmektedirler. Bu çalışmada veri toplama aracı olarak öğrenme stilleri öneri geliştirme ve kavram yanlışları belirleme web formları kullanılmıştır. Dolayısıyla çalışmada kullanılan iki veri toplama aracının niteliğini artırmak için Polit, Beck ve Owen (2007) tarafından belirlenen kriterler kullanılmıştır.

Bir ölçeğin her bir maddesi için Madde Düzeyinde İçerik Geçerlilik Endeksi [Item-level Content Validity Index (I-CVI)] değeri hesaplanabilir ve I-CVI hesaplamak için

uzmanlardan her bir maddenin uygunluğunu değerlendirmeleri istenir; genellikle 4'lü bir ölçek kullanılır (Polit vd., 2007). Bu 4 dereceli ölçeğin etiketlenmesinde çeşitli varyasyonlar vardır, ancak en sık kullanılan biçim şudur (Davis, 1992): 1 = uygun değil, 2 = biraz uygun, 3 = oldukça uygun, 4 = çok uygun. Dolayısıyla çalışmada bu varyans kullanılmıştır.

Lynn (1986), uzman sayısı ile ilişkili olarak kabul edilebilir I-CVI değerine dair sıkça atıf yapılan yönergeler sunmuştur. Ona göre, eğer uzman sayısı beş veya daha az ise, değerin mükemmel olması için I-CVI mutlaka 1.00 olmalıdır. Yani tüm uzmanlar maddenin içerik açısından geçerli olduğu konusunda hemfikir olmalıdır. Uzman sayısı beşten fazla olduğunda ise, küçük bir miktar anlaşmazlığa izin verilebilir (örneğin altı uzman olduğunda, I-CVI en az 0.83 olmalı, bu da bir uzmanın farklı görüş bildirmesini yansıtır).

Polit vd.'ye (2007) göre, Çizelge 3.5'te yer alan her bir I-CVI'yi tesadüfi uzlaşıya göre düzelten bir modifiye kappa istatistiği (k^*) hesaplanmıştır. Bu indeks, belirli bir türdeki uzlaşının göstergesi olduğu için modifiye kappa olarak adlandırılmaktadır; yani uzmanların bir maddenin 'uygun' olduğu konusunda hemfikir olmalarıdır (Polit vd., 2007). Uygun olmadığı konusundaki uzlaş dikkate alınmaz, çünkü bu tür bir uzlaş bir maddenin niteliğini artırma konusunda bilgi vermez (Polit vd., 2007). Daha sonra, Fleiss (1981) ile Cicchetti ve Sparrow (1981) tarafından tanımlanan standartlar kullanılarak her bir k^* değerinin 'zayıf', 'iyi' veya 'mükemmel' olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.5. Farklı uzman sayıları ve uzlaş düzeylerine göre değerlendirme

(1) Uzman Sayısı (N)	(2) 3 veya 4 Puan Veren Uzman Sayısı (A)	(3) ^a I-CVI (A/N)	(4) ^b p_c (Tesadüfi gerçekleşme olasılığı)	(5) ^c k^* (Düzeltilmiş Kappa)	(6) ^d Değerlendirme
3	3	1.00	0.125	1.00	Mükemmel
3	2	0.67	0.375	0.47	Zayıf
4	4	1.00	0.063	1.00	Mükemmel
4	3	0.75	0.25	0.67	İyi
5	5	1.00	0.041	1.00	Mükemmel
5	4	0.80	0.156	0.76	Mükemmel
6	6	1.00	0.016	1.00	Mükemmel
6	5	0.83	0.094	0.81	Mükemmel
6	4	0.67	0.234	0.57	Zayıf
7	7	1.00	0.008	1.00	Mükemmel
7	6	0.86	0.055	0.85	Mükemmel

Çizelge 3.5 (devamı)

7	5	0.71	0.164	0.65	İyi
8	8	1.00	0.004	1.00	Mükemmel
8	7	0.88	0.031	0.88	Mükemmel
8	6	0.75	0.109	0.72	İyi
9	9	1.00	0.002	1.00	Mükemmel
9	8	0.89	0.014	0.89	Mükemmel
9	7	0.78	0.070	0.76	Mükemmel

Çizelge 3.5'te Kappa için değerlendirme ölçütleri, Zayıf = 0.40–0.59; İyi = 0.60–0.74; Mükemmel = 0.74 üzeri (Cicchetti ve Sparrow, 1981; Fleiss, 1981) olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada geliştirilen iki ölçme aracının niteliğini artırabilmek için Çizelge 3.5'te verilen standartlar kullanılmıştır. “Öğrenme stilleri öneri geliştirme web formu” için 9 uzman ve “Kavram yanlışları belirleme web formu” için ise 4 uzman görüşü alınmıştır.

3.3.1. Öğrenme stilleri öneri geliştirme web formu

Fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirlemek için öneri geliştirme web formu (www.orseka.com/ogrenmestilleri.php) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan öğrenme stilleri öneri geliştirme web formu Ek-2'de verilmiştir. Web formunun uygulama süresi pilot uygulama sonucunda 6 dakika olarak belirlenmiştir. Bu web formunun niteliğini artırmak amacı ile aşağıdaki süreç izlenmiştir.

Bu web formunun inandırıcılığını artırmak için pilot uygulama öncesinde ve sonrasında “uzman incelemesi” yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca inandırıcılığı artırmak için farklı bir yöntem olan “çeşitleme” yöntemi de bu süreçte kullanılmıştır.

- Pilot uygulama öncesi uzman incelemesi: Ölçme aracının inandırıcılığını artırmak için formdaki yönergelerin (senaryo, anahtar kelimeler, cevap alanı) gerçekten hedeflenen beceriyi (yaratıcı öneri geliştirme, fen projeleri için fikir üretme) kapsayıp kapsamadığı, Eğitim Programcısı (1 Profesör_U1, 1 Doçent_U2 ve 1 Dr. Öğretim Üyesi_U3), Eğitim Psikoloğu (1 Profesör_U4), Ölçme Değerlendirmeci (1 Dr. Öğretim Üyesi_U5), Fen Eğitimsi (3 Profesör_U6, U7, U8) ve Türkçe Eğitimsi (1 Dr. Öğretim Üyesi_U9) uzman görüşleri alınarak belirlenmiştir.

Uzman görüşleri; 1 (uygun değil), 2 (biraz uygun), 3 (oldukça uygun) ve 4 (çok uygun) olarak değerlendirilmiştir. Bu aşamada inandırıcılık için “uzman incelemesi” yöntemi kullanılmıştır.

Uzman görüşleri I-CVI yöntemi ile puanlanmıştır. Bu yöntem ölçme aracındaki maddelerin inandırıcılığını belirlemek için kullanılan bir istatistiksel göstergedir ve uzmanların değerlendirmelerine dayanır. Çizelge 3.6’da değerlendirme sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 3.6. Öğrenme stilleri uzman değerlendirme sonuçları

Ölçüt	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	n	I-CVI	p_c	k*
Senaryo	3	3	3	4	3	2	3	3	3	8	0.89	0.018	0.87
Anahtar Kelimeler	3	3	3	3	4	4	3	3	3	9	1.00	0.002	1.00
Cevap Alanı	3	3	3	4	3	3	4	4	3	9	1.00	0.002	1.00
Yaratıcı Öneri	4	4	3	2	3	4	4	3	4	8	0.89	0.018	0.87
Geliştirme													
Fen Projeleri için	3	3	4	3	3	3	3	3	3	9	1.00	0.002	1.00
Fikir Üretme													

Burada görüş olarak “3” veya “4” puan veren uzmanların oranı I-CVI değerini verir. Bu değer Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I - CVI = \frac{3 \text{ veya } 4 \text{ veren uzman sayısı}}{\text{toplam uzman sayısı}} \quad (1)$$

Çizelge 3.6’da her bir ölçüt için I-CVI ve k* değerine bakıldığında Çizelge 3.5’ de 9 uzman için I-CVI ve k* değerinin 0.89 ve 1.00 çıkması değerlendirmenin “Mükemmel” olduğunu göstermektedir.

- *Pilot uygulama sonrası uzman incelemesi:* Ölçme aracının niteliğini daha fazla artırabilmek için öneri geliştirme rubriği kullanılmıştır. Bu aşamada öğretmen adaylarının yazdıkları metinler üzerinden inandırıcılığı artırmak amacı ile kullanılan “uzman incelemesi” yöntemi 2 uzman görüşü alınarak yapılmıştır. Pilot uygulama yapılan 20 öğretmen adayının cevapları öneri geliştirme rubriği kullanılarak analiz edilmiştir. İki uzman arası uyum için Cohen’s Kappa hesaplanmıştır.

Çizelge 3.7’de verilen rubrik, öğrencilerin web formunda geliştirdikleri önerileri değerlendirmek için kullanılmıştır.

Çizelge 3.7. Öneri geliştirme rubriği

Ölçüt	4 (Mükemmel)	3 (İyi)	2 (Kısmen)	1 (Zayıf)	0 (Yok)
Özgünlük ve Yaratıcılık	Öneri tamamen yeni, farklı ve yaratıcıdır; sıradanlıktan uzak ve dikkat çekicidir	Öneride özgünlük vardır fakat kısmen bilinen fikirleri tekrar etmektedir	Öneri kısmen özgün ama çoğunlukla bilinen fikirleri içermektedir	Öneri sıradan, basit ve özgünlükten yoksundur	Hiç öneri sunulmamış ya da tamamen ilgisizdir
Uygulanabilirlik	Öneri fuar ortamında kolaylıkla uygulanabilir; kaynak, zaman ve mekân açısından gerçekçidir	Genel olarak uygulanabilir ama bazı kaynak/ zaman sınırlılıkları vardır	Öneri kısmen uygulanabilir, önemli eksiklikler/ hatalar içerir	Öneri uygulamadan uzaktır, çok belirsizdir	Uygulanamaz veya öneriden yoksundur
Anahtar Kelime Uyumluğu	Anahtar kelimelerin tamamını doğru ve etkili şekilde kullanır	Anahtar kelimelerin çoğunu doğru şekilde kullanır	Anahtar kelimelerin bazılarını yüzeysel ya da yanlış kullanır	Anahtar kelimeler çok sınırlı veya ilgisiz şekilde kullanılır	Anahtar kelime Kullanılmaktan yoksundur
Bilimsel İçerik Doğruluğu	Öneride geçen tüm bilimsel açıklamalar doğru, tutarlı ve fen bilgisi konularıyla ilişkilidir	Küçük hatalar dışında bilimsel içerik doğru ve tutarlıdır	Bilimsel açıklamalarda eksiklikler ve bazı yanlışlar vardır	Ciddi kavram yanılgısı vardır	Bilimsel içerik yoktur veya tamamen yanlıştır
Sunum Netliği	Öneriler açık, düzenli ve anlaşılır bir dildedir	Genel olarak anlaşılır ama bazı kısımlar karışıktır	Kısmen anlaşılır; ifade bozuklukları veya eksik açıklamalar vardır	Öneri dağınık, belirsiz ve anlaşılması zordur	Hiçbir şey barındırmaz ya da tamamen anlaşılmazdır

Her öneri, beş ölçüt (Özgünlük ve Yaratıcılık, Uygulanabilirlik, Anahtar Kelime Uyumluğu, Bilimsel İçerik Doğruluğu ve Sunum Netliği) üzerinden 0–4 puan aralığında değerlendirilmiştir. Bu çalışmada öneri geliştirme rubriği kapsamında pilot uygulama olarak 20 öğrencinin yanıtları iki bağımsız uzman tarafından değerlendirilmiş ve puanlamalar arasındaki tutarlılık Cohen’s Kappa katsayısı ile incelenmiştir. Kappa katsayısı, iki puanlayıcı arasındaki gözlenen uyum ile şansa bağlı beklenen uyumu karşılaştırarak, şansa

indirgenmiş gerçek uyum düzeyini ortaya koyar. Ölçütlere göre elde edilen Cohen's Kappa katsayıları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Uzmanlar arası uyum için Cohen's Kappa değerleri

Ölçüt	Uyum
Özgünük ve Yaratıcılık	0.92
Uygulanabilirlik	0.84
Anahtar Kelime Uyumluluğu	0.92
Bilimsel İçerik Doğruluğu	0.92
Sunum Netliği	0.84
Genel (Tüm Ölçütler)	0.89

Analiz sonucunda elde edilen genel Cohen's Kappa katsayısı 0.89 olup, bu değer Landis ve Koch'a (1977) göre uyum gücü ($0.81 < \text{Cohen's Kappa} = 0.89 < 1.00$) “neredeyse mükemmel” olarak bulunmuştur.

- Bu web formunun inandırıcılığını artırmak için farklı bir yöntem olan “çeşitleme” yöntemi kullanılmıştır. Çeşitleme veri kaynakları, yöntem ve araştırmacı çeşitlemesi olarak farklı başlıklar altında incelenebilir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Çalışmada veri kaynaklarının çeşitlendirilmesi yapılmıştır. Çünkü farklı özelliklere sahip katılımcıların araştırmaya dahil edilmesi inandırıcılığı artırmaktadır.

Dolayısıyla öğrenme stillerine yönelik öneri geliştirme web formunun uygulandığı 20 kişilik pilot uygulama grubu 5 fen bilgisi öğretmen adayı, 5 Türkçe öğretmen adayı, 5 sınıf öğretmen adayı ve 5 ilköğretim matematik öğretmen adayından oluşmaktadır. Böylece veri kaynağı çeşitlendirilerek inandırıcılık artırılmıştır.

- Bu web formunun aktarılabilirliğini geliştirmek için “ayrıntılı betimleme” yöntemi kullanılmıştır. Nitel araştırmalarda sonuçların başka ortamlara aktarılabilmesi, büyük ölçüde elde edilen verilerin ayrıntılı biçimde betimlenmesine bağlıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Ayrıntılı betimleme, ham verinin araştırmada ortaya çıkan kavram ve temalara göre düzenlenerek, yorum katılmadan ve verinin özüne olabildiğince bağlı kalınarak sunulmasıdır. Bu süreçte araştırmacılar, veriyi

desteklemek ve okuyucuya doğrudan katılımcı bakış açısı yansıtmak amacıyla sıkça doğrudan alıntılardan yararlanılır (Yıldırım ve Şimşek, 2011).

Çalışmada öğrenme stilleri öneri geliştirme web formu kullanılarak oluşturulan pilot veriler bilgisayar ortamında Çizelge 3.20’de gösterildiği gibi csv formatında saklanmıştır. Dolayısıyla bu elektronik veriler öğrencilerin ham verilerini oluşturmaktadır. Böylece çalışmada doğrudan alıntılar kullanılmıştır. Bu sayede daha aktarılabilir bir yapı oluşturulmuştur.

3.3.2. Kavram yanlışları belirleme web formu

Fen bilgisi öğretmen adaylarının elektrik konusuna yönelik kavramsal yapılarını ortaya çıkarmak ve kavram yanlışlarını belirlemek için kavram yanlışları belirleme web formu kullanılmıştır (www.orseka.com/elektrik.php). Çalışmada kullanılan kavram yanlışları belirleme web formu Ek-3’te verilmiştir. Web formunun uygulama süresi pilot uygulama sonucunda 60 dakika olarak belirlenmiştir. Bu web formunun niteliğini artırmak amacı ile aşağıdaki süreç izlenmiştir.

Web formunun inandırıcılığını artırmak için pilot uygulama öncesinde ve sonrasında “uzman incelemesi” yöntemi kullanılmıştır. Uzman incelemesi için aşağıda yer alan ölçütler belirlenmiştir.

1. Kavramsal Anlama
 2. Bilimsel Doğruluk
 3. Anlaşılabilirlik
 4. Bilişsel Düzey (Uygunluk)
 5. Ölçülebilirlik ve Cevaplanabilirlik
- Pilot uygulama öncesi uzman incelemesi: Kavram yanlışları belirleme web formunun inandırıcılığını artırmak için formda yer alan 10 açık uçlu sorunun belirlenen ölçütleri kapsayıp kapsamadığı fen bilgisi eğitimi alanında uzman üç (Profesör_U1, U2, U3) akademisyen ve bir uzmanın (fizik öğretmeni_U4) uzman görüşleri alınarak belirlenmiştir. Uzman görüşleri; 1 (uygun değil), 2 (biraz uygun), 3 (oldukça uygun)

ve 4 (çok uygun) olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.13 aralığında değerlendirme sonuçları her bir ölçüte göre ayrı tablolarda verilmiştir.

Çizelge 3.9. Kavramsal anlama ölçütü değerlendirme sonuçları

Madde	U1	U2	U3	U4	A(≥ 3)	I-CVI	p_c	k*	Yorum
Soru 1	3	3	2	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 2	3	3	3	2	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 3	3	2	4	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 4	2	3	3	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 5	4	3	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 6	2	3	3	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 7	4	4	4	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 8	3	3	2	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 9	4	3	3	4	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 10	3	4	2	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi

Ortalama k*: 0.77

Çizelge 3.9’da I-CVI, p_c ve k* sonuçlarına bakıldığında genel olarak bu ölçme aracının inandırıcılığı Kavramsal Anlama ölçütünde “İyi” ve “Mükemmel” düzeylerde çıkmıştır.

Çizelge 3.10. Bilimsel doğruluk ölçütü değerlendirme sonuçları

Madde	U1	U2	U3	U4	A(≥ 3)	I-CVI	p_c	k*	Yorum
Soru 1	2	3	3	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 2	3	3	2	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 3	3	4	4	4	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 4	2	3	3	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 5	3	4	2	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 6	2	3	4	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 7	3	3	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 8	3	3	2	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 9	3	3	2	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 10	3	4	3	4	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel

Ortalama k*: 0.77

Çizelge 3.10’da I-CVI, p_c ve k* sonuçlarına bakıldığında genel olarak bu ölçme aracının inandırıcılığı Bilimsel Doğruluk ölçütünde “İyi” ve “Mükemmel” düzeylerde çıkmıştır.

Çizelge 3.11. Anlaşılrlık ölçütü değerlendirme sonuçları

Madde	U1	U2	U3	U4	A(≥ 3)	I-CVI	p_c	k*	Yorum
Soru 1	4	2	3	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 2	3	4	3	4	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 3	4	3	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 4	4	4	4	2	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 5	3	4	2	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 6	2	3	4	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 7	3	3	2	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 8	3	2	4	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 9	4	4	4	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 10	3	2	3	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi

Ortalama k*: 0.77

Çizelge 3.11’de I-CVI, p_c ve k* sonuçlarına bakıldığında genel olarak bu ölçme aracının inandırıcılığı Anlaşılrlık Ölçütünde “İyi” ve “Mükemmel” düzeylerde çıkmıştır.

Çizelge 3.12. Bilişsel düzey ölçütü değerlendirme sonuçları

Madde	U1	U2	U3	U4	A(≥ 3)	I-CVI	p_c	k*	Yorum
Soru 1	3	2	3	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 2	3	3	4	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 3	3	3	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 4	3	2	3	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 5	3	2	3	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 6	3	4	3	2	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 7	3	4	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 8	3	3	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 9	3	3	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 10	3	3	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel

Ortalama k*: 0.87

Çizelge 3.12’de I-CVI, p_c ve k* sonuçlarına bakıldığında genel olarak bu ölçme aracının inandırıcılığı Bilişsel Düzey ölçütünde “İyi” ve “Mükemmel” düzeylerde çıkmıştır.

Çizelge 3.13. Ölçülebilirlik düzey ölçütü değerlendirme sonuçları

Madde	U1	U2	U3	U4	A(≥ 3)	I-CVI	p_c	k*	Yorum
Soru 1	4	3	2	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 2	3	4	4	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 3	3	4	2	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 4	3	3	3	2	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 5	2	4	3	3	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 6	3	3	3	4	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 7	3	3	3	2	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 8	3	2	3	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi
Soru 9	3	4	3	3	4	1.00	0.062	1.00	Mükemmel
Soru 10	4	2	3	4	3	0.75	0.250	0.67	İyi

Ortalama k*: 0.77

Çizelge 3.13’te I-CVI, p_c ve k* sonuçlarına bakıldığında genel olarak bu ölçme aracının inandırıcılığı Ölçülebilirlik Düzey ölçütünde “İyi” ve “Mükemmel” düzeylerde çıkmıştır.

- Pilot uygulama sonrası uzman incelemesi: Ölçme aracının niteliğini daha fazla artırabilmek için elektrik konusuna yönelik soruları değerlendirme rubriği kullanılmıştır. Bu aşamada öğretmen adaylarının yazdıkları metinler üzerinden inandırıcılığı artırmak amacı ile kullanılan “uzman incelemesi” yöntemi 2 uzman görüşü alınarak gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama yapılan 20 öğretmen adayının cevapları elektrik konusuna yönelik soruları değerlendirme rubriği kullanılarak analiz edilmiştir. İki uzman arası uyum için Cohen’s Kappa hesaplanmıştır.

Çizelge 3.14’ te verilen rubrik, öğrencilerin verdikleri cevapları değerlendirmek için kullanılmıştır.

Çizelge 3.14. Açık uçlu sorular için uzman değerlendirme rubriği.

Ölçüt	4 (Çok İyi)	3 (İyi)	2 (Geliştirilmeli)	1 (Zayıf)	0 (Yetersiz)
Bilimsel Doğruluk	Tüm kavramlar ve ilişkiler tamamen doğru, hata yok.	Küçük kavramsal eksiklikler var, temel olarak doğru.	Kısmen doğru, önemli hatalar var.	Çoğunlukla yanlış, ciddi kavram yanılgıları var.	Yanlış, ilgisiz veya boş bırakılmış sorular var
Kavramsal Anlama	Kavramı ve kapsamını tam açıklıyor, tüm boyutları kapsıyor.	Çoğunlukla doğru ama bazı eksikler var.	Kavram kısmen açıklanmış, kritik eksikler var	Kavram yansıtılması neredeyse yok	Hiçbir açıklama yok
Mantıksal Tutarlılık	Açık, mantıklı, güçlü gerekçeler var	Kısmen gerekçeli, sağlanmış tutarlılık var	Zayıf veya yüzeysel gerekçeler var	Yetersiz ve tutarsız gerekçeler var	Hiç gerekçe yok.
Anlaşılabilirlik	Açık, anlaşılır, akıcı ifade var	Genel olarak anlaşılır, ufak ifade sorunları var.	Zor anlaşılır, ciddi ifade sorunları var	Anlatım bozukluğu var	Anlaşılmadı veya tamamen boş bırakılmış sorular var

Çizelge 3.15'teki rubrikte yer alan beş ölçüt (Bilimsel Doğruluk, Kavramsal Anlama, Mantıksal Tutarlılık, Anlaşılabilirlik) üzerinden 0–4 puan aralığında değerlendirilmiştir. Kappa katsayısı, iki puanlayıcı arasındaki gözlenen uyum ile şansa bağlı beklenen uyumu karşılaştırarak, şansa indirgenmiş gerçek uyum düzeyini ortaya koyar. Ölçütlere göre elde edilen Cohen's Kappa katsayıları Çizelge 3.15'te verilmiştir.

Çizelge 3.15. Açık uçlu sorulara yönelik Cohen's Kappa değerleri

Ölçüt	Uyum
Bilimsel Doğruluk	0.86
Kavramsal Anlama	0.80
Mantıksal Tutarlılık	0.83
Anlaşılabilirlik	0.78
Genel Ortalama (Tüm Ölçütler)	0.82

Analiz sonucunda elde edilen genel Cohen's Kappa katsayısı 0.82 olup, bu değer Landis ve Koch'a (1977) göre uyum gücü ($0.81 < \text{Cohen's Kappa} = 0.82 < 1.00$) “neredeyse mükemmel” olarak bulunmuştur.

- Bu web formunun inandırıcılığını artırmak için farklı bir yöntem olan “çeşitleme” yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada veri kaynaklarının çeşitlendirilmesi yapılmıştır. Çünkü farklı özelliklere sahip katılımcıların araştırmaya dahil edilmesi inandırıcılığı artırmaktadır.

Kavram yanlışlığı belirleme web formunun uygulandığı 20 kişilik pilot uygulama grubu; programın her sınıf düzeyinden alınarak oluşturulmuş 5'er kişilik fen bilgisi öğretmen adayından oluşmaktadır. Böylece veri kaynağı çeşitlendirilerek inandırıcılık artırılmıştır.

- Bu web formunun aktarılabilirliğini geliştirmek için “ayrıntılı betimleme” yöntemi kullanılmıştır. Ayrıntılı betimleme ham verinin ortaya çıkan kavram ve temalara göre yeniden düzenlenmiş bir şekilde okuyucuya yorum katmadan ve verinin doğasına mümkün olduğu ölçüde sadık kalınarak aktarılmasıdır. Doğrudan alıntılar bu amaçla araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmıştır.

Çalışmada kavram yanlışlığı belirleme web formu kullanılarak oluşturulan pilot veriler bilgisayar ortamında Çizelge 3.21'de gösterildiği gibi csv formatında saklanmıştır. Dolayısıyla bu elektronik veriler öğrencilerin ham verilerini oluşturmaktadır. Böylece çalışmada doğrudan alıntılar kullanılmıştır. Bu sayede daha aktarılabilir bir yapı oluşturulmuştur.

3.4. Çalışma Grubu

Tez çalışmasında YZ araçlarının eğitilmesi ve test edilmesi için kullanılan çalışma grupları ve asıl uygulamada kullanılan çalışma grubu araştırmaya gönüllü olarak katılmışlardır. Aşağıda çalışma gruplarına yönelik açıklamalar yer almaktadır.

3.4.1. Öğrenme stillerini belirlemek için kullanılan çalışma grubu

İlk olarak öğrenme stillerini YZ ile tespit etmek için Türkiye’de 8 farklı üniversitede öğrenim gören 552 fen bilgisi öğretmen adayının cevapları alınmıştır.

3.4.2. Kavram yanlışlarını belirlemek için kullanılan çalışma grubu

Kavram yanlışlarının YZ ile belirlenmesinde ise Türkiye’de 8 farklı üniversitede öğrenim gören 490 ile 510 arasında değişen sayıda fen bilgisi öğretmen adaylarının cevapları alınmıştır (Çalışmada 10 açık uçlu soru bulunduğundan dolayı her soruya eşit sayıda öğretmen adayı cevap vermediği için çalışma grubu verilen aralıkta değişiklik göstermektedir).

3.4.3. Farklılaştırılmış öğretim için kullanılan çalışma grubu

Asıl uygulama için ölçüt örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Ölçüt örnekleme, araştırmaya dahil edilecek birey, olay veya durumların önceden belirlenen ölçütlere göre seçilmesidir (Patton, 2015). Çalışmaya katılacak kişilerin belirli özellikleri taşımasını ister ve bu özellikler araştırmanın amaçlarına göre ölçüt olarak belirlenir (Miles, Huberman ve Saldaña, 2014). Çalışmada Fizik 1 ve 2 derslerini alıp başarı ile tamamlamak ve Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 2 dersini almak ölçüt olarak belirlenmiştir. Kırıkkale Üniversitesi’nde öğrenim gören 30 fen bilgisi öğretmen adayı ile çalışma gerçekleştirilmiştir.

3.5. Verilerin Analizi

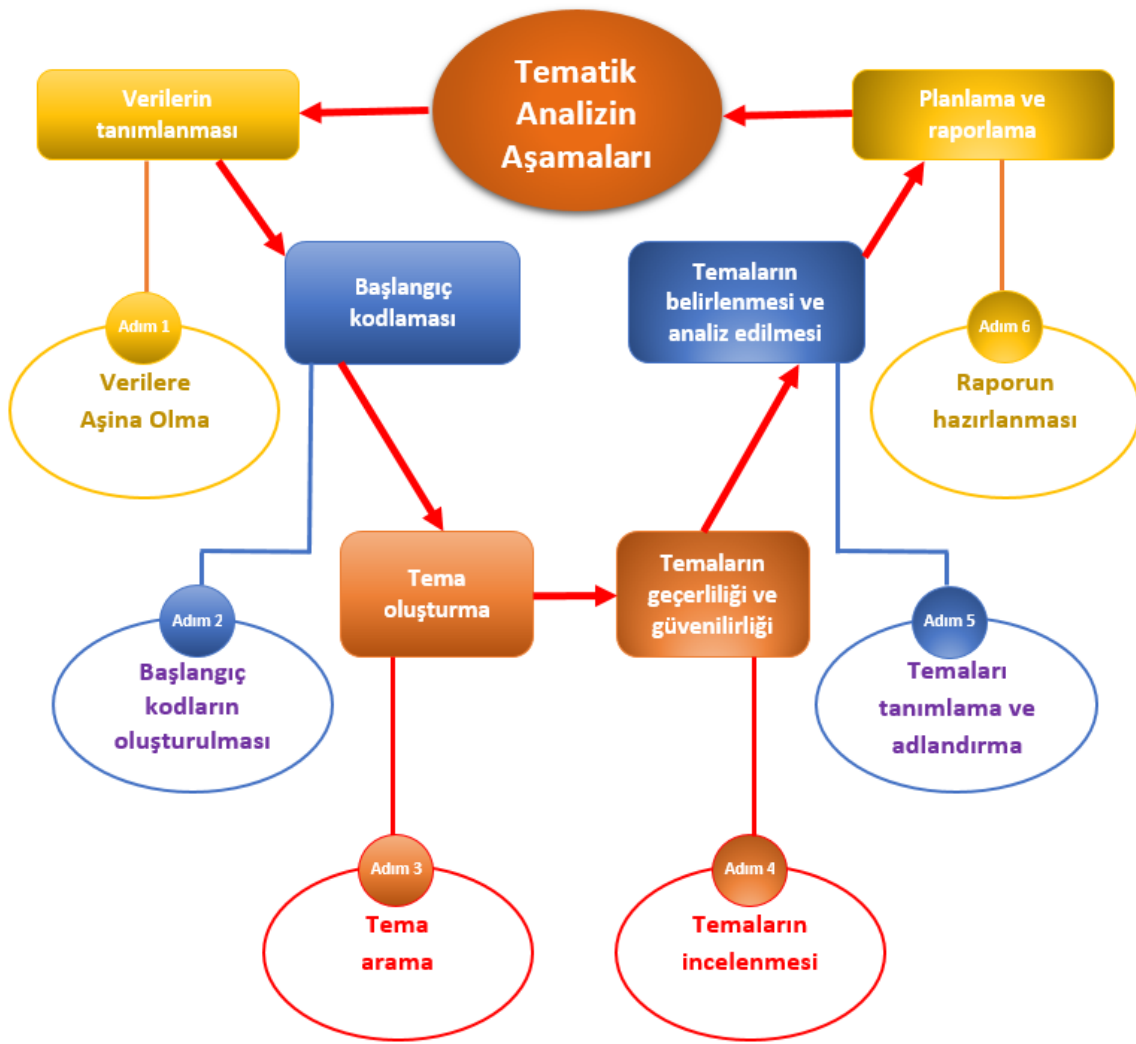
Bu çalışmada, öğretmen adaylarının öğrenme stillerini ve elektrik konusundaki kavram yanlışlarını belirlemek üzere geliştirilen YZ temelli sistemlerden elde edilen veriler, K-Folds çapraz doğrulama ile modellenmiştir. Çok sınıflı sınıflandırma yaklaşımı kullanılarak öğrenme stilleri Görsel, İşitsel ve Kinestetik, kavram ifadeleri ise “Bilimsel bilgi”, “Bilimsel olmayan/yüzeysel” ve “Kavram yanlışlığı” olarak etiketlenmiş ve iki uzmanın uzlaşısı ile veri setleri oluşturulmuştur. Nitel bölümde Braun ve Clarke’ın (2006) altı aşamalı tematik analiz çerçevesi takip edilerek verilerin tanınması ve başlangıç kodlarının oluşturulmasını temaların aranması, gözden geçirilmesi ve adlandırılması izlemiştir. Temalar csv çıktıları

üzerinden örneklerle doğrulanmıştır. Nicel bölümde 10 açık uçlu sorudan oluşan web formu, 30 katılımcıya ön-test son-test olarak uygulanarak analitik anahtar puanlama ile her yanıt 0 (“kavram yanlışlığı”)–2 (“bilimsel bilgi”) aralığında puanlanmıştır. Shapiro Wilk sonuçları (ön-test $p=0.41$; son-test $p=0.14$) normal dağılıma işaret ettiğinden kavramsal öğrenmeyi değerlendirmede bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Etki büyüklüğü için Cohen’s d hesaplanmıştır. Böylece çalışma, YZ destekli çok sınıflı etiketleme ile tematik çözümlemeyi bütünleştirerek hem nitel temaları görünür kılmış hem de nicel olarak kavramsal öğrenmedeki ilerlemeyi istatistiksel olarak sınamıştır. Yukarıda bahsedilen süreç aşağıda detaylandırılarak açıklanmıştır.

3.5.1. Nitel verilerin analizi

Bu aşamada ilk olarak öğretmen adaylarının öğrenme stillerini belirlemek için geliştirilen sistem için 552 kişilik veri seti ve elektrik konusuna yönelik kavram yanlışlıklarını belirlemek için oluşturulan sistem için ise 490 ile 510 kişilik verilerin %80'i eğitim verisi, kalan %20'si ise test verisi olarak ayrılmıştır. Eğitim ve test verilerinin seçiminde aşırı seçim ve seçim yanlışlığı sorunlarını önlemek ve modelin başarısının test verilerinin seçimine bağlı olarak rastgele olmadığını kanıtlamak için K-Folds Çapraz Doğrulama Tekniği kullanılmıştır. Çapraz doğrulama, bir çalışmanın hangi sonuca ulaşacağını test eden bir model doğrulama tekniğidir (Kohavi, 1995). K-Folds Cross-Validation tekniğinde veri kümesi k farklı alt kümeye ayrılır. $(k-1)$ kısmı eğitim için, geri kalanı ise test için kullanılır. Bu işlem k kez gerçekleştirilir ve her seferinde farklı test verileri işlenir. Bu şekilde k kez farklı test verisi ile modelin başarısı ölçülerek ortalama başarı değeri hesaplanır.

Bu aşamada yapay zekâ uygulaması ile elde edilen veriler tematik analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Braun ve Clarke (2006), Şekil 3.20’de bu tür bir analizin yürütülmesi için çok yararlı bir çerçeve olan altı adımdan oluşan bir rehber sunmaktadır.



Şekil 3.21. Tematik analiz yöntemi

Birinci adım (verileri tanıma); bu aşamada araştırmacılar, verilerinin tüm yönlerine aşina oldukça, olası kalıpların fikirleri ve tanımlamaları şekillenebilir. İlk olarak, öğretmen adaylarından, öğrenme stillerini ve elektrik konusuna yönelik kavram yanılgılarını belirlemek için web formlarda yer alan soruları cevaplamaları istenmiş ve cevaplar bir veri tabanına kaydedilmiştir. Sınıflandırma analizinden faydalanılarak etiketleme yapılmıştır.

Sınıflandırma Analizi

Sınıflandırma, makine öğreniminde bir denetimli öğrenme yöntemi olarak kabul edilir ve aynı zamanda verilen bir örnek için bir sınıf etiketinin tahmin edildiği bir tahmine dayalı modelleme problemine atıfta bulunur (Han, 2022). Matematiksel olarak, bir fonksiyonu (f) girdi değişkenlerinden (X) çıktı değişkenlerine (Y) hedef, etiket veya kategoriler olarak

eşler. Verilen veri noktalarının sınıfını tahmin etmek için yapılandırılmış veya yapılandırılmamış veriler üzerinde gerçekleştirilebilir. Sınıflandırma türleri aşağıda verilmiştir.

İkili sınıflandırma; “doğru ve yanlış” veya “evet ve hayır” gibi iki sınıf etiketine sahip sınıflandırma görevlerini ifade eder (Han, 2022). Bu tür ikili sınıflandırma görevlerinde, bir sınıf normal durum olabilirken, anormal durum başka bir sınıf olabilir. Örneğin, “Kavram yanlışlığı tespit edilemedi” normal durumudur ve “Kavram yanlışlığı tespit edildi” anormal durum olarak kabul edilebilir.

Çok sınıflı sınıflandırma; geleneksel olarak bu, ikiden fazla sınıf etiketine sahip sınıflandırma görevlerini ifade eder (Han, 2022). Çok sınıflı sınıflandırma, ikili sınıflandırma görevlerinden farklı olarak normal ve anormal sonuçlar ilkesine sahip değildir. Bunun yerine, belirli bir sınıf aralığı içinde, örnekler birine ait olarak sınıflandırılır.

Çok etiketli sınıflandırma; makine öğreniminde, çok etiketli sınıflandırma, bir örneğin birkaç sınıf veya etiketle ilişkilendirildiği önemli bir husustur. Bu nedenle, problemde yer alan sınıfların hiyerarşik olarak yapılandırıldığı ve her örneğin aynı anda her hiyerarşik seviyede birden fazla sınıfa ait olabileceği çok sınıflı sınıflandırmanın bir genellemesidir. Çok etiketli sınıflandırma, sınıf etiketlerinin birbirini dışladığı geleneksel sınıflandırma görevlerinin aksine, birbirini dışlamayan çeşitli sınıfları veya etiketleri tahmin etmeyi destekleyen gelişmiş makine öğrenimi algoritmalarını içerir (Pedregosa, Varoquaux, Gramfort ve Michel, 2011).

Çalışmada bahsedilen sınıflandırmalardan “Çok sınıflı sınıflandırma” analizi kullanılmıştır. Her veri iki uzman tarafından incelenmiş ve öğrenme stilleri için (Görsel, İşitsel ve Kinestetik) ve kavram yanlışlıkları için (Bilimsel Bilgi İçeren Cümle, Kavram Yanılgısı İçermeyen Yüzeysel Cümle ve Kavram Yanılgısı İçeren Cümle) üç ayrı kategoride etiketlenmiştir.

İki uzmanın aynı kategoride etiketlediği veriler seçilerek veri seti oluşturulmuştur. Veri setine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 3.16 ve Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.16. Öğrenme stilleri veri kümesi hakkında istatistiksel bilgiler

Verilerin kategorisi	Veri seti sayısı	Yüzde değeri (%)
İşitsel	143	25.91
Görsel	251	45.47
Kinestetik	158	28.62
Toplam	552	100

Çizelge 3.16’da her bir soru için üç sınıflandırma yapıldığı görülmektedir. Soruya cevap veren öğretmen adayı sayısı 552 dir.

Çizelge 3.17. Kavram yanılgıları veri kümesi hakkında istatistiksel bilgiler

Soru No	Bilimsel Bilgi	Yüzeysel Bilgi	Kavram Yanılgısı	Toplam
3	263	164	63	490
4	248	186	58	492
9	211	199	84	494
5	240	187	69	496
8	221	186	93	500
7	210	201	91	502
2	273	165	66	504
1	287	150	69	506
6	242	193	73	508
10	249	134	127	510

Çizelge 3.17 incelendiğinde her bir soru için üç sınıflandırma yapıldığı görülmektedir. Her bir soruya cevap veren öğretmen adayı sayısı 490 ile 510 arasında değişmektedir.

İkinci adım (başlangıç kodları oluşturma); kodlama sırasında, araştırmacılar metnin önemli bölümlerini tespit eder ve veride bir tema veya konuyla ilgili oldukları için onları endekslemek için etiketler eklerler (King, 2004). Bir kod el kitabı kullanıldığında, araştırmacılar, verilerin derinlemesine bir analizine başlamadan önce kod defterini tanımlarlar (Fereday ve Muir-Cochrane, 2006). Bu aşamada hem öğrenme stilleri (Çizelge 3.18) hem de elektrik konusuna yönelik verilerin analizinde üç sınıflandırma için kod defterleri oluşturulmuştur (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.18. Öğrenme stilleri için oluşturulan kodlar

Öğrenme Stilleri	Öğrenme stilleri için oluşturulan kodlar (Kod defteri)
Görsel Öğrenme Stiline Sahip Olanlar	-Anlayabileceği şekilde notlar, haritalar, küçük diyagramlar ve tablolar yapmaktan hoşlanır -Düşüncelerini kâğıda dökerek görsel hafızasını geliştirir. -Soruları, cevapları ve tartışmaları yazarak çalışır. -Ders içeriğini gözden geçirme şansı verir. -Kelimeleri ve konuları zihninde şematize eder ve öğrenilenlere geniş bir perspektiften yaklaşır. -Bütünden parçaya doğru bir yaklaşım (tümdengelim) sergiler.
İşitsel Öğrenme Stiline Sahip Olanlar	-Ses kayıtlarından öğrenmeyi tercih eder. -Bir şey okurken yüksek sesle okur veya kaydeder ve daha sonra dinler. -Diğer öğrencilerle konuşmayı ve iletişim kurmayı sever. -Öğrenme ortamlarında sesli uygulamalar büyük avantajlar sağlar. -Ekrandaki metni okuyan bir yazılım satın alabilir. -Bir dersin içeriği sesli materyal sağlıyorsa, öğrenme çok daha kolay hale gelir.
Psikomotor Öğrenme Stiline Sahip Olanlar	-Görsel öğrenme materyallerini ekranda hareket ettirmekten ve bulmaca çözmekten hoşlanır. -Duyduklarını ve gördüklerini hemen not alır. -Bir şeyin yapımını veya inşasını şematize edebilir. -Bir şeyin nasıl yapıldığını okurken onu görselleştirebilir. -Birçok farklı parçayı bir araya getirerek birleştirmekten hoşlanır. -Parçadan bütüne bir yaklaşım sergiler (tümevarım).

Burada önemli olan öğretmen adaylarının hem öğrenme stillerini ve anahtar kavramlarını belirlemek hem de elektrik konusuna yönelik kavram yanılgılarını ortaya çıkarmaktır.

Çizelge 3.19. Karam yanılgıları için oluşturulan örnek kodlar (Kod defteri)

Soru	Kavram Yanılgısı	Bilimsel Olmayan / Yüzeysel Bilgi	Bilimsel Bilgi
1	İki ampul olunca akım ikiye bölünür, parlaklık yarıya düşer.	Tek ampul daha parlak yanar, çünkü öyle olur.	Seri bağlandığında devre direnci artar, akım azalır; bu yüzden her iki ampul daha sönük yanar.
2	Ampermetreyi paralel bağlarsak doğru ölçüm yapar.	Ampermetre ile voltmetreyi istediğimiz gibi bağlayabiliriz.	Ampermetre seri, voltmetre paralel bağlanmalıdır; aksi halde devre veya ölçüm zarar görür.
3	Direnç sadece uzunluk ve kesit alanına bağlıdır, öz direncin etkisi yoktur.	Direnç maddeden maddeye değişir, başka şey yok.	Direnç, iletkenin uzunluğu, kesit alanı ve öz direncine bağlıdır.
4	Akım arttıkça iletkenin direnci de artar.	Akım fazla olunca direnç de fazladır.	Ohm yasasına göre direnç, V/I oranıdır; akım arttığında direnç değişmez.
5	Gazlarda da akım elektronlarla taşınır.	Gazlarda da aynı şekilde akım vardır, fark etmez.	Katı ve sıvılarda akım serbest elektronlarla, gazlarda ise iyonların hareketiyle taşınır.
6	Lamba yanmaz çünkü ampul bozulmuştur.	Bazı lambalar çalışmaz, nedeni yok.	Seri bağlanmış bir lamba koparsa, devre tamamlanmaz ve diğer lambalar da yanmaz.
7	Dirençleri toplarız, çünkü hepsi paralel.	Direnç 3 ohm'dur, öylesine yazıyorum.	K ve L arasındaki eşdeğer direnç, seri ve paralel bağlanma durumuna göre hesaplanır.
8	Özdirenci küçük maddeler kötü iletkenidir.	Büyük öz direnç varsa madde kötüdür, hepsi aynı.	Özdirenci küçük olan maddeler iyi iletkenidir; öz direnci büyük olanlar ise yalıtkandır.
9	Grafiğin eğimi akımı verir.	Grafik doğrudur, çünkü çizilmiş.	Sabit sıcaklıkta akım–gerilim doğrusal ilişki gösterir; eğim, direnci verir.
10	Seri bağlı pillerde akım azalır.	Piller çok olunca hemen biter.	Seri bağlı üreteçlerde gerilim artar, akım artar; paralel bağlı üreteçlerde süre uzar.

Üçüncü adım (temaları arama); bu aşama, potansiyel olarak ilgili tüm kodlanmış veri özlerinin temalara ayrılmasını ve toplanmasını içerir (Braun ve Clarke, 2006). Temalar, verinin önemli kısımlarını birbirine bağlayan önemli kavramlar olarak görünmektedir (DeSantis ve Ugarriza, 2000). Bu araştırmada elde edilen veriler csv formatına

dönüştürülerek temalar araştırılmıştır. Aranılan temalardan öğrenme stillerine yönelik olanlar Çizelge 3.20’de ayrıntılı bir şekilde, örnek olarak verilmiştir.

Çizelge 3.20. Format olarak csv’ye dönüştürülmüş öğrenme stilleri temaları

Sıra	Başlık	Metin
1	İşitsel	<i>Standımda anlatacağım konuyu video şeklinde hazırlayıp pazarlardım yani şöyle halka açık olup gelen geçenlere çay vb ikram ederek videoları izlemeye teşvik ederdim.</i>
2	Kinestetik	<i>Öğrencilerin daha kolay anlamalarını sağlamak için öncelikle estetik unsurlara dikkat ederdim.</i>
3	Görsel	<i>Deney yapılan bir standım varsa eğer deneyin yapılış sıralamasını basit bir şekilde özetleyen afiş tasarlarım.</i>
4	İşitsel	<i>Ben olsaydım daha fazla duyuya hitap etmesi için işitsel materyaller kullanırdım.</i>
5	Görsel	<i>Not aldırırım Yapılan projeler öğrencilerin hepsine hitap etmesi ve hepsinin öğrenciler tarafından görülmesi önemli Tüm projelerin boyutları küçük değil büyük olmalı</i>
6	İşitsel	<i>Standın konusuyla ilgili olacaktır bunun içinde standın dikkat çekici ve renkler kullanılması gerekli olabilir Konu ile ilgili ilginç videoların bulunduğu karekodlar koyulabilir</i>
7	Görsel	<i>Daha çok kişileri standa davet ederdim ve kalabalık bir sistemde olmalarını isterdim notlar aldırırdım</i>
8	Görsel	<i>Astronomi ile ilgili bir stand kurulmuşsa Güneş sistemi modeli kullanırım</i>
9	Görsel	<i>Maket tasarımları fuarda giriş kısmına konulabilir.</i>
10	Görsel	<i>Renkli ve dikkat çekici görseller kullanırdım</i>
11	Görsel	<i>Öğrencilerin gözüne hitap ederdim</i>
12	Görsel	<i>Modeller oluşturdum öğrencilerin daha somut gözlem yapabilmeleri için.</i>
13	İşitsel	<i>Proje standlarının etrafına görsel içerikli videoları izletebilmek için projeksiyon vb. kullanılabilir</i>
14	Kinestetik	<i>Simülasyonlar kullanırdım Gerçeğe en yakın olduğu için daha dikkat çekici oluyor.</i>

Çizelge 3.20 (devamı)

15	Kinestetik	<i>Tasarımları üç boyutlu şekilde yapılabiliyorsa yapardım YZ'dan yararlanırdım.</i>
16	Kinestetik	<i>İlk Stantta öğrencilere TGA yönetimini kullanabileceğimiz bir deney ortamı (modeller) kurardım.</i>
17	Görsel	<i>Broşürleri hazırlar standın üstüne onlar yerleştirirdim standı gösterecek şekilde</i>
18	Kinestetik	<i>İlk Stantta öğrencilere bir deney ortamı kurardım.</i>
.....		

Çizelge 3.20'de 552 veri setinden örnek olarak 18 veri Word belgesi olarak verilmiştir. Aranılan temalardan kavram yanlışlığına yönelik olanlar Çizelge 3.21'de ayrıntılı bir şekilde, birinci soru için örnek olarak verilmiştir.

Çizelge 3.21. Format olarak csv'ye dönüştürülmüş kavram yanlışlığı temaları

Sıra	Başlık	Metin
1	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle	<i>Seri bağlı devrelerde akım ampullerde eşit dağılır Bu yüzden gelen akım ampullerin parlaklık seviyesiyle doğru orantılıdır.</i>
2	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle	<i>Seri dirençler tam olarak aynı akımı taşır Paralel dirençler aynı gerilimlere sahiptir.</i>
3	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Paralel bağlı dirençlerde dirençlerin aynı gerilime sahip olduğunu bilgisinden yola çıkarak tek ampulde parlaklık daha fazladır.</i>
4	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Direnç akıma karşı gösterilen zorluk olduğundan dolayı seri bağlı devrede direnç daha azdır paralel bağlıda ise daha çoktur.</i>
5	Bilimsel Olmayan Yüzeysel Cümle	<i>Seri bağlı devreye iki ampul bağladığımızda eşit ama daha az yanarken paralel bağlı devreye iki ampul eklediğimizde parlaklık değişmez.</i>
6	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle	<i>Seri bağlı devrelerde her ampülden eşit akım geçer Paralel bağlı devrelerde akım dirençlerle ters orantili şekilde paylastırılır.</i>

Çizelge 3.21 (devamı)

7	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Seri bağlı devrelerde ampullere giden akımların ikiye ayrılmasıdır bu sebeple tek ampule göre iki ampul daha az ışık saçarak eşit miktarda yanar.</i>
8	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Seri bağlı devrelerde ampullere giden akım iki kola ayrılır.</i>
9	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Seri bağlı devrelerde ampullere giden akım ikiye ayrılmasıdır.</i>
10	Bilimsel Olmayan Yüzeysel Cümle	<i>Seri bağlı olarak bağlandığı için verilen enerji azalır ve eşit bir şekilde yanmaya devam eder.</i>
11	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle	<i>Seri bağlı devrelerde bir pil ve tek ampul daha parlak yanarken iki ampul ile parlaklığı azalır. Tek başına bir ampulü aydınlatırken aynı akımı iki ampule dağıtmak zorundadır.</i>
12	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Seri bağlanan devrede ampul parlaklığı iki ampul için ikiye bölünmüş enerjidedir ikisi de eşit miktarda yanar Devredeki güç ampul sayısına orantılı şekilde bölünür Paralel olsaydı güç farklı kollardan geçtiği için parlaklıklar eşit olmayabilirdi.</i>
13	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Doğru bir açıklama yapmıştır seri bağlı devrelerde akım eşit olarak paylaştırılır.</i>
14	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle	<i>Seri bağlı dirençte ampul sayısı arttıkça direnç de artacağından üzerinden geçen akım miktarı azalır. Ampul sayısı arttıkça ampul parlaklığı da azalır.</i>
15	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Seri bağlı olduğunda akım paylaşılacak zorunda kalınıyor ama paralel bağlı olduğunda ise parlaklıkta herhangi bir değişim olmaz.</i>
16	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Seri bağlı direncin olduğu devrede devreden geçen akım kaç tane direnç varsa ona göre geçmekte zorlanır Ahmetin seri bağlı devre için söylediği şey doğrudur</i>
17	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	<i>Dirençler alkali tek ampul varken bir tane direnç vardı iki ampul olduğunda iki direnç oluştu direnç arttığı ve akım sabit olduğu için ampullerdeki parlaklık azaldı.</i>

Çizelge 3.21 (devamı)

18	Bilimsel Olmayan Yüzeysel Cümle	<i>Seri bağlı devrelerde akım geçer Paralel bağlı devrelerde akım paylaştırılır.</i>
.....		

Dördüncü adım (temaları gözden geçirme); bireysel temaların geçerliliği, temaların, veri kümesinde yer alan anlamların doğru bir şekilde yansıtılıp yansıtılmadığını belirlemek için dikkate alınır (Braun ve Clarke, 2006). Bu aşamada, ilk kodlama ve temalardaki yetersizlikler açığa çıkar ve çeşitli değişiklikler gerektirebilir (King, 2004). Bu aşamada herhangi bir yetersizlik söz konusu olmadığı için bir değişikliğe gidilmemiştir.

Beşinci adım (temaları tanımlama); bu aşamada temalar önceden literatür destekli bir şekilde ve alan uzmanlarının desteği ile tespit edildiği için tanımlama ve isimlendirme, öğrenme stillerini tespit etmek için “Görsel”, “İşitsel” ve “Kinestetik” olarak sınıflandırılmıştır. Kavram yanılgılarını belirleme sürecinde ise “Bilimsel bilgi içeren cümle”, “Bilimsel olmayan ve yüzeysel cümleler” ve “Kavram yanılgısı içeren cümle” olarak belirlenmiştir. Öğretmen adaylarından gelen bilgiler bir veri tabanına kaydedilmiştir. Ardından her bir veri, iki uzman tarafından incelenerek üçer sınıflı olarak etiketlenmiştir. İki uzmanın da aynı sınıfta etiketlediği veriler seçilerek hem öğrenme stilleri için hem de kavram yanılgıları için birer veri seti oluşturulmuştur.

Altıncı adım (raporlaştırma); bu aşamada tematik analiz sonucunda elde edilen bulgular çalışmamızın bulgular bölümünde ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

3.5.2. Nicel verilerin analizi

Çalışmada kullanılan 10 soruluk web formu aynı zamanda öğretmen adaylarının kavramsal öğrenme düzeylerini belirlemek için kullanılmıştır. Bu web formu ön-test ve son-test olarak öğretmen adaylarının cevapları puanlandırılarak değerlendirilmiştir. Açık uçlu sorular analitik, sınıflandırma, sıralama ve genel izlenim puanlama yöntemleri ile puanlanabilmektedir (Demirezen vd., 2023). Açık uçlu soruların avantajı öğrencilerin verdiği cevapların sınırlı olmaması iken, dezavantajı puanlamayı yapan kişiye göre puanlamanın değişebilmesidir (Romagnano, 2001; Van der Linden ve Hambleton, 1997). Açık uçlu puanlamada kullanılan en güvenilir yöntemlerden biri analitik puanlamadır

(anahtar puanlama) ve anahtar puanlamada soruların cevapları önceden hazırlanır ve her bir cevap en ince ayrıntısına kadar puanlanır (Graham, Milanowski ve Miller, 2012). Aşağıda verilen Çizelge 3.22’de puanlama anahtarı ve her bir sorunun puanlaması verilmiştir.

Çizelge 3.22. Kavramsal öğrenme düzeyini belirlemeye yönelik kriterler

Puan	Düzye	Sınıf	Değerlendirme Kriteri
Sıfır	0.00 - 0.66	Kavram yanlışlığı içeren cümle	Öğretmen adayları verilen cümlelerdeki anahtar kavramlara bilimsel anlamlar yüklemeye çalışmış ancak bu kavramları farklı ve yanlış anlamlara sahip kavramlarla karıştırmışlarsa bu cümleler bu sınıfa dâhil edilmiştir. Öğretmen adayları bilimsel olmayan, günlük hayatta kullanılan, geçmiş deneyimleri ve gelenekleri ile ilgili içeriğe sahip cümleler bu sınıfa dâhil edilmiştir. Bu kategorideki bilimsel olmayan cümleler kavram yanlışlığı olarak değerlendirilmemiştir çünkü
Bir	0.67 - 1.33	Bilimsel olmayan ve yüzeysel cümleler	öğretmen adaylarının kavramı farklı ya da yanlış bir şekilde değil, günlük hayatta ve dilde kullanılan bilimsel anlamı olmayan bağlamlarda kullanmaları ölçüt olarak dikkate alınmıştır. Diğer bir deyişle, kurulan cümleler doğru olsa bile bilimsel anlamı olmayan cümleler olabilmektedir.
İki	1.34 – 2.00	Bilimsel bilgi içeren cümle	Öğretmen adaylarının kurdukları cümleler tüm öğeleri ile bilimsel olarak doğru ise bu sınıfa alınmıştır.

Öğretmen adaylarının sorulara verdikleri cevapların analiz edilmesinde kullanılan puanlama düzeyleri 0 ile 2 aralığında yer almaktadır.

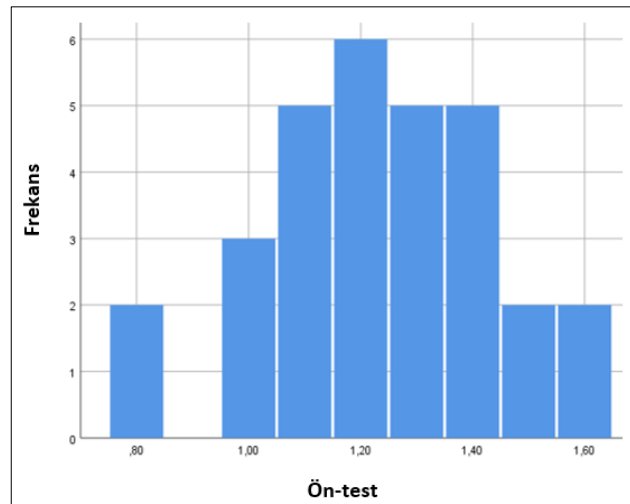
Çalışmada 10 adet sorudan oluşan web form ile 30 öğretmen adayının cevapları alınarak kavramsal öğrenme düzeyi ön-test ve son-test olarak değerlendirilmiştir. Analizler SPSS 28 istatistik paket programında 0.05 anlamlılık düzeyi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Veri analizine geçilmeden önce, Çizelge 3.23'te verilerin normal dağılım gösterip göstermediği denenmiştir. Örneklem sayısı ($N=30<50$) olduğundan dolayı Shapiro-Wilks normal dağılım testine bakılmıştır.

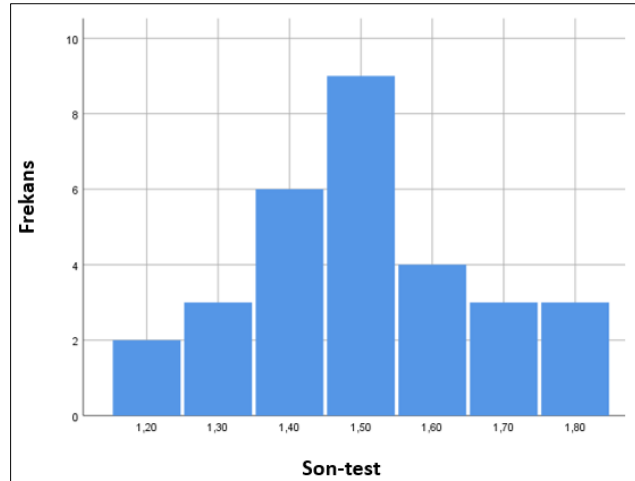
Çizelge 3.23. Normallik testi

	Shapiro-Wilk		
	İstatistik	sd	p
Öntest	0.96	30	0.41
Sontest	0.94	30	0.14

Test sonucunda anlamlı bir fark çıkmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Dolayısıyla Çizelge 3.23'te gösterildiği gibi ön-test ve son-test verilerinin normal dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca ön-test ve son-test histogram grafikleri de Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22. Ön-test histogram grafiği



Şekil 3.23. Son-test histogram grafiği

Normallik testi verilerine dayanarak öğretmen adaylarının kavramsal öğrenme düzeylerini belirlemek için bağımlı t-testi uygulanmıştır. Ayrıca etki büyüklüğüne bakmak için ise Cohen's d analizi yapılmıştır.

3.6. Makine Öğrenmesi Modeline İlişkin Rubrik

Bu tez çalışmasında MÖ modelinin değerlendirilmesinde kullanılan metriklere yönelik elde edilen bulguların yorumlanmasında Çizelge 3.24' te Doğruluk ve F1-Puan için Allwright (2022) ile Jiao ve Du (2016) tarafından belirlenen ölçütler kullanılmıştır. Kesinlik ve Duyarlılık için ise Stavropoulos, Zarate, Prokofieva, Van de Berg vd. (2023) tarafından belirlenen ölçütler kullanılmıştır.

Çizelge 3.24. Makine öğrenmesine yönelik oluşturulan rubrik

Metrik	Doğruluk	F1 Puanı	Kesinlik	Duyarlılık
Mükemmel	>0.90	>0.90	1'e yakın değerler daha iyi/iyileştirilmiş olarak kabul edilir.	
Çok iyi	$0.70 < \text{Doğruluk} < 0.90$	$0.80 < F1 < 0.90$		
İyi	$0.60 < \text{Doğruluk} < 0.70$	$0.50 < F1 < 0.80$		
Kötü	$0.60 > \text{Doğruluk}$	$0.50 > F1$		

3.7. Kelime Bulutuna Yönelik Verilerin Analizi

Kelime bulutu (word cloud), metin verilerini analiz etmek ve en sık kullanılan kelimeleri görselleştirmek için kullanılan bir tekniktir. Kelime bulutları, metin madenciliği ve doğal dil işleme projelerinde ön analiz, keşifsel veri analizi ve görselleştirme açısından oldukça faydalıdır. Kelime bulutları, yazılı materyalin odağını belirlemek için basit bir araç olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır (Atenstaedt, 2012). Kelime bulutlarının sağladığı yarar, istenilen anahtar kelimelerin okuyucuya görselleştirilerek sunulmasıdır. Böylece daha çok okur tarafından ilgi çekilmesi amaçlanmaktadır (Atenstaedt, 2012). Kelime bulutundan elde edilen görsel veriler frekans dağılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Dolayısıyla her bir öğrenme stili için en fazla tekrar eden ve en dikkat çekici kelimeler üzerinden yorumlamalar yapılmıştır.

3.8. Kavram Yanılgısı Azalmalarına İlişkin Verilerin Analizi

Fen eğitimi araştırmalarında kavram yanılgılarının ön-test son-test karşılaştırmalarında yüzde değişimlere dayalı nitel kategoriler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kategoriler kesin sınırlar halinde evrensel değildir, fakat farklı çalışmalarda kullanılan tipik eşikler vardır. Duit ve Treagust (2003) kavramsal öğrenmenin güçlü kabul edilebilmesi için öğrencilerin çoğunluğunda gözlenmesi gerektiğini belirtir. Bu bağlamda %60 ve üzeri düşüşler “büyük ölçüde azalma” olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca McDermott ve Shaffer (1992) elektrik devreleri çalışmasında öğrencilerin yanılgılarındaki %50-59 civarı azalmaları “belirgin azalma” olarak rapor etmiştir. Dolayısıyla bu tez çalışması için belirlenen ölçütler “büyük ölçüde azalma” ve “belirgin azalma” olarak sınıflandırılmıştır. Literatürde de benzer şekilde azalmalar büyük ölçüde azalma ve belirgin ölçüde azalma terimleriyle rapor edilmektedir (McDermott ve Shaffer, 1992; Duit ve Treagust, 2003). Böylece nicel veriler (frekans ve yüzde) nitel ifadelerle desteklenerek yorumlanmaktadır. Dolayısıyla buradan hareketle çalışmadaki ön-test ve son-test kavram yanılgısı azalmalarının analizi yukarıda bahsedildiği gibi yapılmıştır.

3.9. Araştırmacının Rolü

Araştırmacı kavram öğretimi ve eğitimde yapay zeka uygulamaları ile ilgili gerekli literatürü okumuş ve gerekli taramaları gerçekleştirmiştir. Kavram öğretimi, yapay zeka ve fen eğitimi

alanlarında ulusal ve uluslararası önemli çalışmalar yapmıştır. Doktora tezine başlamadan önce Q1 düzeyinde ve SSCI indeksli bir dergide “Artificial intelligence applications in education: Natural language processing in detecting misconceptions” isimli makalenin yazım, uygulama ve veri toplama süreçlerinde aktif olarak görev almıştır. Bu makale ile yapay zeka algoritmaları geliştirerek kavram yanlışlarının tespit edilebileceğini görmüş ve yapay zeka modülünün geliştirilmesi konusunda kendini eğitmiştir. Araştırmacı, “Yapay Zekânın Eğitime Entegrasyonu, Öğrencilerin Bireysel Özelliklerinin Bulanık Mantık ile Belirlenmesi ve Yapay Zekâ ile Kimya Kavram Yanlışlarının Tespiti İçin Bir Model Geliştirme” isimli 2209 kodlu TÜBİTAK projelerinde danışman olarak görev almıştır. Ayrıca araştırmacı alan eğitimi indeksli bir dergide “E Enriched With Technology-Supported Conceptual Change Tools: The Effect on Conceptual Change Level and Creative Problem Solving Skills of Gifted Students” isimli makalenin yazım, uygulama ve veri toplama süreçlerinde görev alarak kavramsal öğrenme ile ilgili uygulamalarda bulunmuştur. Dolayısıyla tez çalışmasında kavramsal öğrenmeye yönelik etkinliklerin geliştirilmesi süreci için önceden deneyim kazanmıştır. Araştırmalarına bu konular üzerine sürdüren araştırmacı Marmara Üniversitesi Veri Analizi Okulu- Yapay Zeka Modülü’ne devam etmektedir.

4. BULGULAR

Bu bölümde çalışma sürecinde elde edilen bulgular, araştırmanın alt problemlerine göre sırasıyla sunulmuştur.

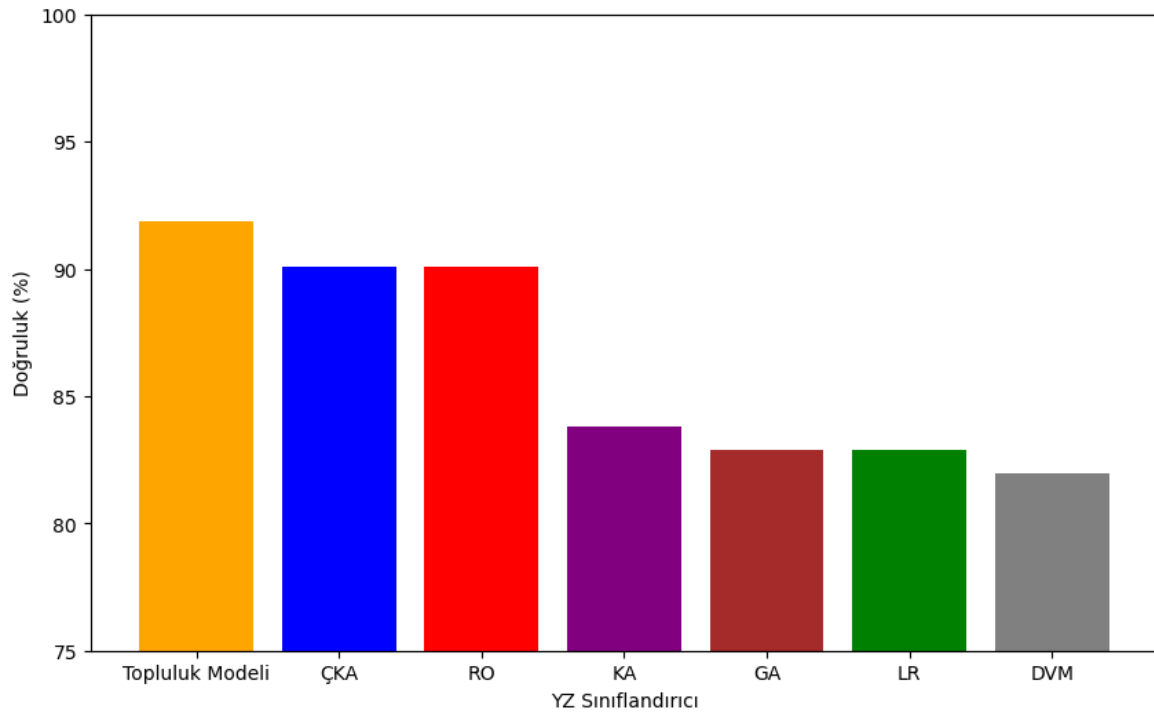
4.1. Araştırmanın Birinci Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular

Öğretmen adaylarının öğrenme stillerini tahmin etmek için kullanılan, doğruluk oranının en yüksek olduğu YZ algoritması hangisidir? alt probleminin çözümü için araştırmada kullanılan YZ sınıflandırma algoritmalarından elde edilen Doğruluk, Duyarlılık, Hassaslık ve F1- Puan'a bakılmıştır. Bu değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Öğrenme stillerine yönelik YZ değerlendirme metrikleri

YZ Sınıflandırıcısı	Sınıf	Duyarlılık	Hassaslık	F1-Puan	Doğruluk
ÇKA	İşitsel	0.92	0.92	0.92	0.91
	Görsel	0.90	0.87	0.88	
	Kinestetik	0.90	0.92	0.91	
RO	İşitsel	0.96	0.87	0.91	0.91
	Görsel	0.87	0.87	0.87	
	Kinestetik	0.88	0.93	0.91	
KA	İşitsel	0.92	0.76	0.83	0.84
	Görsel	0.87	0.81	0.84	
	Kinestetik	0.76	0.90	0.83	
GA	İşitsel	0.78	0.75	0.77	0.83
	Görsel	0.83	0.81	0.82	
	Kinestetik	0.84	0.88	0.86	
LR	İşitsel	0.82	0.76	0.79	0.83
	Görsel	0.80	0.80	0.80	
	Kinestetik	0.84	0.88	0.86	
DVM	İşitsel	0.71	0.86	0.78	0.82
	Görsel	0.70	0.88	0.78	
	Kinestetik	0.94	0.77	0.85	
Topluluk Modeli	İşitsel	0.92	0.89	0.91	0.92
	Görsel	0.90	0.90	0.90	
	Kinestetik	0.92	0.94	0.93	

Çizelge 4.1 incelendiğinde öğrenme stillerini belirleme sürecinde *Topluluk Modeli*’nin en yüksek doğrulama değerine sahip YZ sınıflandırıcısı olduğu görülmektedir. *RO* ve *ÇKA* sınıflandırıcılarının da doğrulama değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak YZ algoritmalarının Doğruluk değerleri minimum 0.82 ile maksimum 0.91 arasında çıkmıştır. Topluluk modeli için ise Doğruluk değerleri 0.92 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgunun grafiksel gösterimi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Öğrenme stillerine yönelik YZ sınıflandırıcıları ve doğruluk oranları

Ek olarak öğrenme stillerine yönelik YZ sınıflandırıcıları ile ilgili Karışıklık Matrisi bilgileri ise Ek-4’te verilmiştir.

4.2. Araştırmanın İkinci Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular

Öğretmen adaylarının kavram yanılgılarını tahmin etmek için kullanılan, doğruluk oranının en yüksek olduğu YZ algoritması hangisidir? alt probleminin çözümüne yönelik Çizelge 4.2’de her bir soru için tespit edilen en yüksek YZ algoritması ve tespit edilen algoritmaların *Topluluk Modelleri*’ne ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Kavram yanlışlarına yönelik YZ değerlendirme metrikleri

Soru	YZ Sınıflandırıcısı	Sınıf	Duyarlılık	Hassaslık	F1-Puan	Doğruluk
1	ÇKA	BBC	0.92	0.88	0.90	0.86
		BOC	0.85	0.83	0.84	
		KYC	0.74	0.88	0.80	
	Topluluk Modeli 1 (ÇKA, DVM, GA)	BBC	0.92	0.92	0.92	0.89
		BOC	0.88	0.86	0.87	
		KYC	0.82	0.88	0.85	
2	k-EYK	BBC	0.90	0.90	0.90	0.86
		BOC	0.88	0.82	0.85	
		KYC	0.71	0.80	0.75	
	Topluluk Modeli 2 (k-EYK, GA, NB)	BBC	0.92	0.92	0.92	0.87
		BOC	0.90	0.82	0.86	
		KYC	0.67	0.80	0.73	
3	DVM	BBC	0.96	0.89	0.92	0.86
		BOC	0.84	0.84	0.84	
		KYC	0.53	0.73	0.62	
	Topluluk Modeli 3 (DVM, LR, NB)	BBC	0.96	0.89	0.92	0.87
		BOC	0.87	0.84	0.86	
		KYC	0.56	0.82	0.67	
4	ÇKA	BBC	0.92	0.87	0.90	0.85
		BOC	0.85	0.83	0.84	
		KYC	0.54	0.78	0.64	
	Topluluk Modeli 4 (ÇKA, DVM, RO)	BBC	0.91	0.89	0.90	0.86
		BOC	0.88	0.83	0.85	
		KYC	0.58	0.78	0.67	
5	k-EYK	BBC	0.90	0.90	0.90	0.84
		BOC	0.88	0.79	0.83	
		KYC	0.53	0.73	0.62	
	Topluluk Modeli 5 (k-EYK, GA, LR)	BBC	0.90	0.94	0.92	0.86
		BOC	0.91	0.79	0.85	
		KYC	0.57	0.73	0.64	

Çizelge 4.2 (devamı)

6	GA	BBC	0.92	0.85	0.88	
		BOC	0.86	0.83	0.85	0.83
		KYC	0.53	0.75	0.62	
	Topluluk Modeli 6 (GA, k-EYK, DVM)	BBC	0.92	0.87	0.90	
		BOC	0.86	0.86	0.86	0.85
		KYC	0.60	0.75	0.67	
7	NB	BBC	0.88	0.88	0.88	
		BOC	0.85	0.81	0.83	0.82
		KYC	0.53	0.62	0.57	
	Topluluk Modeli 7 (NB, GA, RO)	BBC	0.88	0.90	0.89	
		BOC	0.88	0.83	0.86	0.84
		KYC	0.57	0.62	0.59	
8	RO	BBC	0.88	0.86	0.87	
		BOC	0.81	0.83	0.82	0.80
		KYC	0.53	0.53	0.53	
	Topluluk Modeli 8 (RO, DVM, ÇKA)	BBC	0.88	0.90	0.89	
		BOC	0.83	0.83	0.83	0.82
		KYC	0.57	0.53	0.55	
9	k-EYK	BBC	0.84	0.85	0.85	
		BOC	0.79	0.82	0.81	0.79
		KYC	0.55	0.46	0.50	
	Topluluk Modeli 9 (k-EYK, ÇKA, LR)	BBC	0.86	0.88	0.87	
		BOC	0.82	0.82	0.82	0.81
		KYC	0.58	0.54	0.56	
10	GA	BBC	0.90	0.89	0.90	
		BOC	0.64	0.70	0.67	0.80
		KYC	0.65	0.61	0.63	
	Topluluk Modeli 10 (GA, ÇKA, LR)	BBC	0.89	0.92	0.91	
		BOC	0.74	0.70	0.72	0.83
		KYC	0.71	0.67	0.69	

BBC (Bilimsel Bilgi İçeren Cümle), BOC (Bilimsel Olmayan ve Yüzeysel Cümle), KYC (Kavram Yanılgısı İçeren Cümle).

Çizelge 4.2 incelendiğinde araştırmada YZ algoritmalarından ÇKA, DVM, GA, k-EYK, RO, NB ve LR kullanılarak analizler yapılmıştır. Her bir soru için Doğruluk değerine bakılarak

en yüksek olan algoritma tabloya eklenmiştir. Ayrıca her bir soru için Doğruluk değerinin en fazla olduğu üç algoritma kullanılarak Topluluk modelleri oluşturulmuştur. Genel olarak YZ algoritmalarının Doğruluk değerleri minimum 0.79 ile maksimum 0.86 arasında çıkmıştır. Topluluk modelleri için ise Doğruluk değerleri minimum 0.81 ile maksimum 0.89 arasında yer almıştır. Her bir soru için YZ sınıflandırıcılarına ilişkin Karışıklık Matrisi bilgileri Ek-5'te verilmiştir. Her bir soru için doğruluk değerlerinin grafiksel gösterimi oluşturulmuştur. Grafiksel gösterimler Ek-6'da verilmiştir.

4.3. Araştırmanın Üçüncü Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular

Tasarlanan YZ destekli öğrenme stilleri belirleme sisteminin başarımlı düzeyi nedir? alt probleminin çözümüne yönelik YZ sınıflandırma algoritmalarının doğru bir şekilde çalıştığını ve her bir öğrenci için öğrenme stillerinin doğru bir şekilde tanımlandığını gösteren 30 öğretmen adayından (Ek-7) alınan verilerle bir değerlendirme yapılmıştır. Öğrenme stilleri dağılımı Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Öğretmen adaylarının öğrenme stilleri

Öğrenme Stili	<i>f</i>	%
İşitsel	6	20.00
Görsel	14	46.67
Kinestetik	10	33.33
Tolam	30	100

Çizelge 4.3 incelendiğinde öğretmen adaylarının en fazla “görsel (%46.67)” öğrenme stiline sahip oldukları tespit edilmiştir. Ardından “kinestetik (%33.33)” ve “işitsel (%20)” öğrenme stilleri gelmektedir.

Öğrenme stillerine yönelik YZ verileri ve insan uzmanı verileri kullanılarak oluşturulan çapraz tablo Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Öğrenme stillerine yönelik insan uzman ve YZ çapraz tablosu

İstatistik		Yapay Zeka			Toplam
		İşitsel	Görsel	Kinestetik	
İnsan Uzman	İşitsel	6	0	0	6
	Görsel	1	13	0	14
	Kinestetik	0	1	9	10
Toplam		7	14	9	30

Öğrenme stillerine yönelik simetrik ölçüm sonuçları ile YZ ve insan uzmanı sınıflandırması arasında ortaya çıkan anlamlılık değeri Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Simetrik ölçüm

	Değer	Standart Hata	t	P
Kappa	0.90	0.07	6.80	0.00*
N	30			

*p<0.05

Çizelge 4.5 kullanılarak öğrenme stillerine yönelik YZ sınıflandırma algoritmalarının doğru bir şekilde çalıştığını ve her bir öğretmen adayı için öğrenme stillerinin doğru bir şekilde tanımlandığını gösteren 30 öğrenciden alınan verilerle bir değerlendirme yapılmıştır. YZ ile insan uzmanı değerlendirmesi arasındaki anlamlı farkı belirlemek için kappa (κ) değeri incelenmiştir. Landis ve Koch'a (1977) göre uyum gücü ($0.81 < \kappa = 0.90 < 1.00$) “neredeyse mükemmel” olarak bulunmuştur.

Çalışmada başka bir çapraz referanslama olarak kelime bulutu kullanılmıştır. Öğrenme stillerine yönelik kelime bulutları Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.2.Öğrenme stili kelime bulutları (İşitsel ve Görsel)



Şekil 4.3. Öğrenme stili kelime bulutları (Kinestetik)

Kelime bulutları incelendiğinde her bir öğrenme stiline yönelik olarak kelimeler Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te belirgin olarak oluşmuştur. İşitsel öğrenme stili için “video”, görsel öğrenme stili için “renk ve broşür” ve kinestetik öğrenme stili için ise “deney” kelimeleri ön planda çıkmıştır.

4.4. Araştırmanın Dördüncü Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular

Öğretmen adaylarının elektrik konusuna yönelik kavram yanılgıları nelerdir? alt probleminin çözümüne yönelik Çizelge 4.6’da 30 kişilik öğretmen adayının elektrik konusuna yönelik kavram yanılgıları ve frekans dağılımı yer almaktadır.

Çizelge 4.6. Öğretmen adaylarının kavram yanlışları ve frekans dağılımları

Soru No	Kavram yanlışları	<i>f</i>
1	Seri ve paralel bağlantılar arasındaki farkın karıştırılması	10
	Seri devrede direnç eklendiğinde akımın artacağı yanlışlığı	8
	Paralel devrede tüm dirençlerden aynı akımın geçeceği yanlışlığı	8
	Lamba parlaklığına yönelik yanlışlığı	7
	Devre elemanlarının uzaklığı veya yerleşiminin akımı etkileyeceği yanlışlığı	7
2	Ampermetrenin paralel bağlanması yanlışlığı	9
	Voltmetrenin seri bağlanması yanlışlığı	9
	Ampermetre ve voltmetrenin yüksek ve düşük direnç özelliklerinin karıştırılması	7
	Ampermetre ve voltmetre bağlantı noktalarının karıştırılması	7
	Ampermetre ve voltmetre bağlantısının devreyi etkilemeyeceği yanlışlığı	7
3	Direncin yalnızca akım ve voltajla ilişkili olduğu yanlışlığı	12
	Direncin yalnızca iletkenin boyutuna bağlı olduğu yanlışlığı	10
	Direncin yalnızca malzemenin türüne bağlı olduğu yanlışlığı	6
	Direncin iletkenin sıcaklığından bağımsız olduğu yanlışlığı	6
	Direncin akım geçtikçe azalacağı yanlışlığı	5
	İletkenin kalınlığının direnci artıracacağı yanlışlığı	5
4	Direncin sabit kaldığı yanlışlığı	7
	Akımın "tüketildiği" yanlışlığı	7
5	Katı, sıvı ve gazların elektrik iletkenliğinin aynı mekanizmaya dayandığı yanlışlığı	16
	Gazların elektrik iletkenliğinin imkânsız olduğu yanlışlığı	8
6	Kısa devre olmadığı yanlışlığı	10
7	Tüm dirençlerin eşdeğer direnç hesaplamalarında aynı şekilde hesaplandığı yanlışlığı	12
	Tüm dirençlerin aynı değere sahip olmasının eşdeğer direnci etkilemediği yanlışlığı	9
8	Öz direnç ve iletkenliğin tamamen bağımsız olduğu yanlışlığı	7
	Öz direnç ve iletkenliğin doğru orantılı olduğu yanlışlığı	4

Çizelge 4.6 (devamı)

9	Direncin akımın gerilime oranı olduğu yanılığı	11
10	Pillerin seri veya paralel bağlanmasının her zaman aynı olacağı yanılığı	13
	Seri bağlı pillerin ömrünün daha uzun olduğu yanılığı	12
	Paralel bağlı pillerin ömrünün daha kısa olduğu yanılığı	10
Toplam		249

Çizelge 4.6 incelendiğinde, 30 öğretmen adayının elektrik konusuna yönelik kavram yanılığı içeren cümle sayısının 249 olduğu tespit edilmiştir.

4.5. Araştırmanın Beşinci Alt Probleminin Çözümüne Yönelik Bulgular

Farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının kavramsal öğrenme üzerindeki etkisi nedir? alt probleminin çözümü için Çizelge 4.7’de öğretmen adaylarının web formunda yer alan 10 soruya yönelik olarak vermiş oldukları cevapların sonucunda oluşturulan kavramsal öğrenme düzeyi puanlarına yönelik ön-test ve son-test bağımlı t testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 4.7. Kavramsal öğrenme düzeyi ön-test ve son-test bağımlı t testi sonucu

Test	N	$\bar{X}$	ss	sd	t	p	Cohen’s d
Ön	30	1.23	0.18	29	-8.29	0.00*	1.51
Son	30	1.50					

*p < 0.05

Çizelge 4.7 incelendiğinde; farklılaştırılmış öğretimin etkisi ile öğretmen adaylarının kavramsal öğrenme düzeyi puanları üzerinde son test lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Kavramsal öğrenme düzeyi ise; $\bar{X}_{\text{Ön-test}}=1.23$, “Bilimsel olmayan ve yüzeysel cümle” düzeyinden $\bar{X}_{\text{Son-test}}=1.50$, “Bilimsel bilgi içeren cümle” düzeyine yükselmiştir. Toplam puan için etki büyüklüğü ise 1.51’dir. Bulunan Cohen’s d büyüklüğü Cohen (1960) tarafından belirlenen geniş etki değeri aralığındadır.

Çizelge 4.8’de ön-test son-test frekansları arasındaki yüzde farklara dayalı olarak kavram yanılgılarındaki değişim nitel kategorilerle gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. Elektrik konusu kavram yanılgılarının değişimi

Soru No	Kavram Yanılgısı	Öncesi Frekans	Sonrası Frekans	Azalma (%)	Değişim
1	Seri ve paralel bağlantılar arasındaki farkın karıştırılması	10	3	70.0	Büyük ölçüde azaldı
	Seri devrede direnç eklendiğinde akımın artacağı yanılgısı	8	2	75.0	Büyük ölçüde azaldı
	Paralel devrede tüm dirençlerden aynı akımın geçeceği yanılgısı	8	3	62.5	Büyük ölçüde azaldı
	Lamba parlaklığına yönelik yanılgı	7	2	71.4	Büyük ölçüde azaldı
	Devre elemanlarının uzaklığı veya yerleşiminin akımı etkileyeceği yanılgısı	7	2	71.4	Büyük ölçüde azaldı
2	Ampermetrenin paralel bağlanması yanılgısı	9	3	66.7	Büyük ölçüde azaldı
	Voltmetrenin seri bağlanması yanılgısı	9	3	66.7	Büyük ölçüde azaldı
	Ampermetre ve voltmetrenin yüksek ve düşük direnç özelliklerinin karıştırılması	7	2	71.4	Büyük ölçüde azaldı
	Ampermetre ve voltmetre bağlantı noktalarının karıştırılması	7	3	57.1	Belirgin azalma
	Ampermetre ve voltmetre bağlantısının devreyi etkilemeyeceği yanılgısı	7	3	57.1	Belirgin azalma
3	Direncin yalnızca akım ve voltajla ilişkili olduğu yanılgısı	12	5	58.3	Belirgin azalma
	Direncin yalnızca iletkenin boyutuna bağlı olduğu yanılgısı	10	4	60.0	Büyük ölçüde azaldı
	Direncin yalnızca malzemenin türüne bağlı olduğu yanılgısı	6	2	66.7	Büyük ölçüde azaldı
	Direncin iletkenin sıcaklığından bağımsız olduğu yanılgısı	6	2	66.7	Büyük ölçüde azaldı
	Direncin akım geçtikçe azalacağı yanılgısı	5	2	60.0	Büyük ölçüde azaldı
	İletkenin kalınlığının direnci artıracığı yanılgısı	5	2	60.0	Büyük ölçüde azaldı
4	Direncin sabit kaldığı yanılgısı	7	3	57.1	Belirgin azalma
	Akımın "tüketildiği" yanılgısı	7	2	71.4	Büyük ölçüde azaldı

Çizelge 4.8 (devamı)

5	Katı, sıvı ve gazların elektrik iletkenliğinin aynı mekanizmaya dayandığı yanılıgısı	16	6	62.5	Büyük ölçüde azaldı
	Gazların elektrik iletkenliğinin imkânsız olduğu yanılıgısı	8	3	62.5	Büyük ölçüde azaldı
6	Kısa devre olmadığı yanılıgısı	10	3	70.0	Büyük ölçüde azaldı
7	Tüm dirençlerin eşdeğer direnç hesaplamalarında aynı şekilde hesaplandığı yanılıgısı	12	5	58.3	Belirgin azalma
	Tüm dirençlerin aynı değere sahip olmasının eşdeğer direnci etkilemediği yanılıgısı	9	3	66.7	Büyük ölçüde azaldı
8	Öz direnç ve iletkenliğin tamamen bağımsız olduğu yanılıgısı	7	3	57.1	Belirgin azalma
	Öz direnç ve iletkenliğin doğru orantılı olduğu yanılıgısı	4	1	75.0	Büyük ölçüde azaldı
9	Direncin akımın gerilime oranı olduğu yanılıgısı	11	4	63.6	Büyük ölçüde azaldı
10	Pillerin seri veya paralel bağlanmasının her zaman aynı olacağı yanılıgısı	13	5	61.5	Büyük ölçüde azaldı
	Seri bağlı pillerin ömrünün daha uzun olduğu yanılıgısı	12	4	66.7	Büyük ölçüde azaldı
	Paralel bağlı pillerin ömrünün daha kısa olduğu yanılıgısı	10	3	70.0	Büyük ölçüde azaldı

Çizelge 4.8 incelendiğinde öğretmen adaylarında elektrik konusuna yönelik kavram yanılıgılarında %57.1 ile %75 ile aralığında bir oranla azalma görülmüştür. Bu oranların karşılığındaki değişim durumu ise “büyük ölçüde azalma” ve “belirgin azalma” olarak tespit edilmiştir.

Elektrik konusu kapsamında kavramsal öğrenme düzeyi testinde birinci soruya verilen örnek ön-test cevapları Şekil 4.4’te verilmiştir. Şekil 4.4’te verilen görsel web form aracılığıyla öğrencilerden alınan verilerden üretilmiş ekran görüntüsüdür.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	title, text																				
2	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Paralel bağlı dirençlerde dirençlerin aynı gerilime sahip olduğunu bilgisinden yola çıkarak tek ampulde parlaklık daha fazladır																				
3	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Direnç akıma karşı gösterilen zorluk olduğundan dolayı seri bağlı devrede direnç daha azdır paralel bağlıda ise daha çoktur																				
4	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı devrelerde ampullere giden akımların ikiye ayrılmasıdır bu sebeple tek ampule göre iki ampul daha az ışık saçarak eşit miktarda yanar																				
5	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı devrelerde ampullere giden akım ikiye ayrılır																				
6	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı devrelerde ampullere giden akım ikiye ayrılmasıdır																				
7	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Seri bağlı devrelerde bir pil ve tek ampul daha parlak yanarken iki ampul ile parlaklığı azalır Tek başına bir ampülü aydınlatırken aynı akımı iki ampule dağıtmak zorundadır.																				
8	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Doğru bir açıklama yapmıştır seri bağlı devrelerde akım eşit olarak paylaştırılır																				
9	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Seri bağlı dirençte ampul sayısı arttıkça direnç de artacağından üzerinden geçen akım miktarı azalır Ampul sayısı arttıkça ampul parlaklığı da azalır.																				
10	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı olduğunda akım paylaşılmak zorunda kalınır ama paralel bağlı olduğunda ise parlaklıkta herhangi bir değişim olmaz																				
11	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı direncin olduğu devrede devreden geçen akım kaç tane direnç varsa ona göre geçmekte zorlanır																				
12	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı devrede ampul sayısı arttığı zaman devrede geçen akım eşit dağılır ve parlaklık azalır Paralel bağlı devrede ampul sayısını arttığı zaman akım eşit dağılır ve ampul parlaklığı değişmez.																				

Şekil 4.4. Birinci soruya verilen örnek ön-test cevapları

Cevaplar incelendiğinde verilen 11 cümlelik örnek kesitinde kavram yanılgısı içeren cümle sayısının 9 olduğu görülmektedir. 2 cümlelerin ise bilimsel bilgi içeren cümle olduğu görülmektedir. Cevaplara bakıldığında “Paralel bağlı dirençlerde dirençlerin aynı gerilime sahip olduğu bilgisinden yola çıkarak tek ampulde parlaklık daha fazladır” cevabı verildiği görülmektedir. Bir diğer cevaba bakıldığında “Direnç akıma karşı gösterilen zorluk olduğundan dolayı seri bağlı devrede direnç daha azdır paralel bağlıda ise daha çoktur”. Sonuç olarak öğretmen adaylarının cevabında kavram yanılgısı olduğu görülmektedir. Bu kavram yanılgısının dirençlerde seri ve paralel bağlamanın karıştırılmasından kaynaklandığı görülmektedir.

Elektrik konusu kapsamında kavramsal öğrenme düzeyi testinde birinci soruya verilen örnek son-test cevapları Şekil 4.5’te verilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	title, text																				
2	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Seri bağlamada ampul sayısı arttıkça parlaklık azalır Parlaklık ampul üzerinden geçen akımla doğru orantılı hareket eder Paralel bağlamada ampuller eşit derecede ışık verir.																				
3	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Direnç fazla olduğu için bir ampule göre daha az yanar																				
4	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Paralel bağlı devrede akım her kola direncin büyüklüğüne göre paylaştırıldığı için lambanın parlaklığı direncine göre değişir Fakat seri bağlı olduğunda dirençler farklı olsa da aynı kolda oldukları için a																				
5	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Seri bağlı devrelerde ampullerin artışı devreden geçen akımı azaltmaktadır																				
6	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Doğru bir açıklama yapmıştır seri bağlı devrelerde akım eşit olarak paylaştırılır																				
7	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Seri bağlı dirençte ampul sayısı arttıkça direnç de artacağından üzerinden geçen akım miktarı azalır Ampul sayısı arttıkça ampul parlaklığı da azalır.																				
8	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı olduğunda akım paylaşılacak zorunda kalınır ama paralel bağlı olduğunda ise parlaklıkta herhangi bir değişim olmaz																				
9	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı direncin olduğu devrede devreden geçen akım kaç tane direnç varsa ona göre geçmekte zorlanır																				
10	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Seri bağlı devrelerde ampul sayısı arttıkça direnç artar Üzerinden geçen akım azalır Ampul sayısı arttıkça ampul parlaklığı azalır																				
11	Bilimsel Bilgi İçeren Cümle , Seri bağlı devrelerde ampul sayısı arttıkça direnç artar Üzerinden geçen akım azalır Ampul sayısı arttıkça ampul parlaklığı azalır																				
12	Kavram Yanılgısı İçeren Cümle , Seri bağlı devrede ampul sayısı arttığı zaman devrede geçen akım eşit dağılır ve parlaklık azalır Paralel bağlı devrede ampul sayısını arttığı zaman akım eşit dağılır ve ampul parlaklığı değişmez.																				

Şekil 4.5. Birinci soruya verilen örnek son-test cevapları

Şekil 4.5 incelendiğinde öğretmen adaylarının 11 cümlelik örnek kesitinde son-test cevaplarına bakıldığında bilimsel bilgi içeren cümle sayısının 7 olduğu görülmektedir. Kavram yanılgısı içeren cümle sayısının ise 4 cümleye gerilediği görülmektedir. Verilen cevaplara bakıldığında “Seri bağlamada ampul sayısı arttıkça parlaklık azalır. Parlaklık ampul üzerinden geçen akımla doğru orantılı hareket eder. Paralel bağlamada ampüller eşit derecede ışık verir”. Bu cevap incelendiğinde ifadenin doğru olduğu görülmektedir. Yani cevap bilimsel bilgi içeren cümle kategorisinde yer almaktadır. Başka bir cevaba baktığımızda “Seri bağlı devrede ampul sayısı arttığı zaman devreden geçen akım eşit

dağıtılır ve parlaklık azalır. Paralel bağlı devrede ampül sayısı arttığı zaman akım eşit dağıtılır ve ampül parlaklığı değişmez”. Bu ifade incelendiğinde seri bağlı devrede akım eşit dağıtıldığı için parlaklığın azaldığı ifade edilmektedir. Fakat ampül sayısı arttığı zaman direnç artar ve böylece akım azalır. Doğru cevabın bu şekilde ifade edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla dirençlerin seri ve paralel bağlanmalarından kaynaklanan bir yanılgı olduğu söz konusudur.

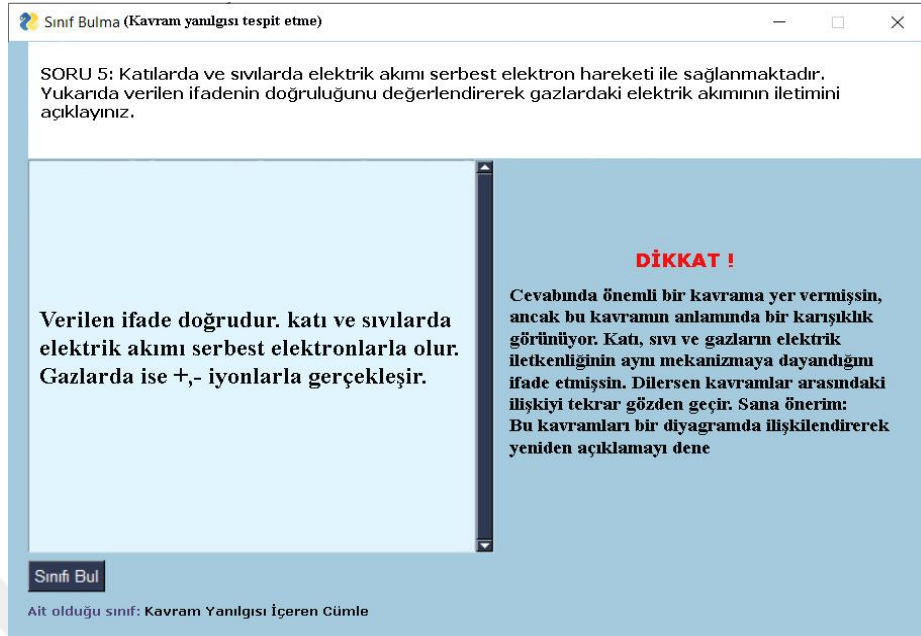
Çalışmada öğretmen adaylarının YZ modülü ile kavram yanılgılarını belirleme sürecinde öğrenme analitiğinin kullanılmasına yönelik örnek bulgular verilmiştir. Çizelge 4.9’da öğrenme analitiği geri dönüt matrisi verilmiştir.

Çizelge 4.9. Öğrenme analitiği geri dönüt matrisi

Sınıflandırma	Analitik Bulgusu	Geri Dönüt Amacı	Geri Dönüt Örneği
Kavram Yanılgısı İçeren Cümle	Kavram anlamı yanlış, ilişki hatalı	Kavramı düzeltmek, bilişsel çatışma oluşturmak	“Terimi doğru kullanmışsın ama anlamında karışıklık var, ...”
Bilimsel Olmayan/ Yüzeysel Cümle	Bilimsel kavram yok, gözlemsel ifade	Bilimsel dile geçiş sağlamak	“Gözlemini bilimsel bir kavramla destekleyebilirsin...”
Bilimsel Bilgi İçeren Cümle	Doğru kavram ve ilişki kullanılmış	Pekiştirme, transfer önerisi	“Cevabın bilimsel olarak doğru, şimdi örnekle genişletmeyi dene...”

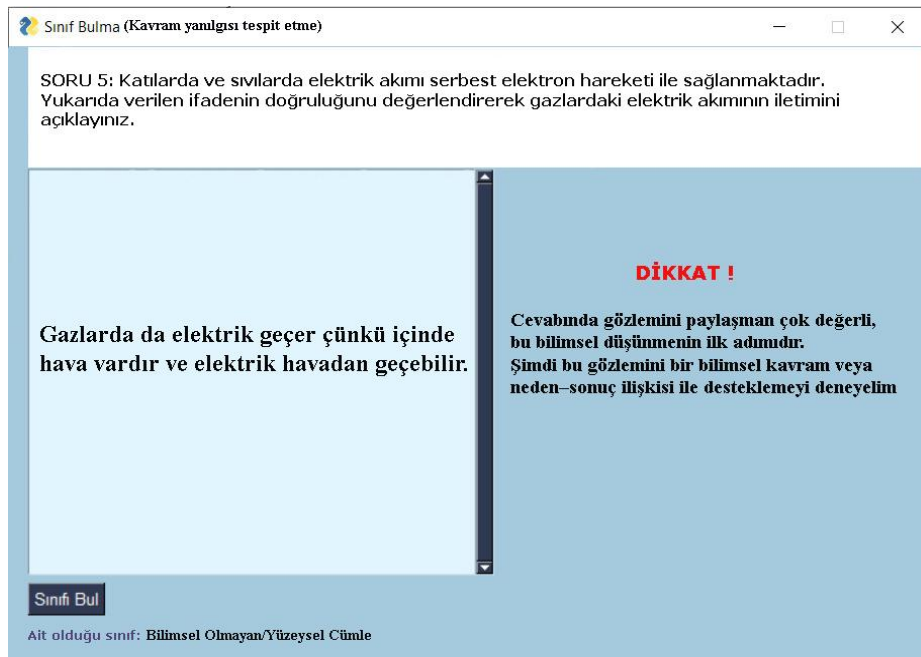
Eğer öğretmen adaylarının cevabı kavram yanılgısı içeren cümle sınıflandırmasında çıkıyorsa öğrenme analitiğinin cevabı; “Cevabında önemli bir kavrama yer vermişsin, ancak bu kavramın anlamında bir karışıklık görünüyor. Katı, sıvı ve gazların elektrik iletkenliğinin aynı mekanizmaya dayandığını ifade etmişsin. Dilersen kavramlar arasındaki ilişkiyi tekrar gözden geçir. Sana önerim: Bu kavramları bir diyagramda ilişkilendirerek yeniden açıklamayı dene” (Şekil 4.6).

Şekil 4.6’da verilen görsel, öğrenme analitiği sonucunda üretilmiş ekran görüntüsüdür. Öğrenme analitiği kavramı yeniden yapılandırma önerisinde bulunarak, bilişsel çatışma yaratıp hedefli geri dönüt sağlanmıştır



Şekil 4.6. Kavram yanlışsı içeren cümle sınıflandırması öğrenme analitiği

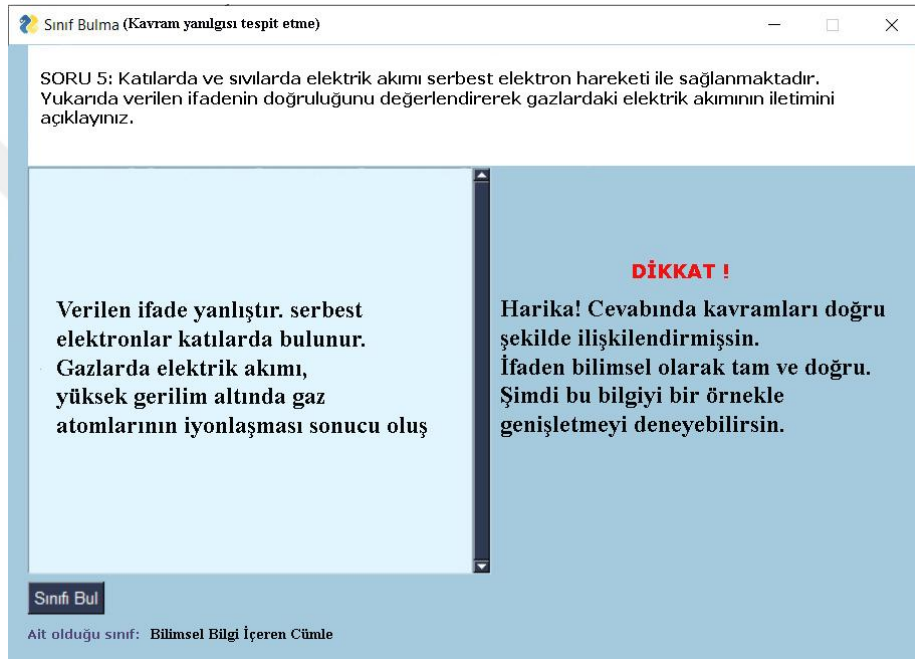
Eğer öğretmen adaylarının cevabı bilimsel olmayan / yüzeysel cümle sınıflandırmasında çıkıyorsa öğrenme analitiğinin cevabı “Cevabında gözlemini paylaşman çok değerli, bu bilimsel düşünmenin ilk adımıdır. Şimdi bu gözlemini bir bilimsel kavram veya neden–sonuç ilişkisi ile desteklemeyi deneyelim” (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Bilimsel olmayan/yüzeysel cümle sınıflandırması öğrenme analitiği

Açıklama derinliğini artırma önerisinde bulunarak kavramsal bağ kurup bilimsel dile geçişi teşvik edilmiştir.

Eğer öğretmen adaylarının cevabı bilimsel bilgi içeren cümle sınıflandırmasında çıkıyorsa öğrenme analitiğinin cevabı “Harika! Cevabında kavramları doğru şekilde ilişkilendirmişsin. İfaden bilimsel olarak tam ve doğru. Şimdi bu bilgiyi bir örnekle genişletmeyi deneyebilirsin” (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Bilimsel bilgi içeren cümle sınıflandırmasına yönelik öğrenme analitiği

Doğru kavram pekiştirilerek genişletme önerisinde bulunulmuştur. Böylece transfer becerisi geliştirilmeye çalışılmıştır.

Öğrenme analitiği, öğrencinin yazılı ya da sözlü yanıtlarını YZ ile analiz ederek hangi tür kavram yanlışlarına sahip olduğunu tespit etmiştir. Öğrenme analitiğiyle üretilen görsel geri dönütler, öğrencinin kendi öğrenme sürecini izlemesini sağlamıştır. Öğrenme analitiği, öğretmene toplu ve bireysel düzeyde kavramsal öğrenme eğilimlerini gösterir. Öğrenme analitiği, kavramsal öğrenmede “yansıtıcı öğrenme döngüsünü” sürekli kılar. Öğrenci sadece doğru cevabı bulmaz; neden öyle olduğunu anlamlandırır. Bu da klasik öğretimden farklı olarak; ezbere değil derin öğrenmeyi, kavramlar arası ilişki kurmayı ve bilimsel düşünme biçimini geliştirir.

5. TARTIŞMA

Bu bölümde çalışma sürecinde elde edilen her bir alt probleme yönelik bulgular ayrıntılı bir şekilde tartışılmıştır.

5.1. Birinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma

Araştırmanın birinci alt problemine ilişkin ÇKA, RO ve KA sınıflandırıcılarının en yüksek doğrulama değerlerinin sırasıyla ÇKA (Doğruluk=0.91), RO (Doğruluk=0.90) ve KA (Doğruluk=0.84) olduğu anlaşılmıştır. Ulaşılan bu en yüksek değerlerden ÇKA sınıflandırıcısının denetimli öğrenme görevlerinde etkili bir algoritma olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu düşüncüyü El Bouchefry ve de Souza (2020) ve Nakayama ve Shimizu'nun (2003) çalışmaları destekler niteliktedir. Ayrıca ÇKA ve RO algoritmalarının yaygın bir şekilde kullanılıyor olmalarının ve diğer sinir ağı mimarilerinden daha sık kullanılmasının doğruluk değerlerinin yüksek çıkmasını desteklediği düşünülmektedir. Bu düşüncüyü Park ve Lek'in (2016) çalışmaları desteklemektedir.

Bu tez çalışmasında doğrulama değerinin daha fazla çıkması için *Topluluk Modeli* geliştirilmiştir. Toplu sınıflandırma, iki veya daha fazla sınıflandırıcının birleşimidir (Elden, Moustafa, Harb ve Emara, 2013; Knaus, 2021; Tarik, Aissa ve Yousef, 2021). Dolayısıyla *Topluluk Modeli*'ni geliştirirken doğrulama oranının en fazla olduğu sınıflandırıcılar kullanılmış ve sonunda doğrulama oranının (Doğruluk=0.92) en yüksek olduğu *Topluluk Modeli* geliştirilmiştir. Literatürde belirtildiği gibi topluluk öğrenmesinde, genellikle temel modeller olarak adlandırılan birden fazla model kullanılır ve tüm modellerin çıktıları tek bir birleşik çıktı üretmek için birleştirilir (Iqbal ve Wani, 2023). Topluluk modelleri yakın geçmişte oldukça iyi başarılar elde etmiştir (Iqbal ve Wani, 2023).

Doğruluk, veri kümesindeki tüm örnekler arasından doğru sınıflandırılan örneklerin yüzdesini ölçer. F1 puanı, Hassaslık ve Duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasıdır (Asselman, Khaldi ve Aammou, 2023). Bu nedenle F1 puanı değerlendirmede Hassaslık ve Duyarlılık hakkında bilgi verse de yine de bu değerlere Çizelge 4.1'de yer verilmiştir. Hassaslık, 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, Pierrakeas ve Pintelas, 2004). Topluluk Modeli, Doğruluk skoru 0.92 olan en yüksek performans gösteren modeldir. Bu model her bir sınıflandırmaya göre İşitsel F1 Puanı=0.91; Görsel F1 Puanı=0.90 ve Kinestetik F1 Puanı=0.93 olan en iyi sonuçları elde etmiştir. *Topluluk Modeli*'nin Kesinlik ve Duyarlılık değerleri ise İşitsel Duyarlılık=0.92 ve Hassaslık=0.89; Görsel Duyarlılık=0.90 ve Hassaslık=0.90; Kinestetik Duyarlılık=0.92 ve Hassaslık=0.94 olarak hesaplanmıştır. *Topluluk Modeli*'ne göre, sonuçlar tüm MÖ algoritmalarının oylama yöntemiyle elde edildiği için, önerilen modelin sağladığı tahmin sonuçları, tek tek uygulanan algoritmalarından elde edilenlere göre daha güvenli bir şekilde doğrulanabilmektedir (Kökver vd., 2025). Bu durum Alam, Bhowmik ve Prosun'nin (2021) bulgularıyla tutarlıdır.

Çizelge 3.24'te verilen rubriğe göre *Topluluk Modeli*'nin Doğruluk değeri "Mükemmel" F1-Puan "Mükemmel" (Allwright, 2022; Jiao ve Du, 2016) ve Duyarlılık ile Hassaslık ise 1'e yakın oldukları için "Daha İyi" olarak kabul edilmiştir (Stavropoulos ve diğerleri, 2023). Hassasiyet ve Duyarlılık değerleri, *Topluluk Modeli*'nin yanlış sınıflandırma oranının düşük olduğunu ve gerçek pozitiflerin doğru bir şekilde sınıflandırıldığını göstermektedir (Elden vd., 2013). Bu değerler, *Topluluk Modeli*'nin yüksek doğruluk oranı ve düşük hata payı ile öğrenme stillerini tahmin etmede kullanılabileceğini göstermektedir.

5.2. İkinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma

Çalışmanın ikinci alt problemine ilişkin olarak, öğretmen adaylarının kavram yanılgılarını tahmin etmek için kullanılan YZ algoritmasının en yüksek doğruluk oranına sahip olan algoritmaların birinci soru için ÇKA (Doğruluk=0.86), ikinci soru için k-EYK (Doğruluk=0.86), üçüncü soru için DVM (Doğruluk=0.86), dördüncü soru için ÇKA (Doğruluk=0.85), beşinci soru için k-EYK (Doğruluk=0.84), altıncı soru için GA (Doğruluk=0.83), yedinci soru için NB (Doğruluk=0.82), sekizinci soru için RO (Doğruluk=0.80), dokuzuncu soru için k-EYK (Doğruluk=0.79) ve onuncu soru için GA (Doğruluk=0.80) olduğu tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi her soru için doğruluk oranlarının en yüksek çıktığı algoritmalar farklılık göstermektedir. Bunun nedeninin her soru için yazılan metinlerin uzun ya da kısa olması, yazılan cümle sayılarının az ya da çok olması ve soruları cevaplayanların farklı sayıda olmasından kaynaklanabileceği şeklinde

yorumlanabilir. Bu yorumu bazı benzer çalışmalar destekler niteliktedir (Kökver vd., 2025; Pektaş, Karamustafaoğlu ve Çelik, 2025).

En yüksek çıkan üç Makine Öğrenmesi algoritmalarını bünyesinde barındıran *Topluluk Modeli* ile doğruluk oranının her bir soru için yükseldiği gözlemlenmiştir. Birinci soru için *Topluluk Modeli 1*_{ÇKA,DVM,GA} (Doğruluk=0.89), ikinci soru için *Topluluk Modeli 2*_{k-EYK,GA,NB} (Doğruluk=0.87), üçüncü soru için *Topluluk Modeli 3*_{DVM,LR,NB} (Doğruluk=0.87), dördüncü soru için *Topluluk Modeli 4*_{ÇKA,DVM,RO} (Doğruluk=0.86), beşinci soru için *Topluluk Modeli 5*_{k-EYK,GA,LR} (Doğruluk=0.86.86), altıncı soru için *Topluluk Modeli 6*_{GA,k-EYK,DVM} (Doğruluk=0.85), yedinci soru için *Topluluk Modeli 7*_{NB,GA,RO} (Doğruluk=0.84), sekizinci soru için *Topluluk Modeli 8*_{RO,DVM,ÇKA} (Doğruluk=0.82), dokuzuncu soru için *Topluluk Modeli 9*_{k-EYK,ÇKA,LR} (Doğruluk=0.81) ve onuncu soru için *Topluluk Modeli 10*_{GA,ÇKA,LR} (Doğruluk=0.83) olduğu hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi topluluk modelleri, tek bir modelin performansından daha iyi sonuçlar üretebilir. Bunun nedeninin topluluk modellerinin farklı modellerin hatalarını birbirini dengeleyecek şekilde birleştirerek genel hata oranını düşürmesinden kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanabilir. Bu yorumu Iqball ve Wani'nin (2023) çalışmaları destekler niteliktedir. Ayrıca tek bir modelin, eğitim verisine aşırı uyum sağlayarak genel performansı düşürebileceği öngörülmektedir. Buna karşın topluluk modellerinin, farklı modellerin sonuçlarını birleştirerek bu riski azaltabileceği ve daha genelleştirilebilir tahminler üretebileceği düşünülmektedir. Bu öngörü ve düşünceleri bazı benzer çalışmalarda ortaya çıkan sonuçlar desteklemektedir (Elden vd., 2013; Knaus, 2021; Tarik vd., 2021).

Her bir soru için *Topluluk Modeli* verilerine bakıldığında Doğruluk değerlerinin 0.82 ile 0.89 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Çizelge 3.24'e göre "Çok İyi" değer aralığında (Allwright, 2022; Jiao ve Du, 2016) olan bu veriler, *Topluluk Modeli*'nin yüksek doğruluk oranı ve düşük hata payı ile kavram yanlışlıklarını tahmin etmede kullanılabileceğini göstermektedir.

5.3. Üçüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma

Verilen alt problemin çözümüne yönelik sonuçlara bakıldığında YZ algoritması ile uzman değerlendirmesi arasındaki anlamlı farkı belirlemek için kapa (κ) değerine bakılmıştır. Landis ve Koch'a (1977) göre uyum gücü ($0.61 < \kappa = 0.90 < 0.80$) "neredeyse mükemmel"

olarak bulunmuştur. Bu nedenle, YZ sınıflandırıcısı ile insan uzmanı sınıflandırması arasında anlamlı bir fark olduğu ($0.05 > p = 0.00$) ve anlamlı düzeyde bir uyum gözlemlendiği sonucuna varılmıştır. Bu bulgu Göktepe Körpeoğlu ve Göktepe Yıldız'ın (2023) bulguları ile örtüşmektedir. YZ ve insan uzmanı sınıflandırması arasındaki uyumu ölçmek için κ istatistiği yapılarak çapraz referanslama gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada geliştirilen YZ destekli öğrenme stilleri belirleme sisteminin "neredeyse mükemmel" düzeyde bir başarımla göstermesi, eğitimde yapay zekâ teknolojilerinin kullanılmasının yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda pedagojik etkililiği artıran stratejik bir araç olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, YZ'nin öğrencilerin bireysel özelliklerini hızlı, güvenilir ve sistematik biçimde analiz edebilme kapasitesine sahip olduğunu; bu yolla öğretim süreçlerinin kişiselleştirilmesi, öğrenme engellerinin önceden öngörülmesi ve öğretim stratejilerinin veri temelli olarak optimize edilmesi gibi önemli kazanımlar sağladığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla YZ'nin, öğretmen kararlarını destekleyen ve farklılaştırılmış öğretimi bilimsel temele oturtan bir öğrenme analitiği aracı olarak, çağdaş eğitim ortamlarında vazgeçilmez bir bileşen hâline geldiği düşünülmektedir.

Yapay zekâ alanındaki gelişmeleri destekleyen resmî kaynaklardan biri, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan “Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı (2025–2029)”dır. Bunun yanı sıra, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın hazırladığı “On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028)”nda da yapay zekâ teknolojilerinin stratejik değerine dikkat çekilmiş ve bu alanda izlenecek hedefler belirlenmiştir. Millî Eğitim Bakanlığı, ortaöğretim kademelerinde yapay zekâ okuryazarlığını artırmak amacıyla ders programlarına yeni seçmeli dersler dahil etmiştir. Bu kapsamda ortaokul 7. ve 8. sınıflarda “Seçmeli Yapay Zekâ Uygulamaları”, lise 11. ve 12. sınıflarda ise “Seçmeli Yapay Zekâ Uygulamaları I-II” ile “Seçmeli Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi” dersleri öğrencilere sunulmaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2025). Ayrıca eylem planında YZ'nin eğitim müfredatına entegrasyonu, doğal dil işleme, öğrenme analitiği, bireyselleştirilmiş öğretim ve açık uçlu soruların otomatik değerlendirilmesine yönelik vurgular yapılmaktadır. Dolayısıyla bu çalışma belirtilen vurguları içerisinde barındırması ve uygulamada etkili sonuçlar alması bakımından önemli görülmektedir.

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te öğrenme stillerine yönelik oluşturulan kelime bulutları incelendiğinde, her bir öğrenme stiline ilişkin öne çıkan kavramların belirgin biçimde

görselleştiği görülmektedir. İşitsel öğrenme stilinde “video”, “bilgi”, “kullan” gibi sözcükler; görsel öğrenme stilinde “renk”, “görsel”, “broşür”, “şekil” gibi ifadeler; kinestetik öğrenmede ise “deney”, “yap”, “simülasyon”, “uygula” gibi kelimeler öne çıkmaktadır. Bu durum, kelime bulutlarının öğrencilerin düşünce kalıplarını, eğilimlerini ve öne çıkan kavramlarını görselleştirmede etkili bir araç olduğunu ortaya koyduğu düşünülmektedir. Bu düşünce Atenstaedt’in (2012) çalışması ile örtüşmektedir. Kelime bulutlarının, öğretmenlere öğrencilerin kavramsal yoğunluklarını analiz etmede pratik bir araç sunduğu; öğrencilerin ise kendi öğrenme eğilimlerini fark ederek daha bilinçli bir öğrenme sürecine katılmalarına katkı sağladığı söylenebilir. Ayrıca metin madenciliği ve doğal dil işleme teknikleriyle oluşturulan kelime bulutlarının, farklı öğrenme stillerine yönelik içerik tasarımında yol gösterici olarak kullanılması, öğretim materyallerinin daha kişiselleştirilmiş, dikkat çekici ve ilgi uyandırıcı biçimde hazırlanmasına imkân tanıyabilir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen YZ modelinin tahminleri ile insan uzmanı değerlendirmelerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Dolayısıyla öğrenme stillerinin otomatik olarak belirlenme sürecinde DDİ ile analiz edilen veri setinin Makine Öğrenmesi algoritmalarıyla sınıflandırılmasının başarımlı düzeyi açısından (Doğruluk=91.89) önemli bir avantaj sağlayacağı açıkça görülmüştür. Ayrıca bu araştırma ile YZ sınıflandırıcıları ve insan uzmanları tarafından yapılan sınıflandırmalar arasında önemli bir doğruluk/tutarlılık gösteren umut verici bir uyum düzeyi olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada nitel analizlerin YZ sınıflandırıcıları ile de gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Bu düşünce, DDİ uygulamaları için umut verici bir geleceğe işaret etmektedir. Bu çalışma öğretmen adaylarının öğrenme stillerini denetimsiz Makine Öğrenimi ve DDİ kullanılarak tahmin edilmesinin mümkün olduğunu gösteren bir örnek teşkil etmektedir.

YZ destekli öğrenme stilleri belirleme sistemi, farklılaştırılmış öğretim sürecinin öncesinde uygulanmasının, öğretim tasarımının öğrencilerin bireysel öğrenme profillerine daha hassas ve tutarlı biçimde uyarlanmasını mümkün kıldığı düşünülmektedir. Sistem, öğrenenlerin görsel, işitsel, kinestetik ve analitik yaklaşımlarını yüksek doğrulukla saptayarak, öğretim materyallerinin ve yöntemlerinin önceden kişiselleştirilmesini sağlamış; böylece hem kavramsal öğrenmeye yönelik bilişsel engellerin azaltılmasına hem de öğrenme motivasyonunun artmasına katkı sunmuştur. Bu bağlamda, FÖ etkili biçimde yapılandırılmasında YZ tabanlı veri analizinin, pedagojik karar süreçlerini nesnel ve bireysel farklılıklara duyarlı hâle getirdiği düşünülmektedir.

5.4. Dördüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma

Çalışmanın dördüncü alt problemine yönelik olarak 30 öğretmen adayının elektrik konusuna yönelik kavram yanlışlığı içeren cümle sayısının 249 olduğu tespit edilmiştir. Bu cümlelere bakıldığında en fazla kavram yanlışlığı ifadelerinin; birinci soruya yönelik “Seri ve paralel bağlantılar arasındaki farkın karıştırılması”, ikinci soruya yönelik “Ampermetrenin paralel bağlanması yanlışlığı”, “Voltmetrenin seri bağlanması yanlışlığı”, üçüncü soruya yönelik “Direncin yalnızca akım ve voltajla ilişkili olduğu yanlışlığı”, dördüncü soruya yönelik “Direncin sabit kaldığı yanlışlığı”, “Akımın tüketildiği yanlışlığı”, beşinci soruya yönelik “Katı, sıvı ve gazların elektrik iletkenliğinin aynı mekanizmaya dayandığı yanlışlığı”, altıncı soruya yönelik “Kısa devre olmadığı yanlışlığı”, yedinci soruya yönelik “Tüm dirençlerin eşdeğer direnç hesaplamalarında aynı şekilde hesaplandığı yanlışlığı”, sekizinci soruya yönelik “Öz direnç ve iletkenliğin tamamen bağımsız olduğu yanlışlığı”, dokuzuncu soruya yönelik “Direncin akımın gerilime oranı olduğu yanlışlığı” ve onuncu soruya yönelik “Pillerin seri veya paralel bağlanmasının her zaman aynı olacağı yanlışlığı” olduğu tespit edilmiştir. Bu kavram yanlışlıkları ve çalışma kapsamında belirlenen tüm kavram yanlışlıklarının özellikle öğrencilerin laboratuvar uygulamaları konusunda deneyimsiz olmaları, elektrik konusunun soyut olması ve öğrencilerin zihinsel modellerinin sezgisel olması gibi sebeplerden oluştuğu varsayılmaktadır. Bu varsayımlar kapsamında aynı kavram yanlışlıkları ilgili literatürle örtüşmektedir (Borges ve Gilbert, 1999; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2004; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakulah, 2007; Lee ve Law, 2001).

Bu araştırma kapsamında elde edilen bulgular, öğrencilerin elektrik konusundaki temel kavramlara ilişkin çok sayıda yaygın ve dirençli kavram yanlışlığına sahip olduklarını göstermektedir. Özellikle seri ve paralel devre bağlantılarının işleyişi, direnç, akım ve gerilim ilişkileri, ölçüm araçlarının doğru bağlanması ve yorumlanması gibi konularda öğrencilerin deneyimsel gerçeklikten uzak, sezgisel ve tutarsız zihinsel modellere dayalı açıklamalarda bulundukları belirlenmiştir. Ayrıca öz direnç, iletkenlik, eşdeğer direnç, pillerin bağlanma biçimleri ve elektriksel büyüklükler arası ilişkiler konusunda yapılan yanlış genellemeler, öğrencilerin soyut kavramları anlamlandırmakta zorlandıklarını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, elektrik konusuna yönelik kavramsal öğretimin, öğrencilerin sahip olduğu yanlış anlamaların sistemli biçimde teşhis edilerek giderilmesini hedefleyen, farklılaştırılmış öğrenme ortamlarıyla desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

5.5. Beşinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Tartışma

Çalışmanın beşinci alt problemine yönelik olarak öğretmen adaylarının son-test kavramsal öğrenme düzeyi lehine anlamlı bir farklılığın ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla kullanılan FÖ uygulamasının bu başarıyı olumlu bir yönde etkilediği düşünülmektedir. Öğretmen adaylarının son-test sonuçlarında kavramsal öğrenme düzeyleri lehine anlamlı bir farklılığın ortaya çıkması, farklılaştırılmış öğretim uygulamasının öğrenme sürecinde etkili olduğuna işaret etmektedir. Özellikle adayların ön-testte sahip oldukları kavram yanlışlarının önemli ölçüde azalması, ders sürecinde kullanılan etkinliklerin öğrencilerin bilişsel çatışma yaşamalarını sağladığını ve yeni bilgiyi yapılandırmalarına katkı sunduğunu düşündürmektedir.

Yapılan araştırmalarda bu düşüncayı doğrular niteliktedir (Leonardo vd., 2015; Ferrier, 2007; Tieso, 2005). Hatta öğretimin farklılaştırılmasının sürekli olarak olumlu sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır (McQuarrie, McRae ve Stack-Cutler, 2008). Moore’ye (2005) göre öğrenci farklılıklarını karşılamak zorlayıcıdır, çünkü bu farklılıklar öğrencinin ilgi alanları, öğrenme stilleri, gelişim düzeyi, öğrenme hızı, yetenekleri, tutumları, düzenleme yaklaşımları vb. gibi çeşitli öğrenci özellikleriyle ilişkili olabilir. Dolayısıyla çalışmamızda kullanılan “Merkezler, Kademelendirme, İstasyon ve Proje Üretimi” yöntemlerinin farklılaştırmada en fazla kullanılan yöntemler olması ve bu tez çalışmasında bu yöntemlerin bir arada kullanılması, öğretmen adaylarının gelişim düzeyi, öğrenme hızı, yetenekleri ve tutumları gibi özelliklerini bireysel öğrenme sürecinde etkili bir etken oluşturmuştur. FÖ ile akademik başarı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koyan araştırmalar (Burns, 2005; Ducey, 2011; Maxey, 2013; Tulbure, 2013; Vincent, 2012) olmasına rağmen yapılan bu çalışma ile paralellik göstererek FÖ’nün akademik başarıyı daha çok arttırdığını ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Baumgartner, Lipowski ve Rush, 2003; Chamberlin ve Powers, 2010).

Çizelge 4.8’de öğretmen adaylarının elektrik konusuna yönelik ön-test son-test uygulamaları sonucunda kavram yanlışlarındaki değişimin “büyük ölçüde azalma” ve “belirgin ölçüde azalma” kategorilerinde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla FÖ uygulamasının bu değişimi olumlu yönde etkilediği düşünülebilir. Bu düşünce ışığında FÖ uygulamalarının öğrencilerin elektrik konusundaki kavram yanlışlarını anlamlı biçimde azalttığı söylenebilir. Benzer şekilde Duit ve Treagust (2003), kavramsal öğrenmenin özellikle fen eğitiminde yanlışların

giderilmesinde önemli bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Bu durumun nedeninin, FÖ uygulamasının temelinde yer alan öğrenci merkezilik ve bireysel farklılıklara duyarlılık ilkelerden kaynaklandığı söylenebilir. FÖ, her öğrencinin ön bilgisi, öğrenme stili, hazırbulunuşluk düzeyi ve ilgisine göre öğretim sürecini yeniden yapılandırır. Elektrik gibi soyut ve kavramsal düzeyi yüksek konularda, öğrencilerin aynı öğretim yönteminden aynı biçimde faydalanmaları genellikle mümkün değildir. Ancak FÖ uygulamaları, bu farklılıkları dikkate alarak, aynı kavramı farklı yollarla (örneğin görsel, deneysel, problem temelli ya da tartışma temelli etkinliklerle) sunar. Bu çeşitlilik, öğrencilerin kavramları kendi bilişsel yapılarıyla daha anlamlı biçimde ilişkilendirmelerini sağlar; yani Ausubel'in (1968) vurguladığı “anamlı öğrenme” gerçekleşir. Bunun sonucunda, öğrenciler kavramları yalnızca ezberlemek yerine neden-sonuç ilişkileri kurarak yapılandırır, yanlış anlamalar yerini doğru kavramsal ilişkilere bırakır. Dolayısıyla ön-test ve son-test sonuçlarında görülen kavram yanlışlarındaki belirgin azalma, FÖ'nün öğrencilerin bilişsel yapısına uygun öğretim ortamı sunmasından, aktif katılımı artırmasından ve kavramları çoklu temsillerle desteklemesinden kaynaklanmaktadır. Kısacası, FÖ kavram öğretimi tetikleyerek öğrencilerin soyut elektrik kavramlarını somut, anlamlı ve kalıcı hale getirmelerini kolaylaştırmıştır.

Çalışmada geliştirilen öğrenme analitiği, öğrencilerin fen kavramlarını ifade biçimlerini “bilimsel bilgi içeren cümle”, “bilimsel olmayan/yüzeysel cümle” ve “kavram yanlışlığı içeren cümle” olarak sınıflandırarak kavramsal öğrenme düzeylerini görünür kılmıştır. Elde edilen bulgular, öğrenme analitiğinin yalnızca öğrencilerin performansını izleyen bir araç değil, aynı zamanda kavramsal öğrenme sürecini yönlendiren bilişsel bir destek sistemi olarak işlev gördüğünü göstermektedir.

Öğrenme analitiği temelli geri dönütlerin kavramsal öğrenmeye etkisi, öncelikle kavram yanlışlarının tanınması ve bilişsel çatışma oluşturulması yoluyla ortaya çıkmaktadır. Kavram yanlışları, öğrencilerin mevcut zihinsel modelleri ile bilimsel açıklamalar arasındaki tutarsızlıklardan kaynaklanır. Analitik sistem, öğrenci yanıtlarını dilsel, anlamsal ve kavramsal düzeyde inceleyerek bu tutarsızlıkları belirlemekte; ardından anında, kişiselleştirilmiş geri dönütlerle öğrencinin bilişsel yapısında yeniden yapılandırma sürecini başlatmaktadır. Bu durum, kavramsal değişim kuramının öngördüğü “mevcut bilginin yetersizliğinin fark edilmesi ve yeni kavramın açıklayıcılık açısından daha üstün görülmesi” sürecine doğrudan hizmet etmektedir.

Bulgular ayrıca öğrenme analitiğinin öğrencilerin metabilşsel farkındalığını güçlendirdiğini göstermektedir. Sistem tarafından üretilen geri dönütler, öğrencinin hangi kavramı doğru, hangisini eksik veya yanlış yapılandırıldığını somut biçimde ortaya koymaktadır. Bu durum, öğrencinin kendi öğrenme sürecini izleme, hatalarını fark etme ve yeniden düzenleme becerilerini artırarak öz düzenleyici öğrenmeyi desteklemektedir. Diğer yandan, öğrenme analitiği öğretmenlere de kanıta dayalı öğretimsel kararlar alma olanağı sunmaktadır. Öğrencilerin kavramsal yanlış örüntüleri sınıf düzeyinde analiz edildiğinde, öğretmen hangi kavramların daha fazla desteklenmesi gerektiğini veriye dayalı biçimde görebilmekte; bu da farklılaştırılmış öğretim stratejilerinin daha etkili planlanmasına zemin hazırlamaktadır. Bu yönüyle öğrenme analitiği, kavramsal öğrenmeyi yalnızca bireysel değil, öğretimsel sistem düzeyinde de dönüştüren bir mekanizma hâline gelmektedir.

Sonuç olarak, öğrenme analitiği sisteminin kavramsal öğrenme üzerindeki etkisi, üç temel düzlemde ortaya çıkmaktadır: (1) öğrencinin kavram yanlışlarını görünür kılarak bilişsel çatışmayı tetikleme, (2) metabilşsel farkındalık yoluyla öz düzenlemeyi teşvik etme, (3) öğretimsel veriler sağlayarak farklılaştırılmış öğretim uygulamalarını destekleme. Bu bulgular, öğrenme analitiğinin fen öğretiminde yalnızca ölçme ve değerlendirme aracı olarak değil, aynı zamanda kavramsal değişimi kolaylaştıran bir öğrenme ortağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasının bulguları, farklılaştırılmış öğretimin öğrenci merkezli öğrenme ortamları oluşturarak kavramsal öğrenmenin desteklediğini göstermektedir. Öğrencilerin ön bilgileri, hazır bulunuşluk düzeyleri, ilgi alanları ve öğrenme profillerine dayalı olarak yapılandırılan farklılaştırılmış öğretim süreçleri, yanlış kavramların tespitini kolaylaştırmakta ve bu kavramlara yönelik bireysel müdahalelere imkân tanımaktadır. Özellikle çoklu temsil biçimleri (görsel, işitsel ve kinestetik) ile desteklenen öğretim ortamlarında öğrencilerin alternatif kavramlarını yeniden yapılandırma eğilimlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, kavramsal değişim kuramının temel öncüllerinden olan bilişsel çelişki yaratma ve anlamlı öğrenme sürecine aktif katılım ilkeleriyle uyum göstermektedir. Sonuç olarak, farklılaştırılmış öğretim yaklaşımlarının, kavramsal öğrenmeyi sağlamada etkili bir pedagojik araç olduğu söylenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde çalışma sürecinde elde edilen her bir alt probleme yönelik sonuç ve öneriler yer almaktadır.

6.1. Birinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler

Araştırmanın birinci alt problemine ilişkin olarak elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının öğrenme stillerini sınıflandırmada ÇKA, RO ve KA algoritmalarının yüksek doğruluk oranları ortaya koyduğunu, ancak en iyi performansın %92 doğruluk oranı ile *Topluluk Modeli* tarafından sergilendiğini göstermiştir. Bu durum, tek bir algoritmaya bağlı kalmak yerine farklı algoritmaların güçlü yönlerini birleştiren topluluk modellerinin, daha güvenilir, dengeli ve genellenebilir tahminler sunma kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca F1 puanlarının, Hassaslık ve Duyarlılık değerlerinin mükemmel düzeyde olması, *Topluluk Modeli*'nin yalnızca doğru sınıflandırma oranını artırmakla kalmadığı, aynı zamanda yanlış sınıflandırma oranını da en aza indirdiği ve öğrencilerin öğrenme stillerini oldukça güvenilir bir biçimde ortaya koyduğu sonucuna varılmıştır.

Bu sonuç ışığında, öğrenme ortamlarında öğrenme stili belirleme sürecinde yalnızca tek bir algoritmanın çıktısına güvenmek yerine, farklı algoritmaların birleşiminden oluşan topluluk modellerinin kullanılması önerilmektedir. Özellikle öğretmenlerin ders öncesi süreçte bu tür yapay zekâ tabanlı sınıflandırıcıları kullanarak öğrencilerin bireysel öğrenme profillerini hızlı, nesnel ve güvenilir şekilde belirlemeleri, öğretim sürecinin daha veriye dayalı ve etkin bir şekilde planlanmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca eğitim teknolojisi geliştiricilerinin, bu tür modelleri kolay erişilebilir ve öğretmenler tarafından rahatlıkla kullanılabilir araçlar hâline getirmesi, bireyselleştirilmiş öğretim uygulamalarının yaygınlaşmasına destek sağlayacaktır.

6.2. İkinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler

Araştırmanın ikinci alt problemine ilişkin sonuçlar, yapay zekâ destekli topluluk modellerinin öğretmen adaylarının kavram yanılgılarını belirlemede tekil algoritmalara kıyasla daha güvenilir ve genellenebilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Farklı soru

türlerinde en yüksek doğruluk oranlarının topluluk modelleriyle elde edilmesi, bu yaklaşımın öğrenci yanıtlarındaki çeşitliliği, metin uzunluğu ve ifade farklılıklarını etkili biçimde yönetebildiğini ortaya koymaktadır. Doğruluk değerlerinin “çok iyi” düzeyde gerçekleşmesi, topluluk modellerinin kavramsal öğrenme araştırmalarında güçlü bir analitik araç olarak kullanılabileceğini ve kavram yanılgılarının tespitinde eğitim araştırmalarına metodolojik bir katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Kavram yanılgılarının tahminine yönelik uygulamalarda, tek bir algoritmanın sınırlılıklarını aşmak için topluluk modellerinin esas alınması önerilmektedir. Bu modeller sayesinde, farklı algoritmaların hata paylarının birbirini dengelemesi mümkün olmakta ve daha güvenilir tahminler elde edilebilmektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı ders ve farklı konularda benzer uygulamalar gerçekleştirilerek topluluk modellerinin performansı disiplinler arası bağlamda test edilebilir, ayrıca öğrenci yanıtlarının yapısal özelliklerinin (örneğin yanıt uzunluğu, cümle çeşitliliği, örneklem sayısı) model başarımı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak incelenebilir. Böylece YZ tabanlı modellerin yalnızca teknik değil, aynı zamanda pedagojik açıdan da katkı sağlayan araçlar olarak kullanılabilirliği daha geniş bir perspektifte ortaya konabilir.

Bulgular ışığında, öğretmen eğitim programlarında yapay zekâ destekli topluluk modellerinin kullanılması, öğretmen adaylarının öğrenci yanıtlarını daha objektif ve sistematik biçimde değerlendirmesini sağlayabilir. Kavramsal öğrenme odaklı öğretim tasarımlarında, topluluk modelleri ile elde edilen verilerden yararlanarak, kavram yanılgılarına yönelik hedeflenmiş müdahaleler planlanabilir. Gelecek çalışmalarda, topluluk modellerinin farklı disiplinlerde ve çeşitli öğrenci seviyelerinde uygulanabilirliği incelenerek, modelin genellenebilirliği ve esnekliği artırılabilir. Eğitimde öğrenme analitiği uygulamalarının, öğretmenlerin geribildirim verme süreçlerini destekleyecek biçimde entegre edilmesi, kavramsal öğrenmenin kalıcılığını ve öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini güçlendirebilir. Sonuç olarak, yapay zekâ destekli topluluk modelleri, öğretmenlerin kavram yanılgılarını tespit etme sürecini hem güçlendiren hem de standardize eden bir araç olarak değerlendirilebilir. Bu yaklaşım, kavramsal öğrenme araştırmalarında metodolojik bir yenilik sunmakta ve eğitimde veri temelli karar alma süreçlerini desteklemektedir.

2024 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı, dijital teknolojilerden yararlanılmasını ön görerek, dijital dönüşümün eğitim sürecine entegrasyonunu desteklemektedir (MEB, 2025). Bu yaklaşım, yapay zekâ ve dijital araçların kullanımıyla öğrenme sürecinin farklılaştırılmasına olanak sağlar. Ayrıca, farklı öğrenme stillerine uygun içerik ve etkinliklerin benimsenmesi için esnek ve kapsayıcı bir ortam yaratır. Sonuç olarak, bu öğretim programı; yapay zekânın bu çalışmaya entegre edilmesi bakımından program vizyonu ile uyum içindedir.

6.3. Üçüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler

Üçüncü alt problemde elde edilen sonuçlar, yapay zekâ sınıflandırıcılarının nitel veri analizlerinde insan uzmanlarıyla yüksek düzeyde tutarlılık gösterebildiğini ortaya koymuştur. Bu durum, YZ algoritmalarının eğitim araştırmalarında yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda güvenilir bir analitik araç olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir. Kappa değerlerinin “neredeyse mükemmel” düzeyde olması, YZ tabanlı sınıflandırma sistemlerinin uzman yargılarını büyük ölçüde doğrulayan bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca kelime bulutlarının kullanımı, öğrenme stillerine ilişkin anahtar kavramların belirginleşmesini sağlayarak sınıflandırıcıların ayırt edici gücünü desteklemiştir; kavramsal temsillerin görselleştirilmesi yoluyla öğrencilerin bilişsel farkındalıklarının artırılmasına yönelik yeni bir yaklaşım sunmuştur.

Bu sonuçlar doğrultusunda, nitel araştırmalarda YZ sınıflandırıcılarının uzman değerlendirmelerini tamamlayıcı bir araç olarak kullanılması önerilmektedir. Özellikle büyük hacimli nitel veri setlerinin analizinde, yapay zekâ destekli sınıflandırmalar araştırmacılara hız, nesnellik ve güvenilirlik kazandırabilir. Ayrıca bu tür araçların öğretim tasarımlarına entegrasyonu sağlanarak öğretmen karar süreçlerinin daha veriye dayalı, nesnel ve bireysel farklılıklara duyarlı hâle getirilmesi mümkündür. İleride yapılacak araştırmalarda, derin öğrenme ve doğal dil işleme tabanlı daha gelişmiş modellerin bu bağlamda performansları test edilmeli ve YZ ile insan uzmanı arasındaki etkileşimin öğretim süreçlerine nasıl katkı sağlayabileceği detaylı olarak araştırılabilir.

6.4. Dördüncü Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler

Dördüncü alt problem kapsamında öğretmen adaylarının elektrik konusuna ilişkin temel kavramlarda çok sayıda kavram yanlışlığına sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle seri ve paralel bağlantılar arasındaki farkın karıştırılması, ölçüm araçlarının yanlış bağlanması, direnç, akım ve gerilim ilişkilerinin yanlış yorumlanması gibi kavram yanlışlıkları dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra öz direnç, iletkenlik ve eşdeğer direnç konularında yapılan hatalı genellemeler, öğrencilerin soyut kavramları anlamlandırmada güçlük yaşadıkları anlaşılmıştır. Bu sonuçlar, öğrencilerin zihinsel modellerinin çoğunlukla sezgisel, parçalı ve deneyimsel gerçeklikten uzak olduğunu, dolayısıyla öğretim süreçlerinde bu yanlış anlamaların özel olarak hedeflenmesi gerektiğini göstermektedir.

Elektrik konularının öğretiminde kavram yanlışlıklarını teşhis etmeyi ve gidermeyi amaçlayan sistematik yaklaşımlar kullanılmalıdır. Öğrencilere deneysel uygulamalar, bilgisayar destekli simülasyonlar ve çoklu temsiller aracılığıyla farklı bakış açıları sunulmalı, böylece onların mevcut zihinsel modellerini test etme ve yeniden yapılandırma imkânı sağlanmalıdır. Ayrıca kavram yanlışlıklarının erken dönemde tespit edilmesi için yapay zekâ tabanlı tanı sistemlerinin öğretmen eğitimine entegre edilmesi önerilmektedir. Bu sayede öğretmenler, öğrencilerin yanlış anlamalarını hızlıca tespit ederek öğretim sürecinde daha hedeflenmiş ve etkili müdahaleler gerçekleştirebilecektir.

6.5. Beşinci Alt Problemin Bulgularına Yönelik Sonuç ve Öneriler

Beşinci alt problem kapsamında FÖ uygulamalarının öğretmen adaylarının kavram yanlışlıklarını büyük ölçüde azalttığı ve kavramsal öğrenme düzeyini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Özellikle seri-paralel devreler, direnç ve ölçüm araçlarına yönelik yanlış anlamalarda belirgin düşüşler gözlenmiştir. Bu durum, kavramsal değişim kuramının öngördüğü bilişsel çelişki yaratma ve alternatif kavramları yeniden yapılandırma süreçlerinin, FÖ uygulamaları ile etkili biçimde desteklendiği sonucunu ortaya koymuştur. Ayrıca kullanılan Merkezler, İstasyon, Kademelendirme ve Proje Üretimi temelli yöntemlerin birlikte uygulanması, öğrenci farklılıklarının öğretim sürecine etkin biçimde yansıtılmasına imkân tanımış ve bu yolla akademik başarının yanı sıra kavramsal gelişimin de desteklendiği sonucuna varılmıştır.

Varılan sonuçlar doğrultusunda, fen öğretiminde farklılaştırılmış öğretim stratejilerinin sistematik biçimde uygulanması önerilmektedir. Öğrencilerin ilgi alanlarına, hazır bulunuşluk düzeylerine ve öğrenme profillerine göre yapılandırılmış öğrenme ortamları, kavram yanlışlarının kalıcı olarak azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Gelecek araştırmalarda farklılaştırılmış öğretimin uzun vadeli öğrenme çıktıları üzerindeki etkileri incelenmeli, ayrıca motivasyon, problem çözme becerileri ve bilimsel süreç becerileri gibi farklı boyutlarda da değerlendirmeler yapılmalıdır. Bu sayede farklılaştırılmış öğretim yaklaşımlarının fen eğitimindeki kapsamlı etkileri daha net biçimde ortaya konabilecektir. Çalışmada, öğrenme analitiğinin kavramsal öğrenme sürecine olan etkisini incelemiş ve analitik temelli geri dönütlerin öğrencilerin kavramsal yapılarını dönüştürmede önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, öğrenme analitiği sistemlerinin yalnızca öğrenci yanıtlarını sınıflandırmakla kalmadığını, aynı zamanda öğrencinin bilişsel süreçlerini görünür hâle getirerek kavramsal değişimi destekleyen bir öğrenme ekosistemi oluşturduğunu göstermektedir.

Sonuçlar, öğrenme analitiğinin kavramsal öğrenmeye üç temel yolla katkı sunduğunu göstermektedir. Birincisi, sistemin öğrencilerin kavram yanlışlarını erken tanımlayabilmesi, öğretmenlere ve öğrencilere hedeflenmiş geri dönütler sunarak kavramsal hataların fark edilmesini sağlamaktadır. Bu durum, öğrencinin mevcut bilgi yapısının yetersizliğini fark etmesine ve bilimsel bilgiyle bilişsel çatışma yaşamasına zemin hazırlamaktadır. İkincisi, analitik verilerle desteklenen geri dönütler, öğrencinin metabilişsel farkındalığını artırmakta; bireyin kendi düşünme süreçlerini izlemesine ve öğrenmesini düzenlemesine yardımcı olmaktadır. Üçüncüsü, öğrenme analitiği sistemleri öğretmene kanıta dayalı öğretimsel kararlar alma olanağı sunmakta; böylece öğretim süreci veriye dayalı biçimde farklılaştırılabilmektedir.

Bu bulgular ışığında, öğrenme analitiği sistemlerinin fen öğretiminde yalnızca değerlendirme aracı olarak değil, aynı zamanda kavramsal öğrenmeyi teşvik eden dinamik bir öğrenme ortamı olarak tasarlanması önerilmektedir. Özellikle kavram yanlışlarının sık görüldüğü soyut konularda (örneğin elektrik, madde, enerji dönüşümleri) analitik geri dönütlerin etkin biçimde kullanılması, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini ve kavramsal anlama düzeylerini artırabilir. Ayrıca, öğrenme analitiği araçlarının öğretmen eğitim programlarına entegre edilmesi, öğretmen adaylarının öğrenci verisini yorumlama, kavramsal hataları belirleme ve hedefli öğretim stratejileri geliştirme becerilerini

güçlendirecektir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, öğrenme analitiği tabanlı sistemlerin uzun vadede kavramsal kalıcılığa, transfer becerisine ve bilimsel düşünme alışkanlıklarının gelişimine etkisinin incelenmesi önerilmektedir. Bunun yanında, nitel veri analitiği yaklaşımlarından olan doğal dil işleme ve anlam ağı analizi kavramsal öğrenmenin derin yapılarını modellemede nasıl kullanılabileceği üzerine çalışmalar yapılması, alana önemli katkılar sağlayacaktır. Sonuç olarak, öğrenme analitiği uygulamaları, kavramsal öğrenmenin bilişsel temellerini veriyle buluşturan yenilikçi bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Bu yönüyle öğrenme analitiği, öğrencinin öğrenme sürecine yalnızca tanık olan değil, öğrenmeyi yönlendiren aktif bir bileşen hâline gelmiştir.



KAYNAKLAR

- Acheampong, F. A., Nunoo-Mensah, H. and Chen, W. (2021). Transformer models for text-based emotion detection: A review of BERT-based approaches. *Artificial Intelligence Review*, 54(8), 1-41.
- Ahmad, N. B. H. and Shamsuddin, S. M. (2010, November). A comparative analysis of mining techniques for automatic detection of student's learning style, *10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, Cairo, Egypt, 877-882.
- Akçayır, İ. (2025). *Farklılaştırılmış Öğretim Stratejisi Olarak Kullanılan Dijital Öykü Kartlarının Öğrenme Güçlüğü ve Üstün Zekâlı Öğrencilerin Öykü Yazma Becerilerine Etkisi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alam, K. S., Bhowmik, S. and Prosun, P. R. K. (2021, February). Cyberbullying detection: an ensemble based machine-learning approach, *third international conference on intelligent communication technologies and virtual mobile networks (ICICV)*, Tirunelveli, India, 710-715.
- Algozzine, B. and Anderson, K. M. (2007). Tips for teaching: Differentiating instruction to include all students. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 51(3), 49-54.
- Alkhuraiji, S., Cheetham, B. and Bamasak, O. (2011, July). Dynamic adaptive mechanism in learning management system based on learning styles, *11th International Conference on Advanced Learning Technologies*, Athens, GA, USA, 215-217.
- Alonso-Fernández, C., Calvo-Morata, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I. and Fernández-Manjón, B. (2019). Applications of data science to game learning analytics data: A systematic literature review. *Computers & Education*, 141, 103612.
- Altıntaş, E. (2014). *Üstün Zekâlı Öğrenciler İçin Yeni Bir Farklılaştırma Yaklaşımının Geliştirilmesi ve Matematik Öğretiminde Uygulanması*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anderson, T. and Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- Ang, K. L. M., Ge, F. L. and Seng, K. P. (2020). Big educational data & analytics: Survey, architecture and challenges. *IEEE Access*, 8, 116392-116414.
- Ardenlid, F., Lundqvist, J. and Sund, L. (2025). A scoping review and thematic analysis of differentiated instruction practices: How teachers foster inclusive classrooms for all students, including gifted students. *International Journal of Educational Research Open*, 8, 100439.

- Arshad, A., Jabeen, M., Ubaid, S., Raza, A., Abualigah, L., Aldiabat, K. and Jia, H. (2023). A novel ensemble method for enhancing Internet of Things device security against botnet attacks. *Decision Analytics Journal*, 8, 100307.
- Asselman, A., Khaldi, M. and Aammou, S. (2023). Enhancing the prediction of student performance based on the machine learning XGBoost algorithm. *Interactive Learning Environments*, 31(6), 3360-3379.
- Atenstaedt, R. (2012). Word Cloud analysis of the BJGP. *British Journal of General Practice*, 62 (596), 148.
- Ateş, S. ve Karaçam, S. (2008). Cinsiyetin farklı ölçme teknikleri kullanılarak ölçülen hareket ve hareket yasaları konularındaki kavramsal bilgi düzeyine etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(1), 39-59.
- Aung, Z. H., Sanium, S., Songsaksuppachok, C., Kusakunniran, W., Precharattana, M., Chuechote, S., ... and Ritthipravat, P. (2022). Designing a novel teaching platform for AI: A case study in a Thai school context. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(6), 1714-1729.
- Ausubel, D. P. (1968). Facilitating meaningful verbal learning in the classroom. *The Arithmetic Teacher*, 15(2), 126-132.
- Avcı, Ö., Çelik, H. ve Bayram, K. (2022). Farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının ortaokul öğrencilerin elektrik ünitesindeki başarıları ve girişimcilik becerisi üzerinde etkisi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 5(3), 278-297.
- Aydın, S. ve Özkul, A. E. (2015). Veri madenciliği ve Anadolu üniversitesi açıköğretim sisteminde bir uygulama. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 36-44.
- Azzi, I., Jeghal, A., Radouane, A., Yahyaouy, A. and Tairi, H. (2020). A robust classification to predict learning styles in adaptive E-learning systems. *Education and Information Technologies*, 25, 437-448.
- Badgett, L. (2015). *The Use of Differentiated Instruction Methods in Math and Science Classes, With Diverse Middle School Learners*, Unpublished Doctoral Thesis, Grand Canyon University, Arizona.
- Bağrıyanık, H. M. (2020). *Farklılaştırılmış Öğretimin Doğrusal Denklemler Konusunda Akademik Başarıya, Öz-Düzenleme Stratejilerine, Motivasyonel İnançlara ve Üstbiliş Farkındalıklara Etkisi*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Bearne, E. (2006). *Differentiation and Diversity in the Primary School*. Canada: Routledge.
- Belç, Y. (2010). *Farklılaştırılmış Öğretim Ortamının Sınıf Yönetimine ve Öğrencilerin Akademik Başarısına Etkisi*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

- Beloshitskii, A. V. and Dushkin, A. V. (2005). An experiment in differentiated instruction in a higher technical education institution. *Russian Education and Society*, 47(9), 54-61.
- Berland, M., Davis, D. and Smith, C. P. (2015). Amoeba: Designing for collaboration in computer science classrooms through live learning analytics. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10, 425–447.
- Bernard, J., Chang, T. W., Popescu, E. and Graf, S. (2017). Learning style Identifier: Improving the precision of learning style identification through computational intelligence algorithms. *Expert Systems with Applications*, 75, 94-108.
- Belar, V. G., Babu, B., Asghar, A., Prathap, B. R. and Reddy, V. (2024). From text to action: NLP techniques for washing machine manual processing. *Procedia Computer Science*, 235, 1903-1919.
- Bishop, C. M. and Nasrabadi, N. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning* (4th edition). New York: Springer.
- Bisong, E. (2019). The Multilayer Perceptron (MLP). In: *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform*. Apress, Berkeley, CA.
- Black, A., Lawson, H. And Norwich, B. (2019). Lesson planning for diversity. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 19(2), 115–125.
- Bondie, R. S., Dahnke, C. and Zusho, A. (2019). How does changing “one-size-fits-all” to differentiated instruction affect teaching?. *Review of Research in Education*, 43(1), 336-362.
- Bondley, D. (2011). *How will differentiated instruction affect student learning?*. Master’s thesis. Minot State University, USA.
- Borges, A. T. and Gilbert, J.K. (1999). Mental Models of Electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.
- Boser, B. E., Guyon, I. M. and Vapnik, V. N. (1992, July). A training algorithm for optimal margin classifiers, *Proceedings of the fifth annual workshop on Computational learning theory*, Pittsburgh Pennsylvania USA, 144-152.
- Boticki, I., Akçapınar, G. and Ogata, H. (2019). E-book user modelling through learning analytics: The case of learner engagement and reading styles. *Interactive Learning Environments*, 27(5–6), 754–765.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer Science & Business Media.
- Braun, V. and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.

- Braun, V. and Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589-597.
- Breiman, L. (1996). Bagging Predictors. *Machine Learning*, 24, 123–140.
- Brennen, R. L. and Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687-699.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Buluş, B. and Elmas, R. (2024). The use of artificial intelligence applications as alternative tools in chemistry education, *Journal of Turkish Chemical Society Section C: Chemistry Education (JOTCSC)*, 9(1), 1–28.
- Burns, J. P. (2005). *An Analysis of the Implementation of Differentiated Instruction in a Middle School and High School and The Effects of Implementation on Curriculum Content and Student Achievement*, Unpublished Doctoral Thesis, Seton Hall University, New Jersey.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2018). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (25. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Byrnes, J. (1996). *Cognitive development and learning in instructional contexts*. Boston: Allyn and Bacon.
- Caravita, S. and Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 89–111.
- Carmona, C., Castillo, G. and Millán, E. (2008, July). Designing a dynamic bayesian network for modeling students' learning styles, *eighth IEEE international conference on advanced learning technologies*, Santander, Spain, 346-350.
- Carver, C. A., Howard, R. A. and Lane, W. D. (1999). Enhancing student learning through hypermedia courseware and incorporation of student learning styles. *IEEE Transactions on Education*, 42(1), 33-38.
- Caymaz, B. (2020). Türkiye’de elektrik konusuyla ilgili fen eğitimi alanında yapılan tez çalışmalarının içerik analizi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(2), 701-718.
- Cha, H. J., Kim, Y. S., Park, S. H., Yoon, T. B., Jung, Y. M. and Lee, J. -H. (2006, June). Learning styles diagnosis based on user interface behaviors for the customization of learning interfaces in an intelligent tutoring system, *Intelligent Tutoring Systems: 8th International Conference*, Jhongli, Taiwan, 513-524.
- Chamberlin, M. and Powers, R. (2010). The promise of differentiated instruction for enhancing the mathematical understandings of college students. *Teaching Mathematics and its Applications*, 29(3), 113-139.

- Chambers, S. K. and Andre, T. (1997). Gender, prior knowledge, interest, and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 34(2), 107-123.
- Chang, H. P., Chen, J. Y., Guo, C. J., Chen, C. C., Chang, C. Y., Lin, S. H., Su, W. J., Lain, K. D., Hsu, S. Y., Lin, J. L., Cheng, Y. T., Wang, L. S. and Tseng, Y. T. (2007). Investigating primary and secondary students' learning of physics concepts in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 465–482.
- Chang, Y. C., Kao, W. Y., Chu, C. P. and Chiu, C. H. (2009). A learning style classification mechanism for e-learning. *Computers & Education*, 53(2), 273–285.
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A. and Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16–24.
- Chatila, R., Firth-Butterflied, K., Havens, J. C. and Karachalios, K. (2017). The IEEE global initiative for ethical considerations in artificial intelligence and autonomous systems. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 24(1), 110.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U. and Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5–6), 318–331.
- Chen, X., Xie, H., Zou, D. and Hwang, G. J. (2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100002.
- Chinn, C. A. and Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1–49.
- Christou, P. A. (2023a). How to use artificial intelligence (AI) as a resource, methodological and analysis tool in qualitative research?. *Qualitative Report*, 28(7), 1968-1980.
- Christou, P. A. (2023b). How to use thematic analysis in qualitative research. *Journal of Qualitative Research in Tourism*, 3(2), 79-95.
- Chu, H.-E., Treagust, D. F. and Chandrasegaran, A. L. (2009). A stratified study of students' understanding of basic optics concepts in different contexts using two-tier multiple-choice items. *Research in Science & Technological Education*, 27(3), 253–265.
- Cicchetti, D.V. and Sparrow, S. (1981). Developing criteria for establishing interrater reliability of specific items: Application to assessment of adaptive behavior. *American Journal of Mental Deficiency*, 86(2), 127–137.
- Cobb, P., Confrey, J., Lehrer, R. and Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.

- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G. and Aiken, L. S. (2013). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3rd ed.). Routledge.
- Collins, M. and Amabile, T. (1999). Motivation and creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 297–312). New York: Cambridge University Press.
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 444–452.
- Corley, M. A. (2005). Differentiated instruction: Adjusting to the needs of all learners. *Focus on Basics*, 7 (C), 1-9.
- Cortes, C. and Vapnik, V. N. (1995). *Support Vector Networks*, *Mach. Learn.*, 20 (3), 273–297.
- Crawforth, K. (2001). *Measuring the Interrater Reliability of a Data Collection Instrument Developed to Evaluate Anesthetic Outcomes*. Unpublished Doctoral Dissertation, Wayne State University, Detroit.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*(4th ed.). London: Sage Publications Ltd.
- Creswell, J. W. and Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage.
- Cristianini, N. and Shawe-Taylor, J. (2000). *An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-Based Learning Methods*. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press.
- Crockett, K., Latham, A. and Whitton, N. (2017). On predicting learning styles in conversational intelligent tutoring systems using fuzzy decision trees. *International Journal of Human-Computer Studies*, 97, 98–115.
- Çalgıcı, G. ve Duru, M. K. (2023). Farklılaştırılmış öğretimin kütle ve ağırlık kavram yanlışlarının giderilmesine ve akademik başarıya etkisi. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 57(57), 201-225.
- Çepni, S. (2005). *Fen ve Teknoloji Öğretimi* (3.baskı), (s.184-190). Ankara: Pegem
- D’Intino, J. S. and Wang, L. (2021). Differentiated instruction: A review of teacher education practices for Canadian pre-service elementary school teachers. *Journal of Education for Teaching*, 47(5), 668-681.
- Dalhouse, D. W., Risko, V. J., Esworthy, C., Grasley, E., Kaisler, G., McIlvain, D., et al. (2009). Crossing boundaries and initiating conversation about RTI: Understanding and applying differentiated classroom instruction. *The Reading Teacher*, 63(1), 84-87.

- Davis, L. L. (1992). Instrument review: Getting the most from a panel of experts. *Applied Nursing Research*, 5, 194–197.
- Demir, S. (2013). *Farklılaştırılmış Öğretim Yöntemlerinin Öğrencilerin Akademik Başarı, Öğrenme Yaklaşımları ve Kalıcılık Puanları Üzerindeki Etkisi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirezen, M. U., Yilmaz, O. and Ince, E. (2023). New models developed for detection of misconceptions in physics with artificial intelligence. *Neural Computing and Applications*, 35(12), 9225–9251.
- DeSantis, L. and Ugarriza, D. (2000). The concept of theme as used in qualitative nursing research. *Western Journal of Nursing Research*, 22(3), 351-372.
- Deunk, M. I., Smale-Jacobse, A. E., de Boer, H., Doolaard, S. and Bosker, R. J. (2018). Effective differentiation practices: A systematic review and meta-analysis of studies on the cognitive effects of differentiation practices in primary education. *Educational Research Review*, 24, 31-54.
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K. and Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, Volume 1 (Long and Short Papers), pages 4171–4186, Minneapolis, Minnesota. Association for Computational Linguistics.
- Dierking, L. (1991). Learning theory and learning styles: An overview. *Journal of Museum Education*, 16(1), 4-6.
- Dietterich, T. G. (2002). Ensemble learning. *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, 2(1), 110-125.
- Dikmen, M. ve Tuncer, M. (2020). Öğrenme stiline dayalı eğitimin akademik başarıya etkisi. *Ege Journal of Education*, 21(1), 71-88.
- Diller, D. (2007). *Making the most of small groups: Differentiation for all*. Portland, ME: Stenhouse Publishers.
- Dinescu, L., Miron, C. and Barna, E. S. (2011). New trends: promotion of didactic methods that favour the increase of students' interest and motivation for studying physics. *Romanian Reports in Physics*, 63(2), 557-566.
- Dixon, F. A., Yssel, N., McConnell, J. M. and Hardin, T. (2014). Differentiated instruction, professional development, and teacher efficacy. *Journal for the Education of the Gifted*, 37(2), 111-127.
- Dodigovic, M. (2007). Artificial intelligence and second language learning: An efficient approach to error remediation. *Language Awareness*, 16(2), 99–113.

- Duit, R. and Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Ekinci, O. (2016). *Farklılaştırılmış Öğretim Yaklaşımının İlkokul Üçüncü Sınıf Öğrencilerinin Matematik Dersindeki Başarısına ve Tutumuna Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- El Aissaoui, O., El Alami El Madani, Y., Oughdir, L. and El Alloui, Y. (2019). A fuzzy classification approach for learning style prediction based on web mining technique in e-learning environments. *Education and Information Technologies*, 24, 1943-1959.
- El Bouchefry, K. and de Souza, R. S. (2020). Learning in big data: Introduction to machine learning. In *Knowledge discovery in big data from astronomy and earth observation* (pp. 225-249). Elsevier.
- Elden, A., Moustafa, M. A., Harb, H. M. and Emara, A. (2013). Adaboost ensemble with simple genetic algorithm for student prediction model. *International Journal of Computer Science ve Information Technology (IJCSIT)*, 5(2).
- Engelhardt, P. V. and Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Estaiteyeh, M. and DeCoito, I. (2025). Promoting STEM teacher candidates' views and understandings of differentiated instruction. *The Teacher Educator*, 60(1), 59-79.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G. and Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, 17(3), 37-37.
- Feldman, J., Monteserin, A. and Amandi, A. (2014). Automatic detection of learning styles: State of the art. *Artificial Intelligence Review*, 44, 157–186.
- Fereday, J. and Muir-Cochrane, E. (2006). Demonstrating rigor using thematic analysis: A hybrid approach of inductive and deductive coding and theme development. *International Journal of Qualitative Research*, 5(1), 80-92.
- Ferrier, A. M. (2007). *The Effects of Differentiated Instruction on Academic Achievement in a Second-Grade Science Classroom*, Unpublished Doctoral Dissertation, Walden University, Minnesota.
- Fleiss, J. L. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76(5), 378–382.
- Fleiss, J. (1981). *Statistical methods for rates and proportions* (2nd ed.). New York: John Wiley.
- Fleming, N.D. (2006). *Teaching and learning styles: VARK strategies*. Christchurch, New Zealand: ND Fleming.

- Fox, J. and Hoffman, W. (2011). *The differentiated instruction book of lists*. San Francisco: Jossey-Bass.
- García, P., Amandi, A., Schiaffino, S.N. and Campo, M.R. (2007). Evaluating bayesian networks' precision for detecting students' learning styles. *Computers & Education*, 49(3), 794–808.
- García, P., Schiaffino, S. N. and Amandi, A. (2008) An enhanced bayesian model to detect students learning styles in web-based courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(4), 305–315.
- George, P. S. (2005). A rational for differentiating instruction in the regular classroom. *Theory Into Practice*, 44(3), 185-193.
- Georgiou, D. A. and Makry, D. (2004, August). A learner's style and profile recognition via fuzzy cognitive map. In *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2004. Proceedings*, Joensuu, Finland, 36-40.
- Gheysens, E., Consuegra, E., Engels, N. and Struyven, K. (2020). Good things come to those who wait: The importance of professional development for the implementation of differentiated instruction. *Frontiers in Education*, 5, 1-14.
- Gibbs, L., Thomas, A. J., Coelho, A., Al-Qassas, A., Block, K., Meagher, N., ... and Hellard, M. (2023). Inclusion of cultural and linguistic diversity in COVID-19 public health research: research design adaptations to seek different perspectives in Victoria, Australia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2320.
- Gilbert, J. E. and Han, C. Y. (1999). Adapting instruction in search of 'a significant difference'. *Journal of Network and Computer Applications*, 22(3), 149-160.
- Ginja, T. G. and Chen, X. (2020). Teacher Educators' Perspectives and Experiences towards Differentiated Instruction. *International Journal of Instruction*, 13(4), 781-798.
- Gong, Y., Liu, G., Xue, Y., Li, R. and Meng, L. (2023). A survey on dataset quality in machine learning. *Information and Software Technology*, 162, 107268.
- Göktepe Körpeoğlu, S. and Göktepe Yıldız, S. (2023). Comparative analysis of algorithms with data mining methods for examining attitudes towards STEM fields. *Education and Information Technologies*, 28(3), 2791- 2826.
- Graf, S., Shuk, K. and Liu, T. C. (2008). Identifying learning styles in learning management systems by using indications from students' behaviour. In: *Advanced Learning Technologies. ICALT'08*. Eighth IEEE International Conference on, Santander, Spain. 482– 486.
- Graham, L. J., De Bruin, K., Lassig, C. and Spandagou, I. (2021). A scoping review of 20 years of research on differentiation: Investigating conceptualisation, characteristics, and methods used. *Review of Education*, 9(1), 161-198.

- Graham, M., Milanowski, A. and Miller, J. (2012). *Measuring and promoting inter-rater agreement of teacher and principal performance ratings*. U.S. Department of Education, Center for Educator Compensation Reform.
- Grasha, A. F. (1996). *Teaching with style: A practical guide to enhancing learning by understanding teaching and learning styles*. Pittsburgh, PA: Alliance Publishers.
- Gregory, G. H. and Chapman, C. (2002). *Differentiated instructional strategies: One size doesn't fit all*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Griful-Freixenet, J., Struyven, K., Vantieghem, W. and Gheysens, E. (2020). Exploring the interrelationship between Universal Design for Learning (UDL) and Differentiated Instruction (DI): A systematic review. *Educational Research Review*, 29, 100306.
- Guna, B. W. K., Yuwantiningrum, S. E., Firmansyah, S, M. D. A. and Aslan. (2024). Building morality and ethics through islamic religious education in schools. *International Journal of Graduate of Islamic Education*, 5(1), 14–24.
- Hall, T., Strangman, N. and Meyer, A. (2003). *Differentiated instruction and implications for UDL implementation*. National Center on Accessing the General Curriculum.
- Han, J., Pei, J. and Tong, H. (2022). *Data mining: concepts and techniques*. Morgan kaufmann.
- Hanafi, Y., Murtadho, N., Ikhsan, M. A. and Diyana, T. H. (2020). Reinforcing public university student's worship education by developing and implementing mobile-learning management system in the ADDIE instructional design model. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(2), 215-241.
- Hasibuan, M. S., Nugroho, L. E. and Santosa, P. I. (2019). Model detecting learning styles with artificial neural network. *Journal of Technology and Science Education*, 9(1), 85-95.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge.
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines*, 3/E. Pearson Education India.
- Hellings, J. and Haelermans, C. (2022). The effect of providing learning analytics on student behaviour and performance in programming: A randomised controlled experiment. *Higher Education*, 83, 1–18.
- Hidayat, L. E., Basthomi, Y. and Afrilyasanti, R. (2024). Exploring secondary school teachers' creativity in differentiated instruction (DI) practices across Indonesian EFL classrooms. *Thinking Skills and Creativity*, 53, 101620.
- Hmedna, B., El Mezouary, A., Baz, O. and Mammass, D. (2016, September). A machine learning approach to identify and track learning styles in MOOCs. In *2016 5th International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)* (pp. 212-216). IEEE.

- Hmedna, B., El Mezouary, A., Baz, O. and Mammass, D. (2017). Identifying and tracking learning styles in MOOCs: A neural networks approach. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 520(2), 125–134.
- Hosni, M., García-Mateos, G., Carrillo-de-Gea, J. M., Idri, A. and Fernandez-Aleman, J. L. (2020). A mapping study of ensemble classification methods in lung cancer decision support systems. *Medical & Biological Engineering & Computing*. 58, 2177–2193.
- Hossin, M. and Sulaiman, M. N. (2015). A review on evaluation metrics for data classification evaluations. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, 5(2), 1-11.
- Howell, K. E. (2012). *An Introduction to the Philosophy of Methodology*. Sage, Thousand Oaks, CA.
- Huang, S. P. (2018). Effects of using artificial intelligence teaching system for environmental education on environmental knowledge and attitude. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), 3277–3284.
- Huang, X. and Qiao, C. (2024). Enhancing computational thinking skills through artificial intelligence education at a STEAM high school. *Science & Education*, 33(2), 383-403.
- Humphry, T. and Fuller, A. L. (2023). Potential ChatGPT use in undergraduate chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1434-1436.
- Iqball, T. and Wani, M. A. (2023). Weighted ensemble model for image classification. *International Journal of Information Technology*, 15(2), 557–564.
- İnternet: Allwright, S. (2022, May 14). *What is a good accuracy score in machine learning?* URL: <http://www.apa.org/monitor/dec99/ss9.html>. Son Erişim Tarihi: 10.02. 2025.
- İnternet: Baumgartner, T., Lipowski, M.B. and Rush, C. (2003). *Increasing reading achievement of primary and middle school students through differentiated instruction*. URL: <https://www.eric.ed.gov/?id=ED479203>. Son Erişim Tarihi: 10.03. 2025.
- İnternet: Ducey, M. N. (2011). Improving Secondary Science Education Through the Implementation of Differentiated Instruction. *Electronic Theses and Dissertations*, 275. The University of Memphis. URL: <https://digitalcommons.memphis.edu/etd/275>. Son Erişim Tarihi: 08.08. 2024.
- İnternet: Fatahi, S., Moradi, H. and Farmad, E. (2015). Behavioral feature extraction to determine learning styles in e-learning environments. *International Association for Development of The Information Society*, 66-72. URL: <http://www.iadisportal.org>. Son Erişim Tarihi: 12.07. 2025.
- İnternet: Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2025). *Eğitimde yapay zekâ politika belgesi ve eylem planı (2025-2029)*. Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü, Ankara. URL: <https://yegitek.meb.gov.tr>. Son Erişim Tarihi: 22.08. 2025.

- Jaakkola, T. and Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24, 271–283.
- Jager, L., Denessen, E., Cillessen, A. and Meijer, P. C. (2022). Capturing instructional differentiation in educational research: investigating opportunities and challenges. *Educational Research*, 64(2), 224-241.
- Jaques, D. and Salmon, G. (2006). *Learning in groups: A handbook for face-to-face and online environments*. London: Routledge.
- Jarnawi, M., Haeruddin, H., Werdhiana, I. K., Syamsuriwal, S. and Mu'aziyah, S. E. S. (2025). Integrating thinking styles into differentiated instruction: enhancing learning outcomes in science education. *Integrated Science Education Journal*, 6(1), 47-53.
- Jiao, Y. and Du, P. (2016). Performance measures in evaluating machine learning based bioinformatics predictors for classifications. *Quantitative Biology*, 4, 320-330.
- Johnsen, S. (2003). Adapting instruction with heterogenous groups. *Gifted Child Today*, 26(3), 5-6.
- Johnson, E. (2010). *Improving Students' Academic Achievement Through Differentiated Instruction*. Doctoral Thesis, Walden University, Minnesota.
- Kaplan, A. and Haenlein, M. (2019). Siri, siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15–25.
- Kaplan, M. (2016). *Farklılaştırılmış Öğretim Yöntemi ile İşlenen Fen Bilimleri Dersi 7. Sınıf Kuvvet ve Hareket Ünitesinin Öğrencilerin Kavramsal Anlamalarına, Bilimsel Süreç Becerilerine ve Akademik Başarılarına Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kapusnick, R. A. and Hauslein, C. M. (2001). The 'Silver Cup' of differentiated instruction. *Kappa Delta Pi Record*, 3(4), 156-159.
- Karakuş, S. (2019). *Fen Bilimleri Dersinde Kavram Karikatürü Kullanmanın 7.Sınıf Öğrencilerinin Kütle-Ağırlık Konusundaki Kavram Yanılgılarına Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karamustafaoğlu, O. and Pektaş, H. M. (2023). Developing students' creative problem solving skills with inquiry-based STEM activity in an out-of-school learning environment. *Education and Information Technologies*, 28(6), 7651-7669.
- Karamustafaoğlu, O., Şeker, Ş., Şahin, H. ve Denizli, Z. (2016). Ortaokul öğrencilerinin öğrenme stillerinin farklı değişkenlerle incelenmesi. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(1), 51-68.

- Karip, F. (2016). *Farklılaştırılmış Görsel Sanatlar Öğretiminin 7. Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarı, Tutum ve Çalışmalarına Etkisi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kariyapperuma, K. R. S. N., Banujan, K., Wijeratna, P. M. A. K. and Kumara, B. T. G. S. (2022 October). Classification of Covid19 vaccine-related tweets using deep learning. In *2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI)*, Sakhr, Bahrain, 1-5.
- Karmani, P., Chandio, A. A., Korejo, I. A. and Chandio, M. S. (2019, October). A review of machine learning for healthcare informatics specifically tuberculosis disease diagnostics. In *Intelligent Technologies and Applications: First International Conference, INTAP 2018, Bahawalpur, Pakistan, October 23-25, 2018, Revised Selected Papers 1* (pp. 50-61). Springer Singapore.
- Karpudewan, M. and Mohd Ali Khan, N. S. (2017). Experiential-based climate change education: Fostering students' knowledge and motivation towards the environment. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 26(3), 207-222.
- Kärrqvist, C. (1985). The development of concepts by means of dialogues centered on experiments. In R. Duit & W. Jung (Eds.), *Proceedings of an international workshop: Aspects of understanding electricity* (pp. 215–227). Ludwigsburgh, Germany.
- Kauffman, J. M., Mock, D. R., Tankersley, M. and Landrum, T. J. (2008). Effective service delivery models. In R. J. Morris, & N. Mather (Eds.), *Evidence-based interventions for students with learning and behavioral challenges* (pp. 359–378). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kelly, D. and Tangney, B. (2006). Adapting to intelligence profile in an adaptive educational system. *Interacting with Computers*, 18(3), 385–409.
- Kendeou, P., Braasch, J. L. G. and Bråten, I. (2015). Optimizing conditions for learning: Situating refutations in epistemic cognition. *The Journal of Experimental Education*, 84(2), 245–263.
- Kesgin, H. T. and Amasyali, M. F. (2024). Advancing NLP models with strategic text augmentation: A comprehensive study of augmentation methods and curriculum strategies. *Natural Language Processing Journal*, 7, 100071.
- Khurana, D., Koli, A., Khatter, K. and Singh, S. (2023). Natural language processing: state of the art, current trends and challenges. *Multimedia Tools and Applications*, 82, 3713–3744.
- Khwanda, M. N. and Kriek, J. (2020, April). An evaluation of student's understanding of DC circuit concepts through students' written explanations. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1512, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Kiangala, S. K. and Wang, Z. (2021). An effective adaptive customization framework for small manufacturing plants using extreme gradient boosting-XGBoost and random

- forest ensemble learning algorithms in an Industry 4.0 environment. *Machine Learning with Applications*, 4, 100024.
- King, N. (2004). Using templates in the thematic analysis of text. In C. Cassell & G. Symon (Eds.), *Essential guide to qualitative methods in organizational research* (pp. 257–270). UK: Sage.
- 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.
- Koeze, P. A. (2007). *Differentiated Instruction: The Effect On Student Achievement In An Elementary School*, Unpublished Doctoral Thesis, Eastern Michigan University, Michigan.
- Kohavi, R. (1995, 20-25 August). A Study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, (2), Montreal, 1137-1145.
- Kolb, D. A. (1981). Learning Styles and DiSciplinary Differences, in *The Modern American College*, (Ed.) A.W. Chickering and Associates, 232-255, San Francisco: Jossey-Bass.
- Kolekar, S. V., Sanjeevi, S. G. and Bormane, D. S. (2010, December). Learning style recognition using artificial neural network for adaptive user interface in e-learning. In *2010 IEEE International conference on computational intelligence and computing research* (pp. 1-5). Coimbatore, India.
- Komba, A. and Shukia, R. (2023). *An Analysis of the Basic Education Curriculum in Tanzania: The Integration*. Scope, and Sequence of 21st Century Skills.
- Kose, U. and Arslan, A. (2017). Optimization of self-learning in computer engineering courses: An intelligent software system supported by artificial neural network and vortex optimization algorithm. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(1), 142–156.
- Kotsiantis, S., Pierrakeas, C. and Pintelas, P. (2004). Predicting students' performance in distance learning using machine learning techniques. *Applied Artificial Intelligence*, 18(5), 411–426.
- Kökver, Y., Pektaş, H. M. and Çelik, H. (2025). Artificial intelligence applications in education: Natural language processing in detecting misconceptions. *Education and Information Technologies*, 30(3), 3035-3066.
- Krishan, I. Q. and Al-rsa'i, M. S. (2023). The effect of technology-oriented differentiated instruction on motivation to learn science. *International Journal of Instruction*, 16(1), 961-982.
- Kuczmann, I. (2017, December). The structure of knowledge and students' misconceptions in physics. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1916, No. 1). AIP Publishing.

- Küçüközer, H. (2004). *Yapılandırmacı Öğrenme Kuramına Dayalı Olarak Geliştirilen Öğretim Modelinin Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Basit Elektrik Devrelerine İlişkin Kavramsal Anlamalarına Etkisi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Küçüközer, H. and Demirci, N. (2005). High School Physics Teachers' Forms of Thought about Simple Electric Circuits. *23th International Physics Congress*, Muğla Üniversitesi.
- Küçüközer, H. and Kocakulah, S. (2007). Secondary school students' misconceptions about simple electric circuits. *Journal of Turkish Science Education*, 4(1), 101-115.
- Kwabena, A. E., Wiafe, O. B., John, B. D., Bernard, A. and Boateng, F. A. (2023). An automated method for developing search strategies for systematic review using Natural Language Processing (NLP). *MethodsX*, 10, 101935.
- Landis, J. R. and Koch, G. G. (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, 33(2), 363-374.
- Langelaan, B. N., Gaikhorst, L., Smets, W. and Oostdam, R. J. (2024). Differentiating instruction: Understanding the key elements for successful teacher preparation and development. *Teaching and Teacher Education*, 140, 104464.
- Lee, Y. and Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education*, 23, 2 111-149.
- Leonardo, R., Nivera, G. and Reyes, A. (2015). Effects of differentiated learning on college students' achievement in and attitude towards trigonometry. *The Normal Lights*, 9(1), 119-133.
- Lincoln, Y. S. and Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Liu, C., Hou, J., Tu, Y. F., Wang, Y. and Hwang, G. J. (2021). Incorporating a reflective thinking promoting mechanism into artificial intelligence-supported English writing environments. *Interactive Learning Environments*, 31(9), 5614-5632.
- Liyanage, M. P. P., Gunawardena K. S. L. and Hirakawa, M. (2016). Detecting learning styles in learning management systems using data mining. *Journal of Information Processing*, 24(4), 740-749.
- Lo, J. J. and Shu, P. C. (2005). Identification of learning styles online by observing learners' browsing behaviour through a neural network. *British Journal of Educational Technology*, 36(1), 43-55.
- Lohr, L. (1998). Using ADDIE to design a web-based training interface. *Paper presented at the SITE 98: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, Washington, 452-455.

- Long, L. and Zeng, X. (2022). *Beginning Deep Learning with TensorFlow: Work with Keras, MNIST Data Sets, and Advanced Neural Networks*.
- Luster, R. J. (2008). *A Quantitative Study Investigating the Effects of Whole-Class and Differentiated Instruction on Student Achievement*, Unpublished Doctoral Thesis, Walden University, Minnesota.
- Lynn, M.R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35(6), 382–386.
- Maaliw III, R. R. (2016). Classification of learning styles in virtual learning environment using data mining: A basis for adaptive course design. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(7), 56-61.
- Magliaro, S. G. and Shambaugh, N. (2006). Student models of instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 54, 83-106.
- Malacapay, M. C. (2019). Differentiated instruction in relation to pupils' learning style. *International Journal of Instruction*, 12(4), 625-638.
- Mangaroska, K. and Giannakos, M. (2018). Learning analytics for learning design: A systematic literature review of analytics-driven design to enhance learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(4), 516–534.
- Manocha, A. and Narang, D. (2004). Concept development status of rural preschoolers. *Journal of Human Ecology*, 16(2), 113-118.
- Manuel, B. (1974). *How to build a learning station: Everything a teacher should know*. Chelmsford, MA: Merrimac Education Center.
- Márquez, I. N., Rodríguez, L. F., Lugo, G. S., Castro, L. A. and Kono, M. D. (2015). A framework for automatic identification of learning styles in learning management systems. *Research in Computing Science*, 106, 59-68.
- Martin, T. and Sherin, B. (2013). Learning analytics and computational techniques for detecting and evaluating patterns in learning: An introduction to the special issue. *Journal of the Learning Sciences*, 22(4), 511-520.
- Mathurin, C. V. (2018). *An Examination of the Use of Differentiated Instruction in Mathematics Classes: A Single Case Study*, Unpublished Doctoral Thesis, Northcentral University, Arizona.
- Matsko, K. K., Ronfeldt, M. and Nolan, H. G. (2022). How different are they? Comparing teacher preparation offered by traditional, alternative, and residency pathways. *Journal of Teacher Education*, 73(3), 225-239.
- Maulana, R., Smale-Jacobse, A., Helms-Lorenz, M., Chun, S. and Lee, O. (2020). Measuring differentiated instruction in The Netherlands and South Korea: Factor structure equivalence, correlates, and complexity level. *European Journal of Psychology of Education*, 35, 881-909.

- Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Second Editionth ed., pp. 43–71). New York: Cambridge University Press.
- Maxey, K. S. (2013). *Differentiated Instruction: Effects on Primary Students' Mathematics Achievement*, Unpublished Doctoral Dissertation, Northcentral University, Arizona.
- McAdamis, S. (2001). Teachers tailor their instruction to meet a variety of students' needs. *Journal of Staff Development*, 22(2), 1-5.
- McDermott, L. C. and Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994–1003.
- McGurr, M. (2008). Improving the flow of materials in a cataloging department. *Library Resources & Technical Services*, 52(2), 54-60.
- McQuarrie, L., McRae, P. and Stack-Cutler, H. (2008). *Differentiated instruction provincial research review*. Edmonton: Alberta Initiative for School Improvement.
- Miles, M. B., Huberman, A. M. and Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Mohammed, M., Khan, M. B. and Bashier, E. B. M. (2016). *Machine learning: Algorithms and applications*. Crc Press.
- Molenda, M. (2003). In search of the elusive ADDIE model. *Performance Improvement*, 42(5), 34–36.
- Montejo-Ráez, A. and Jiménez-Zafra, S. M. (2022). Current approaches and applications in natural language processing. *Applied Sciences*, 12 (4859), 1-6.
- Moore, K. D. (2005). *Effective instructional strategies: From theory to practice*. California: Sage Publicatio.
- Morrison, G. R. (2010). *Designing efective instruction* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Morrison, J. A. and Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849-867.
- Nakayama, M. and Shimizu, Y. (2003). Subject Categorization for Web Educational Resources using MLP. In *ESANN* (pp. 9-14).
- Norman, G. (2009). When will learning style go out of style? *Advances in Health Sciences Education*, 14(1), 1-4.
- Nussbaum, J. and Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11(3), 183-200.

- O'Neil-Gonzalez, K., Clobes, T. A., Mitra, M. and Kudale, A. (2023). Artificial Intelligence for Accessibility and Inclusion. In *Era of Artificial Intelligence* (pp. 1-13). Chapman and Hall/CRC.
- Osborne, R. and Freyberg, P. (1985). *Learning in science*. Hong Kong: Heinemann Education.
- Osisanwo, F. Y., Akinsola, J. E. T., Awodele, O., Hinmikaiye, J. O., Olakanmi, O. and Akinjobi, J. (2017). Supervised machine learning algorithms: classification and comparison. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 48(3), 128-138.
- Othman, N. and Amiruddin, M. H. (2010). Different perspectives of learning styles from VARK Model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 7, 652–60.
- Önder, A., Öztaş, G. S. ve Akçapınar, G. (2023). Öğrenme analitiği sürecine yönelik modellere genel bir bakış Blake: Kavramsal bir çerçeve önerisi. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi (AUAd)*, 9(1), 92–117.
- Özdemir, G. and Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 351–361.
- Özkanoğlu, Ö. (2015). *Okul Öncesi Öğretmenlerinin İlk Yıllar Programında Farklaştırılmış Öğretim Hakkında Görüş ve Uygulamaları*, Yayımlanmamış Doktora Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özmen, H. ve Karamustafaoğlu, O. (Ed.). (2019). *Eğitimde araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.
- Özpolat, E. and Akar, G. B. (2009). Automatic detection of learning styles for an e-learning system. *Computers & Education*, 53(2), 355–367.
- Pardo, A. and Siemens, G. (2014). Ethical and privacy principles for learning analytics. *British Journal of Educational Technology*, 45(3), 438–450.
- Paredes, P. and Rodriguez, P. (2004). A mixed approach to modelling learning styles in adaptive educational hypermedia. *Advanced Technology for Learning*, 1(4), 210-215.
- Park, Y. S. and Lek, S. (2016). Artificial neural networks: Multilayer perceptron for ecological modeling. *Developments in Environmental Modelling*, 28, 123-140.
- Parsons, S. A., Vaughn, M., Scales, R. Q., Gallagher, M. A., Parsons, A. W., Davis, S. G., ... and Allen, M. (2018). Teachers' instructional adaptations: A research synthesis. *Review of Educational Research*, 88(2), 205-242.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D. and Bjork, R. (2008). Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological Science in The Public Interest*, 9(3), 105-119.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... and Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *The Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825-2830.
- Pektaş, H. M., Karamustafaoğlu, O. and Çelik, H. (2025). The role of educational data mining and artificial intelligence supported learning analytics on conceptual change: New approaches to differentiated instruction. *Journal of Science Education and Technology* (2025).
- Pektaş, H. M., & Karamustafaoğlu, S. (2025). 5E Enriched With Technology-Supported Conceptual Change Tools: The Effect on Conceptual Change Level and Creative Problem Solving Skills of Gifted Students. *School Science and Mathematics* (2025).
- Peltier, T. K., Heddy, B. C. and Peltier, C. (2020). Using conceptual change theory to help preservice teachers understand dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 70(1), 62–78.
- Pierce, R. L. and Adams, C. M. (2004). Tierdless lessons: One way to differentiate mathematics instruction. *Gifted Child Today*, 27(2), 58-65.
- Polit, D. F., Beck, T. and Owen, S. V. (2007). Focus on research methods is the CVI an acceptable indicator of content validity. *Research in Nursing & Health*, 30(4), 459-467.
- Poole, D. I., Goebel, R. G. and Mackworth, A. K. (1998). *Computational intelligence* (Vol. 1). New York: Oxford University Press.
- Popescu, M. C., Balas, V. E., Perescu-Popescu, L. and Mastorakis, N. (2009). Multilayer perceptron and neural networks. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 8(7), 579-588.
- Potvin, P., Malenfant-Robichaud, G., Cormier, C. and Masson, S. (2020, September). Coexistence of misconceptions and scientific conceptions in chemistry professors: A mental chronometry and fMRI study. In *Frontiers in Education* (Vol. 5, p. 542458). Frontiers Media SA.
- Pozas, M., Letzel, V. and Schneider, C. (2020). Teachers and differentiated instruction: exploring differentiation practices to address student diversity. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 20(3), 217-230.
- Provost, F. and Kohavi, R. (1998). Guest editors' introduction: On applied research in machine learning. *Machine learning*, 30, 127-132.
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D. and Sutskever, I. (2018). Language models are unsupervised multitask learners. *OpenAI Blog*, 1(8), 1-24.
- Rajper, S., Shaikh, N. A., Shaikh, Z. A. and Mallah, G. A. (2016). Automatic detection of learning styles on learning management systems using data mining technique. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(15), 1-5.

- Ramsburg, J. T. and Ohlsson, S. (2016). Category change in the absence of cognitive conflict. *Journal of Educational Psychology*, 108(1), 98–113.
- Rasheed, F. and Wahid, A. (2021). Learning style detection in E-learning systems using machine learning techniques. *Expert Systems with Applications*, 174, 114774.
- Reiff, J. C. (1992). *Learning Styles. What Research Says to the Teacher Series*. Human Kinetics (pp. 1-42). Washington: National Education Association Washington.
- Rezaeinejad, M., Azizifar, A. and Gowhary, H. (2015). The study of learning styles and its relationship with educational achievement among iranian high school students. *Procedia –Social and Behavioral Sciences* 199, 218-224.
- Richards, M. R. E. and Omdal, S. N. (2007). Effects of tiered instruction on academic performance in a secondary science course. *Journal of Advanced Academics*, 18(3), 424-453.
- Roberts, J. L. and Inman, T. F. (2023). *Strategies for differentiating instruction: Best practices for the classroom* (4th ed.). Prufrock Press.
- Romagnano, L. (2001). The myth of objectivity in mathematics assessment. *Math Teach*, 94(1), 31–37.
- Romanelli, F., Bird, E. and Ryan, M. (2009). Learning styles: A review of theory, application, and best practices. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 73(1), 1-5.
- Runco, M. and Chand, I. (1995). Cognition and creativity. *Educational Psychology Review*, 7, 243–267.
- Salar, R. (2018). *Fizik Eğitiminde Farklılaştırılmış Öğretim ve 5E Öğrenme Modelinin Farklı Değişkenler Üzerine Etkisi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Samsudin, A., Kaniawati, I., Suhandi, A., Fratiwi, N. J., Wibowo, F. C., Malik, A. and Costu, B. (2019). Unveiling students' misconceptions through computer simulation-based PDEODE learning strategy on dynamic electricity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280 (5), 1-8.
- Sanders, D.A. and Bergasa-Suso, J. (2010). Inferring learning style from the way students interact with a computer user interface and the WWW. *IEEE Transactions on Education*, 53(4), 613–620.
- Santamaria, L. and Thousand, J. (2004). Collaboration, co-teaching, and differentiated instruction: A process-oriented approach to whole schooling. *International Journal of Whole Schooling*, 1(1), 13-27.
- Sarabi-Asiabar, A., Jafari, M., Sadeghifar, J., Tofighi, S., Zaboli, R., Peyman, H., ... and Shams, L. (2014). The relationship between learning style preferences and gender,

- educational major and status in first year medical students: a survey study from Iran. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 17(1), e18250.
- Sarker, I. H., Kayes, A. S. M., Badsha, S., Alqahtani, H., Watters, P. and Ng, A. (2020). Cybersecurity data science: an overview from machine learning perspective. *Journal of Big Data*, 7, 1-29.
- Scarparolo, G. and Subban, P. (2021). A systematic review of pre-service teachers' self-efficacy beliefs for differentiated instruction. *Teachers and Teaching*, 27(8), 753-766.
- Schaefer, B. A. and McDermott, P. A. (1999). Learning behavior and intelligence as explanations for children's scholastic achievement. *Journal of School Psychology*, 37(3), 299-313.
- Schlechty, P. (1997). *Inventing better schools: An action plan for educational reform*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Schwab, S. (2020). Inclusive and special education in Europe. In *Oxford Research Encyclopedia of Education*.
- Sebald, D. J. and Buklew, J. A. (2000). Support vector machine techniques for nonlinear equalization. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 48(11), 3217–3227.
- Segbenya, M., Bervell, B., Frimpong-Manso, E., Otoo, I. C., Andzie, T. A. and Achina, S. (2023). Artificial intelligence in higher education: Modelling the antecedents of artificial intelligence usage and effects on 21st century employability skills among postgraduate students in Ghana. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100188.
- Shafique, U. and Qaiser, H. (2014). A comparative study of data mining process models (KDD, CRISP-DM and SEMMA). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 12(1), 217-222.
- Shaidullina, A. R., Orekhovskaya, N. A., Panov, E. G., Svintsova, M. N., Petyukova, O. N., Zhuykova, N. S. and Grigoryeva, E. V. (2023). Learning styles in science education at university level: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2293.
- Sheeba, T. and Krishnan, R. (2019). Automatic Detection of Students Learning Style in Learning Management System. In: Al-Masri, A., Curran, K. (eds) *Smart Technologies and Innovation for a Sustainable Future. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham.
- Shenoy, N. and Shenoy, K A. (2013). The perceptual preferences in learning among dental students in clinical subjects. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(8), 1683-1685.
- Siegler, R. S. and Svetina, M. (2013). Relations between short-term and long-term conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on CC* (pp. 1–7). New York, NY: Routledge.

- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380–1400.
- Singh, L., Govil, P. and Rani, R. (2015). Learning style preferences among secondary school students. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(5), 3924-3928.
- Sitopu, J. W., Khairani, M., Roza, M., Judijanto, L. and Aslan, A. (2024). The importance of integrating mathematical literacy in the primary education curriculum: A literature review. *International Journal of Teaching and Learning*, 2(1), 121-134.
- Smale-Jacobse, A. E., Meijer, A., Helms-Lorenz, M. and Maulana, R. (2019). Differentiated instruction in secondary education: A systematic review of research evidence. *Frontiers in Psychology*, 10, 2366.
- Smets, W. (2019). Challenges and checklists: Implementing differentiation. *Agora*, 54(2), 22-26.
- Smith, J. P., diSessa, A. A. and Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3, 115–163.
- Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I. and Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 247–266.
- Sondergeld, T. A. and Schultz, R. A. (2008). Science, standards, and differentiation: It really can be fun!. *Gifted Child Today*, 31(1), 34-40.
- Stash, N. and De Brau, P. (2004). Incorporating cognitive styles in AHA! (The adaptivehypermedia architecture). In *Proceedings of the IASTED International Conference* (pp. 378 – 383). Calgary, Canada: ACTA Press.
- Stathacopoulou, R., Magoulas, G. D., Grigoriadou, M. and Samarakou, M. (2005). Neuro-fuzzy knowledge processing in intelligent learning environments for improved student diagnosis. *Information Sciences*, 170(2-4), 273-307.
- Stavropoulos, V., Zarate, D., Prokofieva, M., Van de Berg, N., Karimi, L., Gorman Alesi, A., ... and Griffiths, M. D. (2023). Deep learning (s) in gaming disorder through the user-avatar bond: A longitudinal study using machine learning. *Journal of Behavioral Addictions*, 12(4), 878-894.
- Steenbergen-Hu, S. and Cooper, H. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 106(2), 331–347.
- Steenbergen-Hu, S., Makel, M. C. and Olszewski-Kubilius, P. (2016). What one hundred years of research says about the effects of ability grouping and acceleration on K–12 students' academic achievement: Findings of two second-order meta-analyses. *Review of Educational Research*, 86(4), 849-899.

- Sternberg, R. J. (1994). Allowing for thinking styles. *Educational Leadership*, 52(3), 36–40.
- Stockless, A. and Brière, S. (2024). How to encourage inclusion in a qualitative research project using a Design-based research methodology. *International Journal of Qualitative Methods*, 23, 1-9.
- Subban, P. (2006). Differentiated instruction: A research basis. *International Education Journal*, 7(7), 935-947.
- Suprayogi, M. N. and Valcke, M. (2016). Differentiated instruction in primary schools: Implementation and challenges in Indonesia. *International Scientific Researches Journal*, 72(6), 2-18.
- Suprayogi, M. N., Valcke, M. and Godwin, R. (2017). Teachers and their implementation of differentiated instruction in the classroom. *Teaching and teacher education*, 67, 291-301.
- Suryadi, A., Kusairi, S. and Husna, D. A. (2020). Comparative study of secondary school students' and pre-service teachers' misconception about simple electric circuit. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 16(2), 111–121.
- Şaldırdak, B. (2012). *Farklılaştırılmış Öğretim Uygulamalarının Matematik Başarısına Etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şen, S. and Yılmaz, A. (2012). The effect of learning styles on student's misconceptions and selfefficacy for learning and performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 1482-1486.
- Tang, J., Deng, C. and Huang, G. B. (2015). Extreme learning machine for multilayer perceptron. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 27(4), 809-821.
- Tarik, A., Aissa, H. and Yousef, F. (2021). Artificial intelligence and machine learning to predict student performance during the COVID-19. *Procedia Computer Science*, 184, 835–840.
- Taş, F. (2013). *Farklılaştırılmış Öğretim Tasarımının Öğrencilerin Üstbiliş Becerilerine ve Matematik Akademik Başarılarına Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Taylor, B. K. (2015). Content, process and product: Modeling differentiated instruction. *Kappa Delta Pi Record*, 51, 13-17.
- Thabtah, F., Abdelhamid, N. and Peebles, D. (2019). A machine learning autism classification based on logistic regression analysis. *Health Information Science and Systems*, 7(1), 1–11.

- Thousand, J. S., Villa, R. A. and Nevin, A. I. (2007). *Differentiating instruction: Collaborative planning and teaching for universally designed learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Tieso, C. (2005). The effects of grouping practices and curricular adjustments on achievement. *Journal for the Education of the Gifted*, 29(1), 60–89.
- Tomlinson, C. A. (1995). Deciding to differentiate instruction in middle school: One school's journey. *Gifted Child Quarterly*, 39(2), 77-87.
- Tomlinson, C. A. (2000). How to differentiate instruction. *Educational Leadership*, 58 (1), 6-11.
- Tomlinson, C. A. and Allan, D. (2000). *Leadership for differentiating schools and classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Tomlinson, C. A. and Moon, T. (2014). Assessment in the differentiated classroom. *Classroom Management and Assessment*, 9(2), 67-73.
- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., BrimiJoin, K., Conover, L. A. and Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: a review of literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27(23), 119–45.
- Topuz, F. ve Karamustafaoğlu, O. (2013). Öğrenme Stillerinin Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi: Fen Bilgi Öğretmen Adayları, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (21), 30-46.
- Torrance, E. (1995). Insights about creativity: Questioned, rejected, ridiculed, ignored. *Educational Psychology Review*, 7, 313–322.
- Treagust, D. F. and Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328.
- Trust, T. and Pektas, E. (2018). Using the ADDIE model and universal design for learning principles to develop an open online course for teacher professional development. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 219-233.
- Tulbure, C. (2011). Differentiated instruction for pre-service teachers: An experimental investigation. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 30, 448-452.
- Tulbure, C. (2013). The effects of differentiated approach in higher education: An experimental investigation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 76, 832-836.
- Tumanggor, A. M. R., Supahar, K. H. and Ringo, E. S. (2020). Using four-tier diagnostic test instruments to detect physics teacher candidates' misconceptions: case of mechanical wave concepts. *Journal of physics: Conference serie3*, 1440, 1–8.

- Tuomi, I. (2024). Beyond mastery: Toward a broader understanding of AI in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34(1), 20-30.
- Tüfekçi, Z. (2018). *Fen Bilimleri Eğitiminde Farklılaştırılmış Öğretim Tasarımının Öğrenme Ürünlerine Etkisi: Vücudumuzu Tanıyalım Ünitesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Tüfekçi, Z. ve Hançer, A. H. (2019). Fen bilimleri eğitiminde farklılaştırılmış öğretim tasarımının öğrenme ürünlerine etkisi: Vücudumuzu tanıyalım ünitesi. *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 5(22), 1189-1199.
- van Der Linden, W. J. and Hambleton, R. K. (1997). Item response theory: Brief history, common models, and extensions. In *Handbook of modern item response theory* (pp. 1–28). Springer New York.
- van Geel, M., Keuning, T. and Safar, I. (2022). How teachers develop skills for implementing differentiated instruction: Helpful and hindering factors. *Teaching and Teacher Education: Leadership and Professional Development*, 1, 100007.
- van Geel, M., Keuning, T., Frèrejean, J., Dolmans, D., van Merriënboer, J. and Visscher, A. J. (2019). Capturing the complexity of differentiated instruction. *School Effectiveness and School Improvement*, 30(1), 51-67.
- van Merriënboer, J. J., Kirschner, P. A. and Kester, L. (2003). Taking the load of a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational psychologist*, 38(1), 5–13.
- Villaverde, J. E., Godoy, D. and Amandi, A. (2006). Learning styles' recognition in e-learning environments with feed-forward neural networks. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(3), 197-206.
- Vincent, C. (2012). *Effects of implementing differentiated instruction on learners' reading achievement*. Unpublished Doctoral Dissertation, Walden University, Minnesota.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change research: An introduction. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on CC* (pp. 1–7). New York, NY: Routledge.
- Vosniadou, S. (2019). The development of students' understanding of science. *Frontiers in Education*, 4(32), 1-6.
- Wang, F. and Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R. and Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), 1–18.

- Waxman, H. C., Alford, B. L. and Brown, D. B. (2013). Individualized instruction. In J. Hattie, & E. M. Anderman (Eds.), *International guide to student achievement* (pp. 405-407). NY: Routledge.
- West, J. K., Franz, J. L., Hein, S. M., Leverentz-Culp, H. R., Mauser, J. F., Ruff, E. F. and Zemke, J. M. (2023). An analysis of AI-generated laboratory reports across the chemistry curriculum and student perceptions of ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, 100(11), 4351–4359.
- Whittle, R. J., Telford, A. and Benson, A. C. (2019). Insights from senior-secondary physical education students on teacher-related factors they perceive to influence academic achievement. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 44(6), 69–90.
- Wilkinson, S. D. and Penney, D. (2025). Ability grouping in primary physical education in England: Moving beyond binary discourses and practices. *British Educational Research Journal*, 51(4), 1880-1903.
- Wilujeng, N. C. S. (2012, July). The differentiated instruction and its implementation for Developing Countries Partnership students learning Indonesian language in Bridging Course program, *International Conference on Education and e-Learning Innovations*, Sousse, Tunisia, 1-6. Sousse, Tunisia.
- Wittrock, M. C. (2010). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 45(1), 40–45.
- Xu, W. and Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, 9(59), 1-20.
- Yannibelli, V., Godoy, D. and Amandi, A. (2006). A genetic algorithm approach to recognise students' learning styles. *Interactive Learning Environments*, 14(1), 55-78.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınları.
- Yoon, M., Lee, J. and Jo, I. H. (2021). Video learning analytics: Investigating behavioral patterns and learner clusters in video-based online learning. *The Internet and Higher Education*, 50, 100806.
- Zampirolli, F. A., Borovina Josko, J. M., Venero, M. L., Kobayashi, G., Fraga, F. J., Goya, D. and Savegnago, H. R. (2021). An experience of automated assessment in a large-scale introduction programming course. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(5), 1284–1299.
- Zapalska, A. M. and Dabb, H. (2002). Learning styles. *Journal of Teaching in International Business*, 13(3-4), 77-97.
- Zatarain-Cabada, R., Barrón-Estrada, M. L., Angulo, V. P., García, A. J. and García, C. A. R. (2010, September). A learning social network with recognition of learning styles

using neural networks, *Advances in Pattern Recognition: Second Mexican Conference on Pattern Recognition, MCPR 2010*, Puebla, Mexico, 199-209.

- Zatarain-Cabada, R., Estrada, M. L. B., Cabada, R. and García, C. A. R. (2009, November). A fuzzy-neural network for classifying learning styles in a web 2.0 and mobile learning environment, *Latin American Web Congress*, Merida, Mexico, 177-182.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. and 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(39), 1-27.
- Zhang, J., Oh, Y. J., Lange, P., Yu, Z. and Fukuoka, Y. (2020). Artificial intelligence chatbot behavior change model for designing artificial intelligence chatbots to promote physical activity and a healthy diet. *Journal of Medical Internet Research*, 22(9), e22845.
- Zhang, M., Quan, Y., Huang, L. and Kuo, Y. L. (2017). The impact of learning styles on academic achievement. *International Journal of Intelligent Technologies and Applied Statistics*, 10(3), 173-185.
- Zhao, H., Li, G. and Feng, W. (2018). Research on application of artificial intelligence in medical education. In *International conference on engineering simulation and intelligent control (ESAIC)* (pp. 340–342). Hunan, China.
- Zheng, L. (2015). A systematic literature review of design-based research from 2004 to 2013. *Journal of Computers in Education*, 2, 399-420.
- Zhou, P. (2023). Unleashing ChatGPT on the metaverse: Savior or destroyer? *Proceedings of the IEEE*, 112(10), 1572-1582.
- Zhu, L., Xu, X., Lu, Q., Governatori, G. and Whittle, J. (2022). AI and ethics—Operationalizing responsible AI. In F. Chen & J. Zhou (Eds.), *Humanity driven AI: Productivity, wellbeing, sustainability and partnership* (pp. 15-33). Springer.

EKLER



EK-1: Geliştirilen Etkinlikler

Etkinlik 1: Elektrik Akımı (Merkezler Öğretim Stratejisi Kullanılarak Yapılmıştır)

Laboratuvar Öğrenme Merkezinde Yapılan Etkinlikler



Elektrik olaylarını ayrıntılı olarak inceleyen ilk bilim adamı Benjamin Franklin yıldırımın bir elektrik akımı olduğunu göstermiştir. Yaptığı bir deneyde uçurtmaya metal bir anahtar bağlayarak fırtınalı havada bulutların arasına çıkarmış, anahtara yıldırım çarptığında anahtardan kıvılcımlar yükseldiğini gözlemlemiştir. Sizce oluşan bu elektrik akımının sebebi nedir? Elektrik akımı kablonun içinde ya da sıvılarda da bu şekilde mi oluşur?



.....

.....

.....

.....

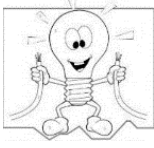
.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Deney-1: İletken ve yalıtkan maddelerin incelenmesi



Deneyin amacı: Kapalı bir devre kurarak iletken ve yalıtkan maddeleri tanımak.

Kullanılan araç ve gereçler:

Güç kaynağı, duş (lambasıyla birlikte), döküm ayak (2 adet), bağlantı kablosu, bakır elektrot, çinko elektrot, yalıtkan saplı çubuk (2 adet), tahta, asma ağırlık, kalem, çivi, iğne, metal para, cam boru ve silgi.

Hazırlık soruları:

- 1-Katı maddelerde iletkenliği sağlayan etken nedir? Araştırınız.
- 2-Günlük hayatta kullandığınız araçlardan iletken ve yalıtkan maddeleri listeleyiniz.
- 3-Günlük hayatta elektrik akımını kullanmada yalıtkan maddelerin önemi nedir? Araştırınız.

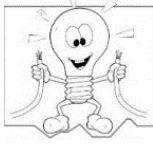
Deneyin yapılışı: Bu aşamada öğrenciler verilen araç gereçlerle deneyleri kendileri tasarlayacaklardır.

Deneyin sonuçları:



EK-1 (Devam)

Deney-2: Tuzlu su ve şekerli su elektrik akımını iletir mi?



Deneyin amacı: Kapalı bir devre kurarak tuzlu ve şekerli suyun iletkenliğine bakmak

Kullanılan araç ve gereçler:

Güç kaynağı, duy (lambasıyla birlikte), döküm ayak (2 adet), bağlantı kablosu, tuz ve şeker.

Deneyin yapılışı: Bu aşamada öğrenciler verilen araç gereçlerle deneyleri kendileri

Hazırlık soruları:

- 1-Sıvılarda iletkenliği sağlayan etken nedir? Araştırmınız.
- 2-Tuzlu su ve şekerli suyun farkı nedir?

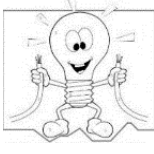
tasarlayacaklardır.

Deneyin sonuçları:



EK-1 (Devam)

Deney-3: Gazlarda elektrik iletimi



Deneyin amacı: Gazlarda iletkenliğe bakmak

Kullanılan araç ve gereçler:

Elektroskop ve mum.

Hazırlık sorusu:

1-Gazlarda iletkenliği sağlayan etken nedir? Araştırmınız.

Deneyin yapılışı: Bu aşamada ilk olarak elektroskopu eksi yükle yükleyin. Ardından eksi yüklü elektroskopun topuzuna mum alevini tutup yapraklarda oluşan değişimi kaydedin.

Deneyin sonuçları:



.....

.....

.....

.....

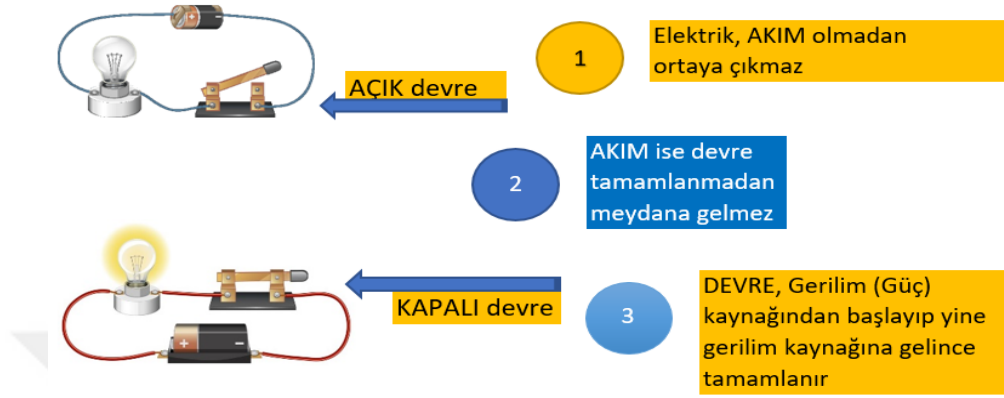
.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Aşağıdaki diyagramda akım ile gerilim arasındaki ilişki verilmiştir. Diyagramı inceleyerek verilen kavramları kullanarak bir senaryo oluşturmanız istenmektedir.



İlgili devreyi laboratuvar ortamında kurunuz, ardından aşağıda verilen boşluğa senaryonuzu yazınız.



Senaryo

.....

.....

.....

.....

.....

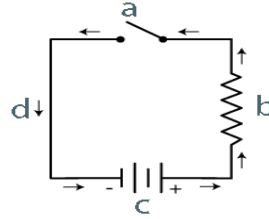
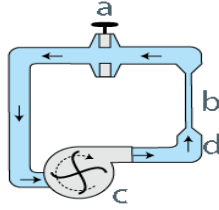
.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Aşağıda bir su pompası modeli ile elektrik devresi birlikte verilmiştir. Harflerle verilen yerlere gerçek isimlerini yazınız. Ardından diğer etkinliğe geçiniz.



Mehmet, elektrikli cihazların kullanımıyla ilgili aile üyelerini bilgilendirmek istiyordu. Bunun üzerine, bir gün akşam yemeği sırasında aileye basit bir soru sordu: Bizi akım mı çarpar yoksa gerilim mi?

Ali: Sanırım akım çarpar. Eğer çok yüksek bir akım geçerse çarpılırız.

Eren: Benim öğretmenim, elektrik çarpmasının aslında gerilimden kaynaklandığını söylemişti. Yani, cevap gerilimdir.



Sizce Ali mi yoksa Eren mi doğru cevaplamış olabilir? Siz bu durumu nasıl açıklarsınız?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EK-1 (Devam)



Deney-1: Akım mı çarpar yoksa gerilim mi?

Deneyin amacı: Akımın ve gerilimin etkilerini kavramak

Kullanılan araç ve gereçler:

Güç kaynağı, bağlantı kabloları ve iletken bir tel.

Hazırlık sorusu:

- 1-Akım arttıkça iletken telde nasıl bir değişim olur? Araştırınız.
2. Gerilim arttıkça iletken telde nasıl bir değişim olur? Araştırınız.

Deneyin yapılışı: Basit bir elektrik devresi kurarak önce gerilimi sonra akımı arttırıp iletken teldeki değişimi gözlemleyin.

Deneyin sonuçları:



EK-1 (Devam)

Aşağıda bir kalem pil şekli verilmiştir. Yapılan araştırmalara göre elimizdeki pillerin dolu ya da boş olduğunu tespit etmek için çok farklı yöntemler uygulanmaktadır. Sizce hangi yöntemlerle pilin dolu ya da boş olduğu anlaşılabilir? Araştırınız.



.....

.....

.....

.....

.....

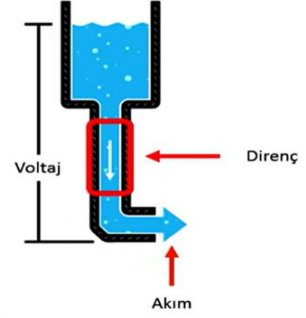
.....

.....

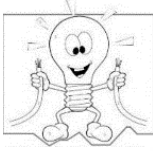
EK-1 (Devam)

İlgi Merkezinde Yapılan Etkinlikler

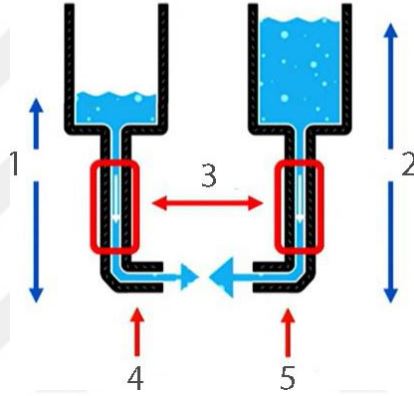
Ahmet öğretmen öğrencilerine yandaki şekilde bir elektrik devresinde voltaj, akım ve direncin sembolize edildiği bir benzetim vermiştir. Öğrencilerinden bu benzetimden yola çıkarak aşağıda verilen şekillerdeki numaralandırılmış yerlere yazılması gereken ifadeleri ve şekle için bir başlık yazmalarını istemiştir. Ahmet öğretmenin öğrencilerine yardımcı olabilir misiniz?



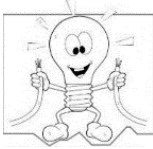
Başlık:



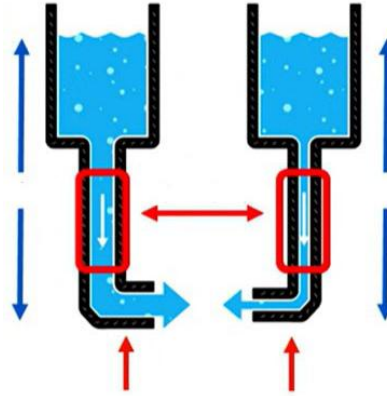
Etkinlik-1:



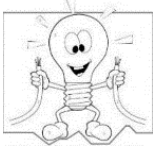
Başlık:



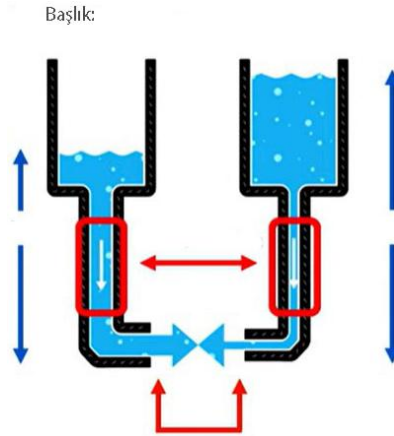
Etkinlik-2:



EK-1 (Devam)



Etkinlik-3:



Aşağıda bir kalem pilin resmi verilmiştir. Yapılan araştırmalara göre elimizdeki pillerin dolu ya da boş olduğunu tespit etmek için çok farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden biri pilin kutupları arasında bir iletken tel yardımıyla pilin voltajı ölçülerek dolu mu yoksa boş mu olduğu anlaşılabilir. Sizce başka hangi yöntemlerle pilin dolu ya da boş olduğu anlaşılabilir? Araştırmamız.



.....

.....

.....

.....

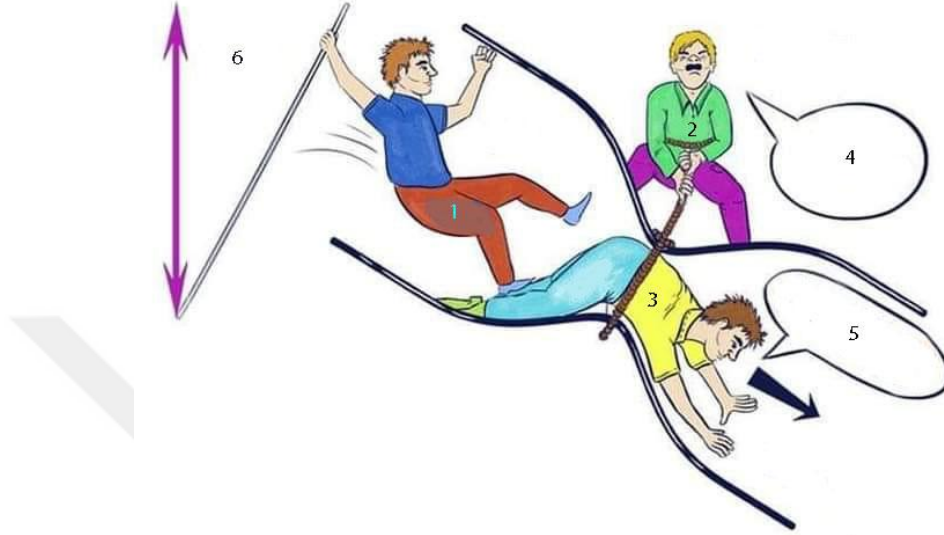
.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

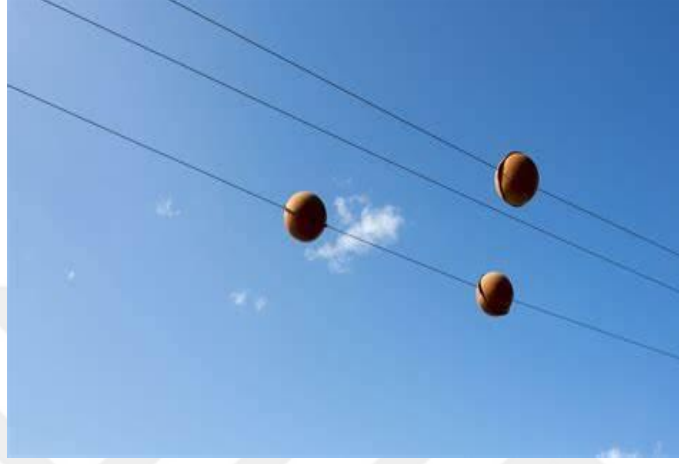
Aşağıda verilen görselde numaralandırılmış yerlere yazılabilecek en uygun kelimeleri ya da ifadeleri yazınız.



1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.

EK-1 (Devam)

Yüksek gerilim tellerinde aşağıdaki şekilde verildiği gibi küresel topar kullanılmaktadır. Elektrik bilgilerinizden yola çıkarak bu toparın kullanılma gerekçesini nasıl açıklarsınız?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Evlerimizdeki elektrik prizlerine bırakın çocukların dokunmasını, yaklaşımları bile bizlerde tedirginlik yaratmaktadır. Bu tedirginlik elektriğin tehlikeli olmasından kaynaklanmaktadır. Çok yüksek voltajlarda elektrik çarpmasına maruz kalan kişi yanabilmekte ve hatta ölümlerle bile sonuçlanabilmektedir.



Çok duyduğumuz elektrik çarpması olayını nasıl açıklarsınız? Bir elektrik çarpma devresi çizerek açıklamalarınızı yapınız.



EK-1 (Devam)

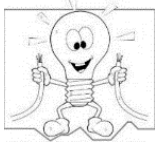
İnteraktif Öğrenme Merkezinde Yapılan Etkinlikler

Elektrik olaylarını ayrıntılı olarak inceleyen ilk bilim adamı Benjamin Franklin yıldırımın bir elektrik akımı olduğunu göstermiştir. Yaptığı bir deneyde uçurtmaya metal bir anahtar bağlayarak fırtınalı havada bulutların arasına çıkarmış, anahtara yıldırım çarptığında anahtardan kıvılcımlar yükseldiğini gözlemlemiştir. Sizce oluşan bu elektrik akımının sebebi nedir? Elektrik akımı kabloun içinde ya da sıvılarda da bu şekilde mi oluşur?



EK-1 (Devam)

Deney-1: İletken ve yalıtkan maddelerin incelenmesi



Deneyin amacı: Kapalı bir devre kurarak iletken ve yalıtkan maddeleri tanımak.

Kullanılan araç ve gereçler:

Hazırlık soruları:

- 1-Katı maddelerde iletkenliği sağlayan etken nedir? Araştırınız.
- 2-Günlük hayatta kullandığınız araçlardan iletken ve yalıtkan maddeleri listeleyiniz.
- 3-Günlük hayatta elektrik akımını kullanmada yalıtkan maddelerin önemi nedir? Araştırınız.

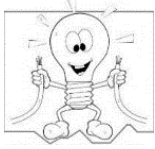


Deneyin sonuçları:



EK-1 (Devam)

Deney-2: Tuzlu su ve şekerli su elektrik akımını iletir mi?



Deneyin amacı: Kapalı bir devre kurarak tuzlu ve şekerli suyun iletkenliğine bakmak

Kullanılan araç ve gereçler:

Hazırlık soruları:

- 1-Sıvılarda iletkenliği sağlayan etken nedir? Araştırınız.
- 2-Tuzlu su ve şekerli suyun farkı nedir?



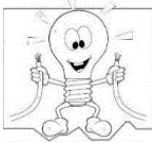
tuzlu_su_sekerli_su_elekt_iletir.swf

Deneyin sonuçları:



EK-1 (Devam)

Deney-3: Gazlarda elektrik iletimi



Deneyin amacı: Gazlarda iletkenliğe bakmak

Kullanılan araç ve gereçler:

Hazırlık sorusu:

1-Gazlarda iletkenliği sağlayan etken nedir? Araştırınız.

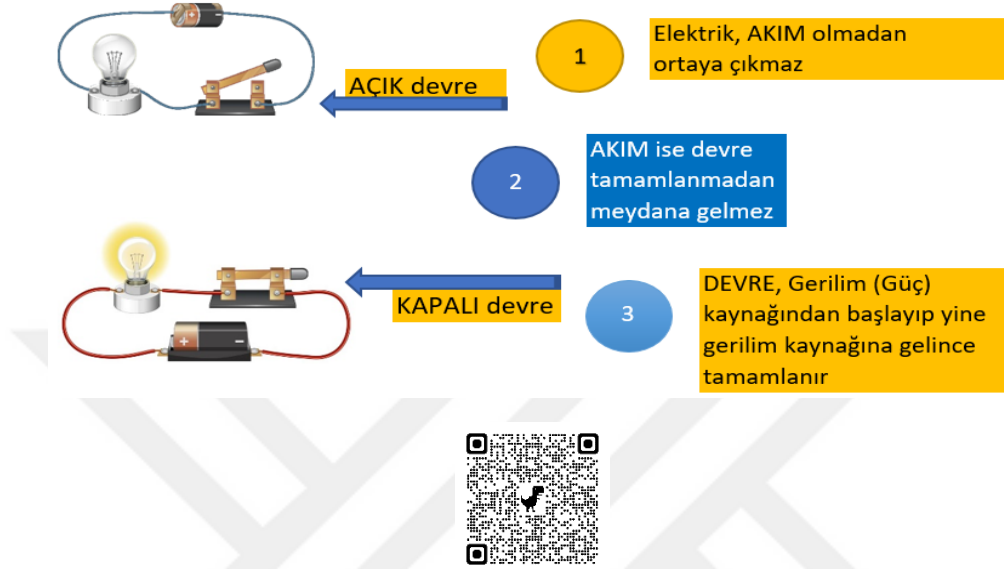


Deneyin sonuçları:



EK-1 (Devam)

Aşağıdaki diyagramda akım ile gerilim arasındaki ilişki verilmiştir. Diyagramı inceleyerek verilen kavramları kullanarak bir senaryo oluşturmanız istenmektedir.



Verilen devreyi önce karekodu okutup sanal olarak oluşturunuz, sonra aşağıya senaryonuzu yazınız.



Senaryo

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Aşağıda bir su pompası modeli ile elektrik devresi birlikte verilmiştir. Harflerle verilen yerlere gerçek isimlerini yazınız. Ardından diğer etkinliğe geçiniz.



Mehmet, elektrikli cihazların kullanımıyla ilgili aile üyelerini bilgilendirmek istiyordu. Bunun üzerine, bir gün akşam yemeği sırasında aileye basit bir soru sordu: Bizi akım mı yoksa gerilim mi çarpar?



Sizce Ali mi yoksa Eren mi doğru cevaplamış olabilir? Siz bu durumu nasıl açıklarsınız?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Deney-1: Akım mı yoksa gerilim mi çarpar?

Deneyin amacı: Akımın ve gerilimin etkilerini kavramak

Kullanılan araç ve gereçler:

Hazırlık sorusu:

- 1-Akım arttıkça iletken telde nasıl bir değişim olur? Araştırınız.
2. Gerilim arttıkça iletken telde nasıl bir değişim olur? Araştırınız.



Deneyin sonuçları:



EK-1 (Devam)

Aşağıda bir kalem pil resmi verilmiştir. Yapılan araştırmalara göre elimizdeki pillerin dolu ya da boş olduğunu tespit etmek için çok farklı yöntemler uygulanmaktadır. Sizce hangi yöntemlerle pilin dolu ya da boş olduğu anlaşılabilir? Araştırınız.



Handwriting practice lines consisting of eight horizontal dotted lines. A large, faint, stylized 'X' watermark is visible across the center of the page.

EK-1 (Devam)

Etkinlik 2: Devre Tasarımı (Kademelendirme Öğretim Stratejisi kullanılarak Yapılmıştır)

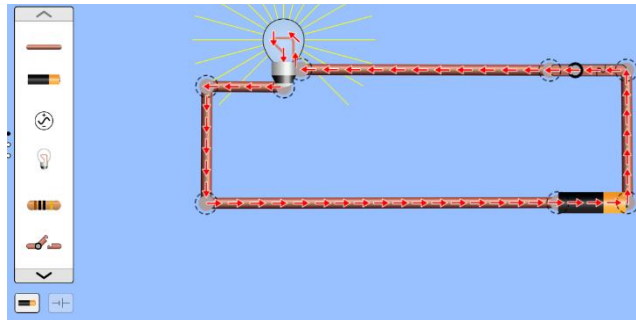
Laboratuvar ve İntearktif Ortamda Kademelendirilmiş Etkinlikler

Aşağıdaki Deney-1’de verilen devreyi kurabilmek için bazı ön çalışmalar yapmanız gerekmektedir. Kendi isteğinize göre aşağıda verilen seçeneklerden birini seçerek uygulamaya başlayınız.

- Sizlere verilen aşağıdaki direnç kutusunu kullanarak laboratuvar ortamında ilk olarak seri sonra paralel ve en sonda da karışık devreler kurarak pratik yapınız.

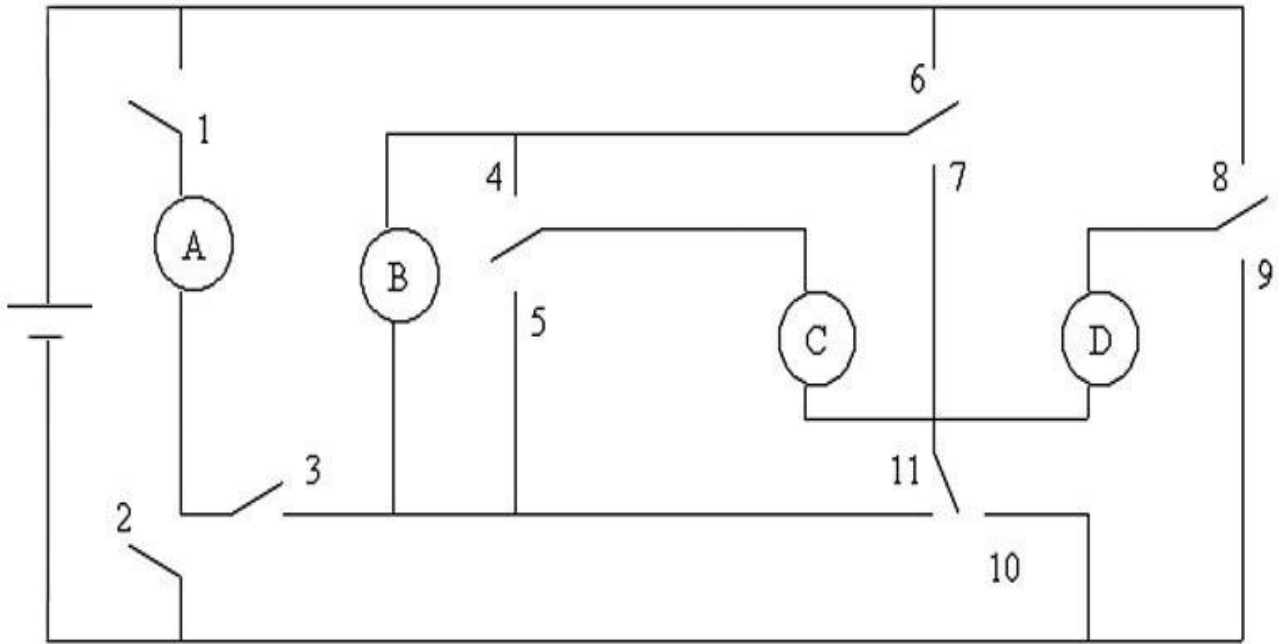
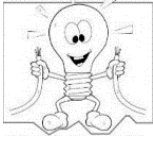


- Aşağıdaki gibi PhET simülasyon programını kullanarak interaktif ortamda ilk olarak seri sonra paralel ve en sonda da karışık devreler kurarak pratik yapınız.



EK-1 (Devam)

Deney-1. Kullanılacak düzeneğin şematik gösterimi Şekil 1’de görülmektedir. Şekil 1’de ki 1’den başlayıp 11’e kadar numaralandırılmış sayılar devrede kullanılacak olan anahtarları, A, B, C ve D ise lambaları göstermektedir. Deneyde kurulacak devreler bir sonraki bölümde verilmiştir. Verilen devrelerin kurulması için kapatılması gereken anahtarları tespit ediniz ve ilgili devrelerin yanına yazarak devreleri tek tek kurunuz.

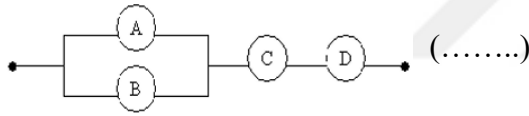


EK-1 (Devam)

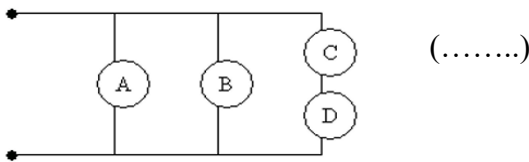
Kurulacak Devreler

- | | | | |
|-----------------------------|---------|----------------------------|---------|
| 1. Sadece A lambası yanacak | (.....) | 14. BCD lambaları seri | (.....) |
| 2. Sadece B lambası yanacak | (.....) | 15. ACD lambaları seri | (.....) |
| 3. Sadece C lambası yanacak | (.....) | 16. AB lambaları paralel | (.....) |
| 4. Sadece D lambası yanacak | (.....) | 17. AC lambaları paralel | (.....) |
| 5. AB lambaları seri | (.....) | 18. ABC lambaları paralel | (.....) |
| 6. ABC lambaları seri | (.....) | 19. ABCD lambaları paralel | (.....) |
| 7. ABCD lambaları seri | (.....) | 20. BCD lambaları paralel | (.....) |
| 8. ABD lambaları seri | (.....) | 21. ABD lambaları paralel | (.....) |
| 9. AC lambaları seri | (.....) | 22. ACD lambaları paralel | (.....) |
| 10. AD lambaları seri | (.....) | 23. BC lambaları paralel | (.....) |
| 11. BC lambaları seri | (.....) | 24. BD lambaları paralel | (.....) |
| 12. BD lambaları seri | (.....) | 25. CD lambaları paralel | (.....) |
| 13. CD lambaları seri | (.....) | 26. AD lambaları paralel | (.....) |

27.



29.



30. AB paralel, C ile seri

(.....)

31. BC paralel, A ile seri

(.....)

32. BC paralel, D ile seri

(.....)

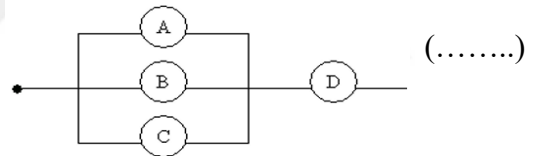
33. AB paralel, D ile seri

(.....)

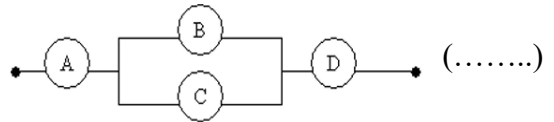
39. A paralel, BCD seri

(.....)

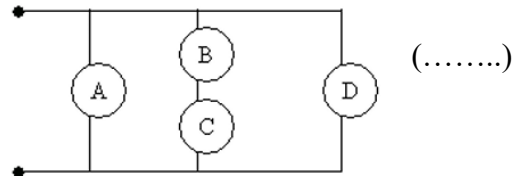
28.



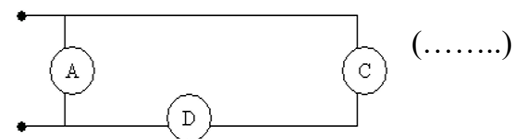
34.



35.



36.



37. A paralel, BD seri

(.....)

38. A paralel, BC seri

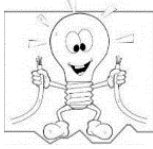
(.....)

40. B paralel CD seri

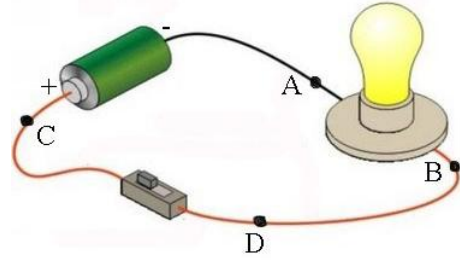
(.....)

EK-1 (Devam)

Yanda verilen devreyi kurunuz. Devreyi kurduktan sonra aşağıda verilen deneyi yapmak için gerekli işlemleri yapınız.



Deney-1: Şekildeki önce A ve B noktaları arasındaki gerilimi ardından A ve C noktaları arasındaki gerilimi teorik ve deneysel olarak hesaplayınız. (Pil 6 Volt, ampulün direnci ise 10 ohm olarak alınacaktır)



A ve D noktasından geçen akımı ayrı ayrı teorik ve deneysel olarak hesaplayınız.

Ölçüm sonuçlarını ve teorik sonuçları karşılaştırınız. % hatayı bulunuz.



Aşağıdaki soruları, verilen şekil üzerinde gerekli gördüğünüz değişiklikleri yaparak cevaplayınız.

1. Bir elektrik devresine ampermetre nasıl ve ne şekilde bağlanır? Açıklayınız
2. Bir elektrik devresine voltmetre nasıl ve ne şekilde bağlanır? Açıklayınız
3. Devrede hiç lamba yanmaz iken ampermetre değer gösterir mi?
4. Devrede lamba yanmazken voltmetre değer gösterir mi?
5. Mevcut dirence başka dirençler paralel olarak bağlanırsa, ampermetre ve voltmetre değerinde değişimler olur mu?
6. Mevcut dirence başka dirençler seri olarak bağlanırsa, ampermetre ve voltmetre değerinde değişimler olur mu?
7. Kullandığınız voltmetrenin özellikleri nelerdir? Araştırınız ve açıklayınız.
8. Kullandığınız ampermetrenin özellikleri nelerdir? Araştırınız ve açıklayınız.
9. Ampermetre yanlışlıkla paralel bağlanırsa ne olur?
10. Voltmetre yanlışlıkla seri bağlanırsa ne olur?
11. Ampermetre voltmetre yerine veya voltmetre ampermetre yerine kullanılabilir mi? Açıklayınız.

NOT: Sorular cevaplandırılırken gerekirse hesaplamalarla da açıklama yapılmalıdır.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

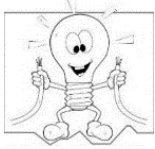
Ahmet evlerindeki sigortanın sürekli atması nedeni ile araştırmaya koyulmuştur. Yapmış olduğu araştırmalar neticesinde sigorta telinin çok ince olduğunu farketti. Acaba sigorta teli kalın olsaydı atmaz mıydı? Ya da neden ince tel kullanılmaktaydı? Siz olsanız bu sorular hakkında ne düşünecektiniz? Aşağıdaki boşluğa düşüncelerinizi yazarak deneylere başlayınız.



.....

.....

.....



Deney-1: Direnç iletkenlerin cinsine bağlı mıdır?

Deneyin yapılışı: Elinizdeki aynı boy ve kesitteki farklı cinsteki iletkenlerle basit bir elektrik devresi kurunuz. Devreye 8 volt gerilim uygulayınız ve reosta yardımı ile elde ettiğiniz okunabilir verilerle her bir iletken için aşağıdaki tabloları doldurunuz.

$V_1 =$	$I_1 =$	$R_1 =$	$V_1 =$	$I_1 =$	$R_1 =$
$V_2 =$	$I_2 =$	$R_2 =$	$V_2 =$	$I_2 =$	$R_2 =$
$V_3 =$	$I_3 =$	$R_3 =$	$V_3 =$	$I_3 =$	$R_3 =$
$R_{ort} =$			$R_{ort} =$		

Elde etmiş olduğunuz R değerlerini birbiriyle karşılaştırınız. Yapmış olduğunuz deneyle iletkenin direncinin yapılmış olduğu maddenin cinsine bağlı olup olmadığı hakkındaki fikrinizi aşağıda belirtiniz.



.....

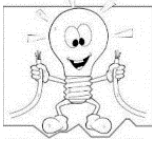
.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Deney 2: Direnç iletkenin kesitine bağılı mıdır?



Deneyin yapılışı: Elinizdeki uzunlukları ve cinsleri aynı kesit alanı farklı olan iki tel ile basit bir elektrik devresi kurunuz. Devreye 8 volt gerilim uygulayınız ve reosta yardımı ile elde ettiğiniz okunabilir verilerle her bir kesit alanı için aşağıdaki tabloları doldurunuz.

$V_1 =$	$I_1 =$	$R_1 =$	$V_1 =$	$I_1 =$	$R_1 =$
$V_2 =$	$I_2 =$	$R_2 =$	$V_2 =$	$I_2 =$	$R_2 =$
$V_3 =$	$I_3 =$	$R_3 =$	$V_3 =$	$I_3 =$	$R_3 =$
$R_{ort} =$			$R_{ort} =$		

Elde etmiş olduğunuz R değerlerini birbiriyle karşılaştırınız. Yapmış olduğunuz deneyle iletkenin direncinin kesit alanına bağılı olup olmadığı hakkındaki fikrinizi aşağıda belirtiniz.



.....

.....

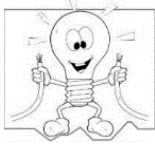
.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Deney 3: Direnç iletkenin boyuna bağılı mıdır?



Deneyin yapılışı: Elinizdeki kesit alanları ve cinsleri aynı uzunlukları farklı olan iki tel ile basit bir elektrik devresi kurunuz. Devreye 8 volt gerilim uygulayınız ve reosta yardımı ile elde ettiğiniz okunabilir verilerle her bir uzunluk için aşağıdaki tabloları doldurunuz.

$V_1 =$	$I_1 =$	$R_1 =$	$V_1 =$	$I_1 =$	$R_1 =$
$V_2 =$	$I_2 =$	$R_2 =$	$V_2 =$	$I_2 =$	$R_2 =$
$V_3 =$	$I_3 =$	$R_3 =$	$V_3 =$	$I_3 =$	$R_3 =$
$R_{ort} =$			$R_{ort} =$		

Elde etmiş olduğunuz R değerlerini birbiriyle karşılaştırınız. Yapmış olduğunuz deneyle iletkenin direncinin uzunluğuna bağlı olup olmadığı hakkındaki fikrinizi aşağıda belirtiniz.



.....

.....

.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

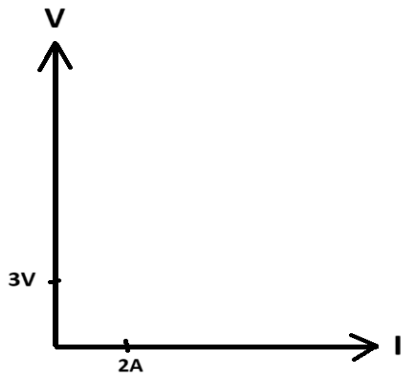
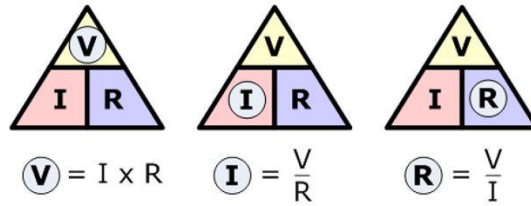
Etkinlik-3: Ohm Yasası Etkinliği (İstasyon Öğrenme Stratejisi Kullanılarak Yapılmıştır)

Öğrenme İstasyonunda Yapılan Etkinlikler

Ohm yasası, bir elektrik devresinde iki nokta arasındaki iletken üzerinden geçen akım, potansiyel farkla doğru; iki nokta arasındaki dirençle ters orantılıdır. Ohm yasası, elektrikteki temel kavramlar olan gerilim, direnç ve akım arasındaki ilişkileri hesaplamaya yarayan bir fizik kanunudur. Açıklamadan yararlanarak sizce aşağıda verilen kum saati modelinde verilen soru işaretli yelere neler gelebilir?



Volt = Amper x Ohm şeklinde ifade edilen ohm kanunu, akım ve direncin çarpımının gerilime eşit olduğunu ifade eder. Bu durumu aşağıdaki gibi şekillendirebiliriz.



Yandaki grafikte gerilime karşılık gelen akım değeri verilmiştir. (Grafikğin eğimi Sıfır noktasından geçmektedir). 6V, 9V ve 12V için grafikte karşılık gelen akım değerlerini kullanarak grafiği tamamlayınız. Grafikğin eğimini çizerek direnci hesaplayınız.

EK-1 (Devam)



Ohm yasası ile ilgili bildiklerinizi boşluğa yazınız

.....

.....

.....

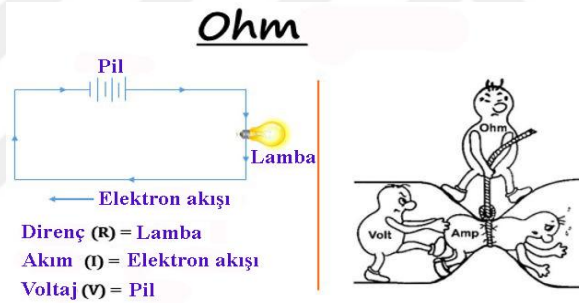
.....

.....

.....

Sağlama İstasyonunda Yapılan Etkinlikler

Aşağıda verilen görselden yola çıkarak Akım, Gerilim ve Direnç arasındaki ilişkiyi açıklayabilir misiniz? Açıklamalarınızı yazarak etkinliği yapmaya başlayınız.



.....

.....

.....

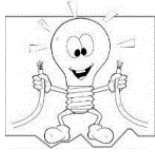
.....

.....

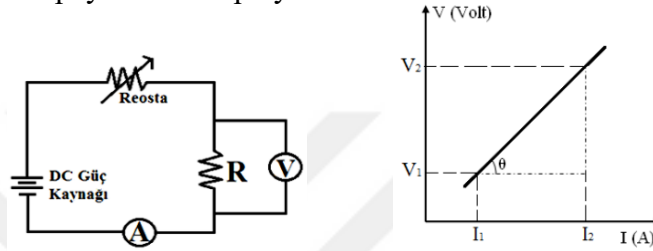
.....

.....

EK-1 (Devam)



Etkinlik: Şekil 1’de verilen OHM yasası deney düzeneğini kurunuz. Reostayı beş farklı direnç değerine ayarlayarak R_1 direncinin uçları arasındaki potansiyel farkını ve devredeki akımı Tablo 1’e kaydediniz. Bu işlemi R_2 , R_{seri} (R_1 ve R_2 seri bağlıyken), R_{paralel} (R_1 ve R_2 paralel bağlıyken) için tekrarlayınız. V_1 - I_1 , V_2 - I_2 , V_{seri} - I_{seri} ve V_{paralel} - I_{paralel} grafiklerini çizerek bu doğruların eğimlerinden her bir direncin değerini hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları dirençlerin size verilen teorik değerleri ile karşılaştırarak hata paylarını hesaplayınız.



$R_1(\text{teorik}) = \dots\dots\dots$		$R_2(\text{teorik}) = \dots\dots\dots$		$R_{\text{seri}}(\text{teorik}) = \dots\dots\dots$		$R_{\text{paralel}}(\text{teorik}) = \dots\dots\dots$	
V_1 (V)	I_1 (mA)	V_2 (V)	I_2 (mA)	V_{seri} (V)	I_{seri} (mA)	V_{paralel} (V)	I_{paralel} (mA)



👉 Bu deneyin sonunda neler öğrendiğinizi boşluğa yazınız

.....

.....

.....

.....

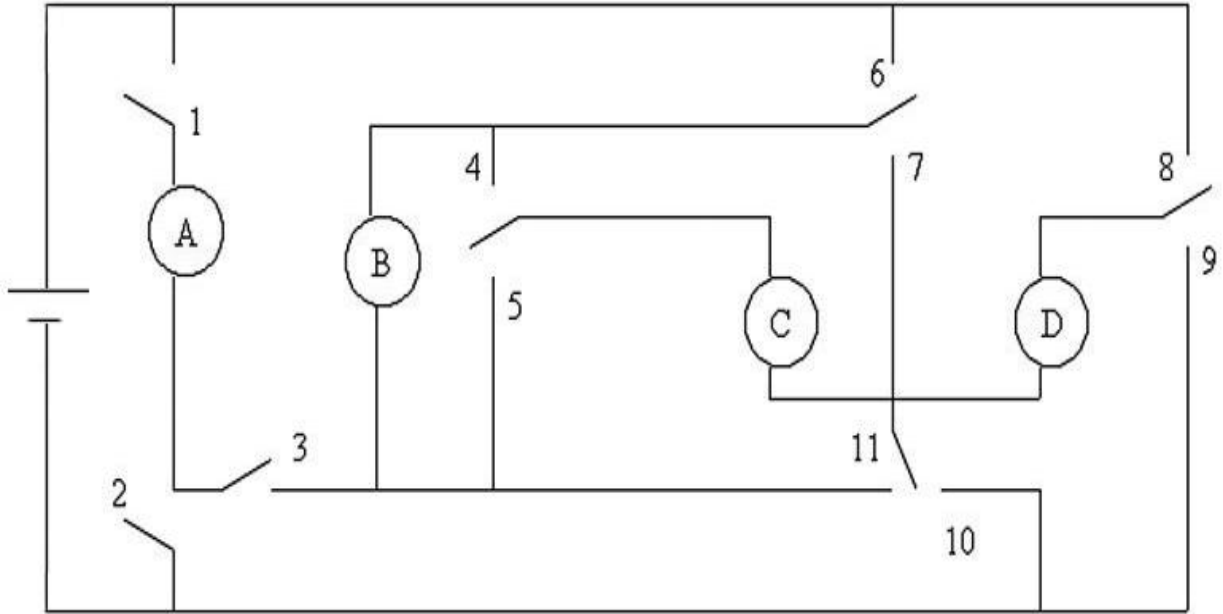
.....

.....

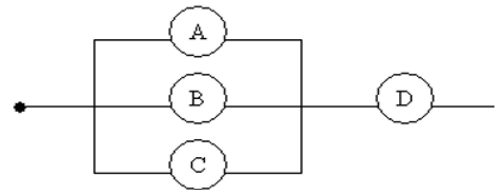
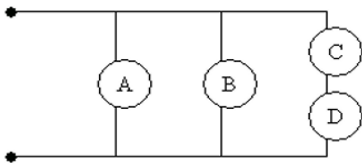
EK-1 (Devam)

Alıştırma İstasyonunda Yapılan Etkinlikler

Aşağıda verilen Şekil 1’de ki devreyi kullanarak size verilen direnç kutuları üzerindeki dirençleri verilen sorulara göre seri ya da paralel olacak şekilde kurmanız istenmektedir.



Verilen devreleri kurmak için Şekil 1 üzerinden hangi anahtarların kapatılacağını yazarak direnç kutusu üzerinden devreyi kurunuz.



.....

.....

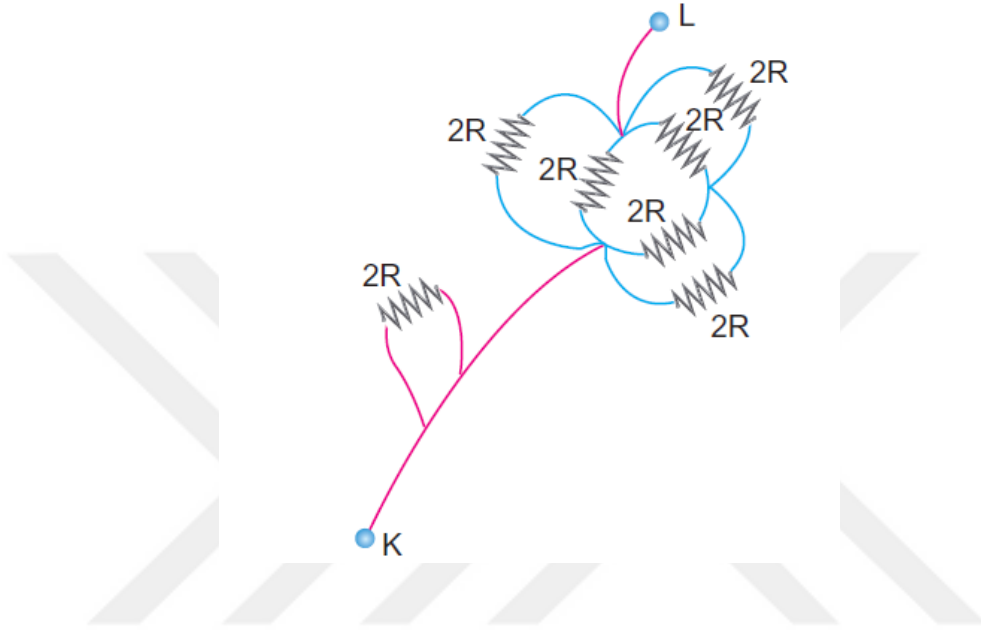
.....

.....

Uygulama ve Proje İstasyonunda Yapılan Etkinlikler

Uygulama İstasyonu

Aşağıda verilen Şekil 1’de ki K-L noktaları arasındaki eş değer direnci bulmak için nasıl bir yol izlersiniz?



Proje İstasyonu

İki direnç kutusu kullanarak verilen çizimdeki devreyi kurunuz. Kurduğunuz devreyi verilen devreden farklı bir şekilde aşağıdaki boşluğa çizin.



EK-1 (Devam)

Etkinlik 5: STEM Etkinliği

1. Akşam vakti yolculuk yaparken şehir merkezlerine yakın geçtiğiniz yolları fark ettiniz mi? Bu yolların genel özellikleri nelerdi?
2. Yollarda inşa edilen tüneller yollarımızı kısaltır böylece yoldan, zamandan ve benzinden tasarruf sağlarız. Tüneller karanlık olduğu için aydınlatma kullanılır. Tünel aydınlatmaları düşünüldüğünde hepsi aynı parlaklıkta mıdır? Bunun nedeni ne olabilir?
3. Yollarda, tünellerde, stadyumlarda, evlerimizde kullandığımız aydınlatma sistemlerinde lambaların yönü hakkında neler söyleyebiliriz? Sizce lambaların yönü önemli midir? Neden?
4. Günlük hayatta ışığın yetersiz kaldığı durumlarda aydınlatma sistemlerinden yararlanırsınız. Sizce bu aydınlatma sistemlerinde lambaların bağlanma şekilleri önemli midir? Neden?



YORMAYAN STADYUM!

Problem Durumu: Özel bir inşaat firmasında elektrik mühendisi olarak çalışıyorsunuz. Patronunuz heyecanla yanınıza geldi ve sonunda “TRABZONSPOR” için yeni stadyumu biz yapacağız bu hep hayalini kurduğumuz bir iş dedi. Görev dağılımını yaptıktan sonra patron sizinle özel olarak konuşmak istedi. Patron yönetim kurulunun özel isteği doğrultusunda stadyum aydınlatma sisteminde bazı önemli hususların olduğunu belirtti.

“Şampiyonlar ligi maçlarının ve çoğu lig maçlarının akşam saatlerinde oynanması iyi bir aydınlatma sistemi gerektiriyor, fakat stadyum şehir içinde olduğu için aynı zamanda ışık

EK-1 (Devam)

kirliliğini de göz ardı edemeyiz. Öyle bir aydınlatma sistemi kurmalıyız ki hem futbolcular rahatça oyununu oynasın hem de stadyumdan yayılan ışık, ışık kirliliğine yol açmasın. Ayrıca enerjinin maliyeti düşünüldüğünde en düşük enerji tüketimi ile en uzun sürede en yüksek verimi alabilecek bir aydınlatma sistemi olmalı. Tasarruf anlamında ise gerekli olmadığı durumlarda enerji tüketimine yol açmayacak bir sistem tasarlamalısınız. Tasarımda maksimum 4 pil ve 4 ampul kullanabilirsiniz. Kullanışlı ve düşük maliyetli bir tasarım geliştirmeniz önemlidir.”

Dikkat!!! Stadyumun tam ortasına yerleştirilecek “Işık Miktarı Yeterli Mi?” kutusunda yer alan TÜRKİYE yazısı net okunabilen tasarımlar testi geçmiş olacaklardır.

Aşağıdaki sorular tartışılarak problemin kapsamı belirlenir, önceki bilgilerle, fen kavramları ilişkilendirilir.

1. Stadyum aydınlatma sisteminde lambalarının parlaklığını etkileyen faktörler neler olabilir?
2. Stadyumda lambaların bağlanma şekli aydınlatmada etkili midir?
3. Stadyumdaki lamba sayısı aydınlatmada etkili midir?
4. Bir devrede lambanın parlaklığını nasıl belirleyebiliriz?
5. Bir devrede harcanan enerjiyi nasıl belirleyebiliriz?
6. Işık kirliliğini önlemek için neler yapılabilir?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EK-1 (Devam)

Yukarıda verilen örnek olay kapsamında verilen problemi tanımlayınız ve problem ile ilgili Kriter ve Sınırlılıkları belirleyiniz.

Kriterler
1
2
3
Sınırlılıklar
1
2
3

Bilinmesi gerekenleri belirleyerek bunlar hakkında tartışma ve araştırma yaparak çözüm için gerekli verileri toplayınız. (Not: Bu aşamada PHET simülasyon programından yararlanabilirsiniz.)

Grup üyeleri ile beyin fırtınası yaparak kriter ve sınırlılıklara göre tasarım için fikirler (probleme çözümler) üretiniz.

Üretilen fikirlere dayalı olarak tasarımlarınızı çiziniz.

Kriter ve sınırlılıkları dikkate alarak bu fikirlerden en uygun olanı seçiniz. (Bu aşamada simülasyon programından yararlanabilirsiniz).

EK-1 (Devam)

Çözüm önerisi olarak sunduğunuz tasarımı oluşturunuz.

Kriter ve sınırlılıklar kapsamında prototipi test ediniz.

Kriterler ve Sınırlılıklar	Sağlama Durumu
1. Kriter	
2. Kriter	
3. Kriter	
4. Kriter	
5. Kriter	
1. Sınırlılık	
2. Sınırlılık	

Kriterleri sağlama durumuna göre tasarımları yeniden ele alarak geliştiriniz.

EK-2: Öğrenme Stilleri Web Formu

Lütfen Öğrenim Gördüğünüz Üniversitenin Adını Yazınız:
Lütfen Sınıf Düzeyinizi Seçiniz: Seçiniz v
Aşağıdaki yönergeleri takip ederek etkinliği tamamlayınız
Yönerge 1: Aşağıdaki senaryoyu okuyunuz.
Okulunuzda bir bilim fuarı planlanmaktadır. Öğretmenler kurulunda, fuarda sunulacak projeler için hazırlanacak standın içeriği ve tasarımına yönelik kişisel bakış açınızı yansıtmamız istenmektedir. Standı ziyaret edecek öğrencilerin projeleri daha kolay anlamaları beklenmektedir. Proje standını zenginleştirecek faaliyet ve tasarımlara ilişkin önerilerinizi, kendi bakış açınızı ön plana çıkaracak şekilde, önceliğinize göre sıralayınız.
Yönerge 2: Sizden üç öneri geliştirmeniz beklenmektedir. Öneriler geliştirirken önceliğinizi ve aşağıdaki anahtar kelimeleri dikkate alınız.
Anahtar kelimeler: <i>Renkli ve dikkat çekici görseller, grafikler ve resimler, interaktif sesli sunumlar, videolar, modeller, diyagramlar, broşürler, posterler, podcast, deneyler, simülasyonlar.</i>
CEVAPLAR Ben Olsaydım;

EK-3: Kavram Yanılgıları Web Formu

Kavram yanılgılarını tespit etmeye yönelik geliştirilen web form ve hazırlanan sorular

Lütfen Öğrenim Gördüğünüz Üniversitenin Adını Yazınız:

Lütfen Sınıf Düzeyinizi Seçiniz:

Seçiniz

Soru 1: Bir elektrik devresinde üreticinin eşdeğer olduğu durumda, tek bir ampul varken ile birbirine seri bağlı aynı dirençte iki ampul varken ki durumlarda ampullerin parlaklıklarını karşılaştırmanız ve nedenini belirtmeniz istenmektedir. Bu problem durumuna Ahmet şu şekilde cevap vermiştir:

Tek bir ampul varken ampul oldukça parlak yanar. Daha sonra birincisi ile seri olarak ikinci bir ampul eklediğimizde her iki ampulde eşit ve daha az parlak yanar. Bunun sebebi ise tek ampul, devreden geçen akımın tamamını kullanır. Devrede iki ampul varken ise akım, ampuller tarafından paylaşılır ve bu sebeple eşit miktarda ama daha az parlak yanarlar.

Ahmet'in cevabını seri ve paralel bağlı direnç kavramlarına göre gerekçesini belirterek değerlendiriniz.

Değerli öğretmen adayları;

Aşağıda elektrik konusuna yönelik açık uçlu on sorudan oluşan bir web form yer almaktadır. Her bir soruya vereceğiniz samimi yanıtlar, veri toplama sürecine kaynaklık edecektir. Katkılarınız için simdiden çok teşekkür ederiz.

Arş. Gör. Hüseyin Miraç PEKTAŞ
 Prof. Dr. Orhan KARAMUSTAFAOĞLU
 Prof. Dr. Harun ÇELİK

SORU 1: Bir elektrik devresinde üreticinin eşdeğer olduğu durumda, tek bir ampul varken ile birbirine seri bağlı aynı dirençte iki ampul varken ki durumlarda ampullerin parlaklıklarını karşılaştırmanız ve nedenini belirtmeniz istenmektedir.

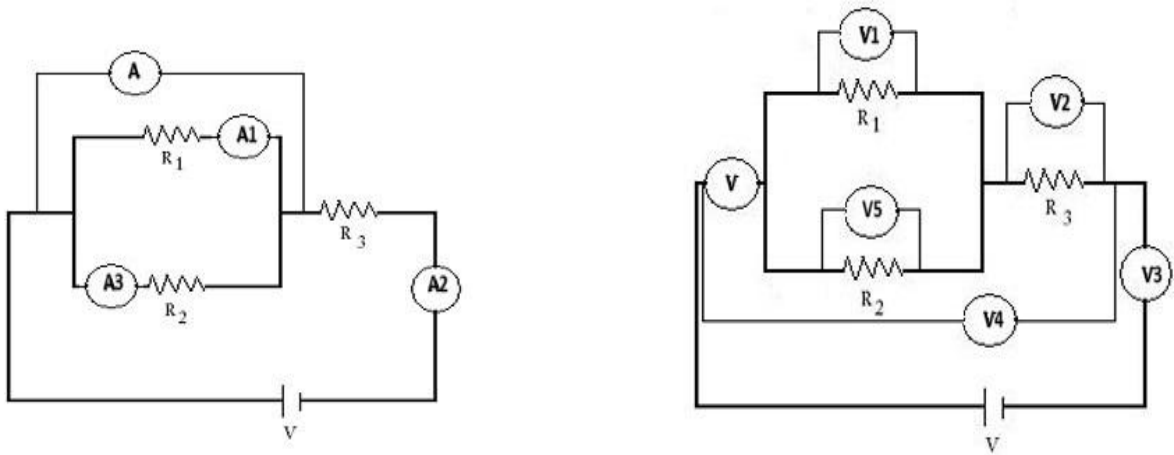
Bu problem durumuna Ahmet şu şekilde cevap vermiştir:

Tek bir ampul varken ampul oldukça parlak yanar. Daha sonra birincisi ile seri olarak ikinci bir ampul eklediğimizde her iki ampulde eşit ve daha az parlak yanar. Bunun sebebi ise tek ampul, devreden geçen akımın tamamını kullanır. Devrede iki ampul varken ise akım, ampuller tarafından paylaşılır ve bu sebeple eşit miktarda ama daha az parlak yanarlar.

EK-3 (Devam)

Ahmet'in cevabını seri ve paralel bağlı direnç kavramlarına göre gerekçesini belirterek değerlendiriniz.

SORU 2: Aşağıda Ampermetre ve Voltmetrenin devreye bağlanmasıyla ilgili çizimler gösterilmiştir.



Şekillerde etiketlenen ampermetrelerin (A, A1, A2, A3) ve voltmetrelerin (V, V1, V2, V3, V4, V5) devre tasarımlarındaki bağlanma türüne (seri ve paralel) göre doğruluğunu gerekçelerini belirterek değerlendiriniz.

SORU 3: Bir iletkenin direnci nelere bağlı? olduğunu sorgulayan bir soruya; bir iletkenin direnci, sadece iletkenin uzunluğu ve kesit alanıyla doğru orantılıdır cevabı verilmiştir.

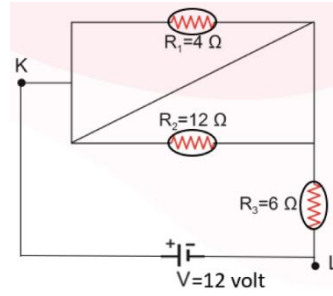
Bu cevabı öz direnç kavramına göre gerekçesini belirterek değerlendiriniz.

SORU 4: Bir iletkenin direnci, akım şiddetiyle doğru orantılıdır. Diğer bir deyişle, akımın artması durumunda iletkenin direnci de artar. Verilen ifadeyi OHM yasasına göre gerekçesini belirterek değerlendiriniz.

SORU 5: Katılarda ve sıvılarda elektrik akımı serbest elektron hareketi ile sağlanmaktadır. Yukarıda verilen ifadenin doğruluğunu değerlendirerek gazlardaki elektrik akımının iletimini açıklayınız.

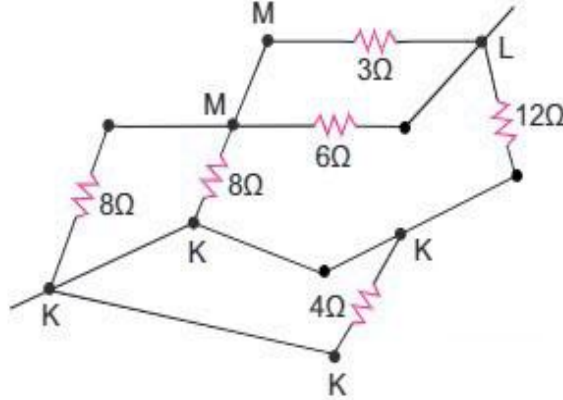
EK-3 (Devam)

SORU 6: Bir öğrenci direnç değerleri R_1 , R_2 ve R_3 olan üç tane lamba ile şekildeki devreyi kuruyor. Öğrenci, bazı lambaların ışık vermediğini fark ediyor.



Öğrenci hangi lambaların ışık vermediğini nasıl açıklamalıdır?

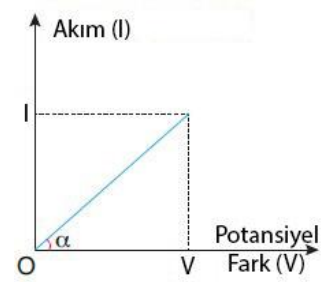
SORU 7: Aşağıda verilen şekilde K ve L noktaları arasındaki eş değer direnci hesaplayabilmek için hangi bilgilere ihtiyacımız vardır? Eş değer direnç kaç ohm'dur?



SORU 8: Öz direnci küçük maddeler kötü iletken, öz direnci büyük maddeler ise kötü yalıtkandır. Verilen öz direnç açıklamasını nasıl yorumlarsınız?

EK-3 (Devam)

SORU 9: Sabit sıcaklıkta bir iletkenin geçen akım şiddeti ile iletkenin uçlarına uygulanan potansiyel farka bağlı değişim grafiği şekildeki gibidir. Grafiğin eğimi iletkenin elektrik akımına gösterdiği direnci verir.

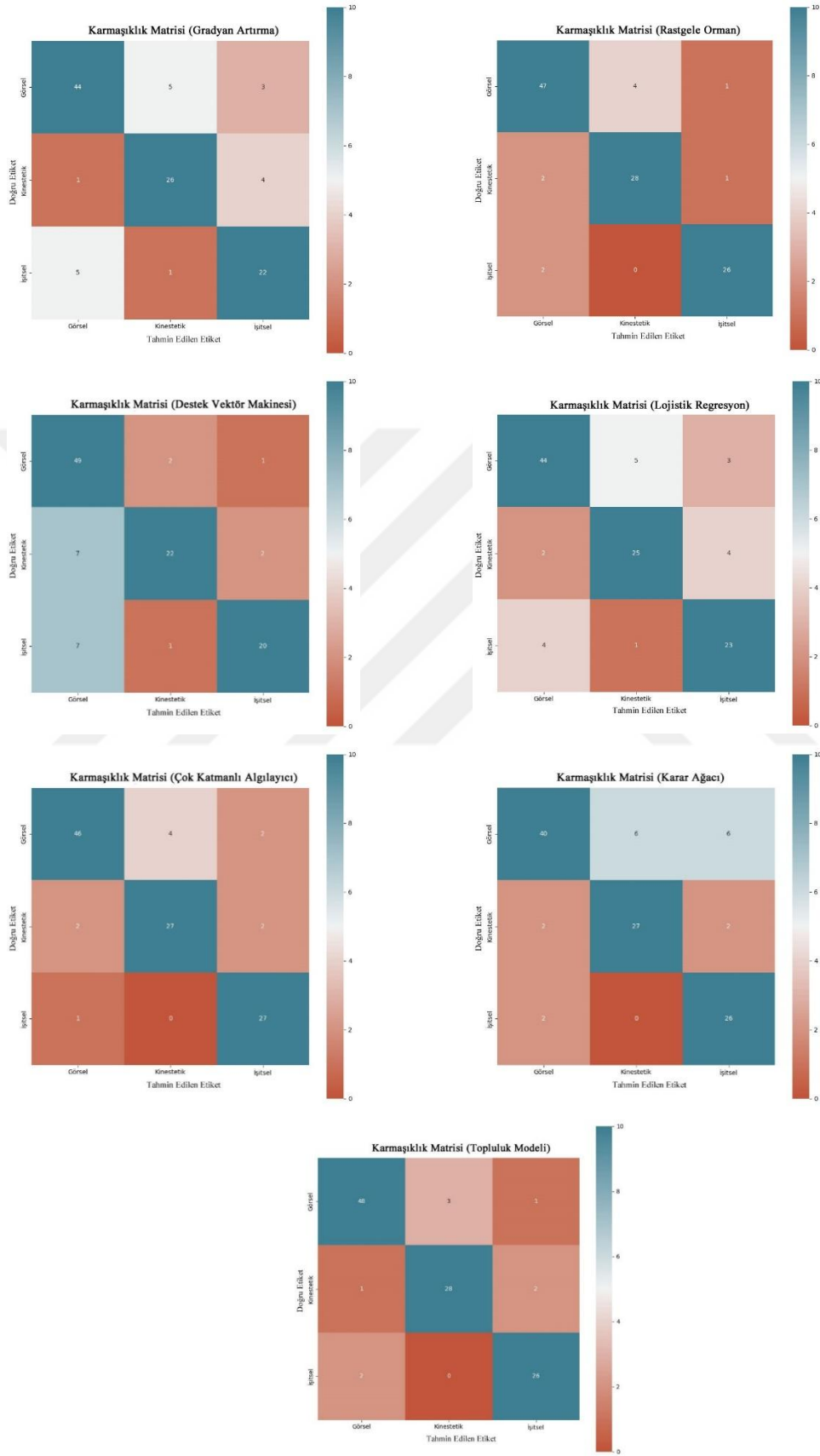


Yukarıda verilen açıklamayı yorumlayarak grafiğin doğruluğunu test edin.

SORU 10: Seri bağlı üreteçlerle (pillerle) oluşturulan bir elektrik devresinde devreden geçen akım şiddeti, üreteç sayısı ile ters orantılıdır. Üreteçlerin sayısı arttıkça devreden geçen akım da azalacağı için üreteçler daha kısa sürede tükenir. Paralel bağlı üreteçlerle oluşturulan bir elektrik devresinde ise üreteç sayısının artması devreden geçen akım şiddetini artırır. Paralel bağlı üreteçlerin sayısı arttıkça her bir üreteçten geçen akım da artar. Bu da üreteçlerin daha uzun süre akım vermesini sağlar.

Yukarıda verilen cümledeki olası hatalı ifadeleri tespit ederek cümleyi tekrar yazınız.

EK-4: Öğrenme Stilleri Karmaşıklık Matrisi



EK-5: Kavram Yanılgıları Karmaşıklık Matrisi

Q-1

Confusion Matrix (MLP)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	44 43.56%	3 2.97%	1 0.99%	48 91.67% 8.33%
US	4 3.96%	29 28.71%	1 0.99%	34 85.29% 14.71%
CM	2 1.98%	3 2.97%	14 13.86%	19 73.68% 26.32%
TOTAL	50 88.00% 12.00%	35 82.86% 17.14%	16 87.50% 12.50%	87 / 101 86.14% 13.86%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	46 45.54%	3 2.97%	1 0.99%	50 92.00% 8.00%
US	3 2.97%	30 29.70%	1 0.99%	34 88.24% 11.76%
CM	1 0.99%	2 1.98%	14 13.86%	17 82.35% 17.65%
TOTAL	50 92.00% 8.00%	35 85.71% 14.29%	16 87.50% 12.50%	90 / 101 89.11% 10.89%

Q-2

Confusion Matrix (k-NN)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	47 46.53%	3 2.97%	2 1.98%	52 90.38% 9.62%
US	3 2.97%	28 27.72%	1 0.99%	32 87.50% 12.50%
CM	2 1.98%	3 2.97%	12 11.88%	17 70.59% 29.41%
TOTAL	52 90.38% 9.62%	34 82.35% 17.65%	15 80.00% 20.00%	87 / 101 86.14% 13.86%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	48 47.52%	2 1.98%	2 1.98%	52 92.31% 7.69%
US	2 1.98%	28 27.72%	1 0.99%	31 90.32% 9.68%
CM	2 1.98%	4 3.96%	12 11.88%	18 66.67% 33.33%
TOTAL	52 92.31% 7.69%	34 82.35% 17.65%	15 80.00% 20.00%	88 / 101 87.13% 12.87%

Q-3

Confusion Matrix (SVM)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	49 50.00%	1 1.02%	1 1.02%	51 96.08% 3.92%
US	3 3.06%	27 27.55%	2 2.04%	32 84.38% 15.63%
CM	3 3.06%	4 4.08%	8 8.16%	15 53.33% 46.67%
TOTAL	55 89.09% 10.91%	32 84.38% 15.63%	11 72.73% 27.27%	84 / 98 85.71% 14.29%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	49 50.00%	1 1.02%	1 1.02%	51 96.08% 3.92%
US	3 3.06%	27 27.55%	1 1.02%	31 87.10% 12.90%
CM	3 3.06%	4 4.08%	9 9.18%	16 56.25% 43.75%
TOTAL	55 89.09% 10.91%	32 84.38% 15.63%	11 81.82% 18.18%	85 / 98 86.73% 13.27%

Q-4

Confusion Matrix (MLP)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	47 47.96%	3 3.06%	1 1.02%	51 92.16% 7.84%
US	4 4.08%	29 29.59%	1 1.02%	34 85.29% 14.71%
CM	3 3.06%	3 3.06%	7 7.14%	13 53.85% 46.15%
TOTAL	54 87.04% 12.96%	35 82.86% 17.14%	9 77.78% 22.22%	83 / 98 84.69% 15.31%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	48 48.98%	3 3.06%	2 2.04%	53 90.57% 9.43%
US	4 4.08%	29 29.59%	0 0.00%	33 87.88% 12.12%
CM	2 2.04%	3 3.06%	7 7.14%	12 58.33% 41.67%
TOTAL	54 88.89% 11.11%	35 82.86% 17.14%	9 77.78% 22.22%	84 / 98 85.71% 14.29%

EK-5 (Devam)

Q-5

Confusion Matrix (k-NN)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	45 45.45%	3 3.03%	2 2.02%	50 90.00% 10.00%
US	3 3.03%	30 30.30%	1 1.01%	34 88.24% 11.76%
CM	2 2.02%	5 5.05%	8 8.08%	15 53.33% 46.67%
TOTAL	50 90.00% 10.00%	38 78.95% 21.05%	11 72.73% 27.27%	83 / 99 83.84% 16.16%

Q-6

Confusion Matrix (GB)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	46 45.10%	2 1.96%	2 1.96%	50 92.00% 8.00%
US	4 3.92%	30 29.41%	1 0.98%	35 85.71% 14.29%
CM	4 3.92%	4 3.92%	9 8.82%	17 52.94% 47.06%
TOTAL	54 85.19% 14.81%	36 83.33% 16.67%	12 75.00% 25.00%	85 / 102 83.33% 16.67%

Q-7

Confusion Matrix (NB)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	45 45.00%	3 3.00%	3 3.00%	51 88.24% 11.76%
US	3 3.00%	29 29.00%	2 2.00%	34 85.29% 14.71%
CM	3 3.00%	4 4.00%	8 8.00%	15 53.33% 46.67%
TOTAL	51 88.24% 11.76%	36 80.56% 19.44%	13 61.54% 38.46%	82 / 100 82.00% 18.00%

Q-8

Confusion Matrix (RF)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	43 43.00%	3 3.00%	3 3.00%	49 87.76% 12.24%
US	3 3.00%	29 29.00%	4 4.00%	36 80.56% 19.44%
CM	4 4.00%	3 3.00%	8 8.00%	15 53.33% 46.67%
TOTAL	50 86.00% 14.00%	35 82.86% 17.14%	15 53.33% 46.67%	80 / 100 80.00% 20.00%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	47 47.47%	3 3.03%	2 2.02%	52 90.38% 9.62%
US	2 2.02%	30 30.30%	1 1.01%	33 90.91% 9.09%
CM	1 1.01%	5 5.05%	8 8.08%	14 57.14% 42.86%
TOTAL	50 94.00% 6.00%	38 78.95% 21.05%	11 72.73% 27.27%	85 / 99 85.86% 14.14%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	47 46.08%	2 1.96%	2 1.96%	51 92.16% 7.84%
US	4 3.92%	31 30.39%	1 0.98%	36 86.11% 13.89%
CM	3 2.94%	3 2.94%	9 8.82%	15 60.00% 40.00%
TOTAL	54 87.04% 12.96%	36 86.11% 13.89%	12 75.00% 25.00%	87 / 102 85.29% 14.71%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	46 46.00%	3 3.00%	3 3.00%	52 88.46% 11.54%
US	2 2.00%	30 30.00%	2 2.00%	34 88.24% 11.76%
CM	3 3.00%	3 3.00%	8 8.00%	14 57.14% 42.86%
TOTAL	51 90.20% 9.80%	36 83.33% 16.67%	13 61.54% 38.46%	84 / 100 84.00% 16.00%

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
OUTPUT \ TARGET	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	45 45.00%	3 3.00%	3 3.00%	51 88.24% 11.76%
US	2 2.00%	29 29.00%	4 4.00%	35 82.86% 17.14%
CM	3 3.00%	3 3.00%	8 8.00%	14 57.14% 42.86%
TOTAL	50 90.00% 10.00%	35 82.86% 17.14%	15 53.33% 46.67%	82 / 100 82.00% 18.00%

EK-5 (Devam)

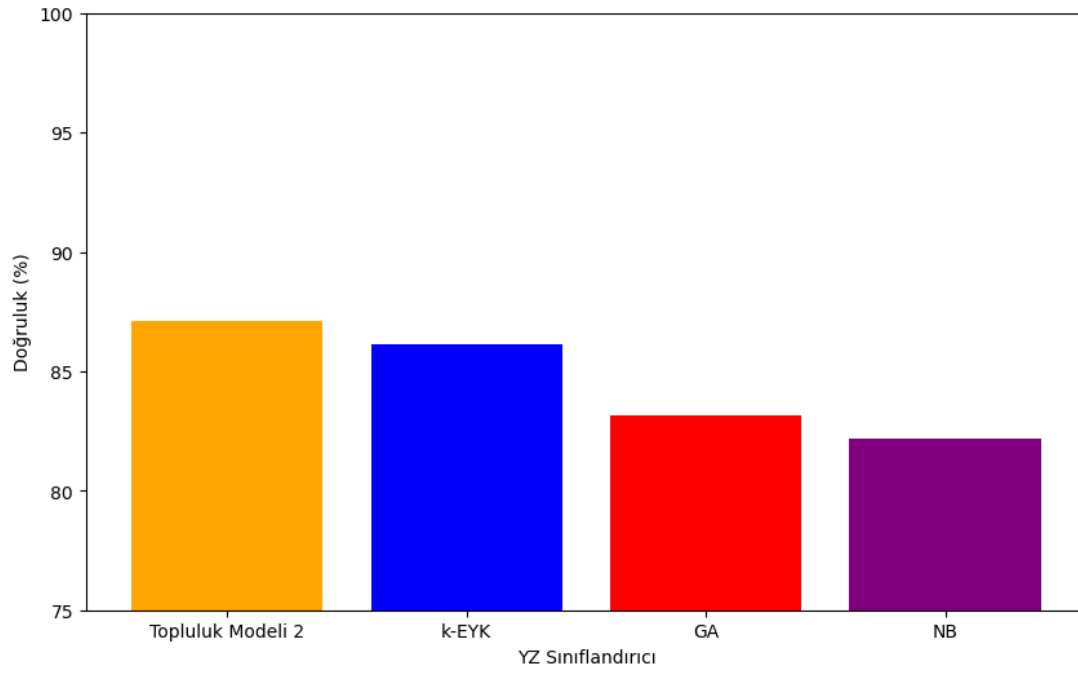
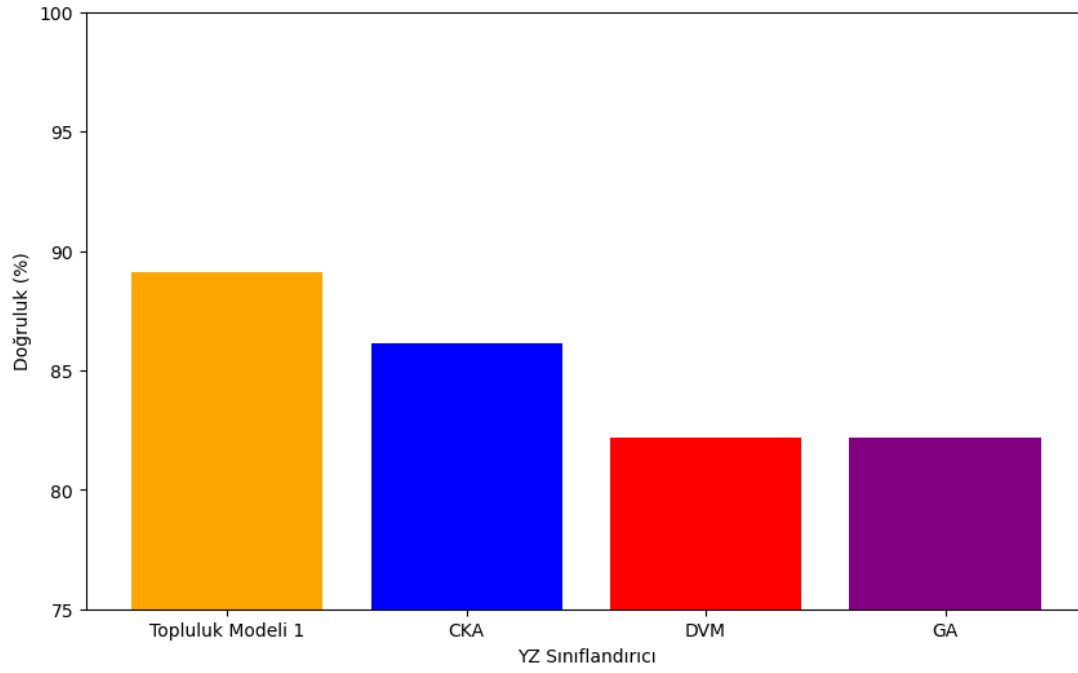
Q-9

Confusion Matrix (k-NN)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	41 41.41%	5 5.05%	3 3.03%	49 83.67% 16.33%
US	4 4.04%	31 31.31%	4 4.04%	39 79.49% 20.51%
CM	3 3.03%	2 2.02%	6 6.06%	11 54.55% 45.45%
TOTAL	48 85.42% 14.58%	38 81.58% 18.42%	13 46.15% 53.85%	78 / 99 78.79% 21.21%
Confusion Matrix (GB)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	57 55.88%	3 2.94%	3 2.94%	63 90.48% 9.52%
US	4 3.92%	14 13.73%	4 3.92%	22 63.64% 36.36%
CM	3 2.94%	3 2.94%	11 10.78%	17 64.71% 35.29%
TOTAL	64 89.06% 10.94%	20 70.00% 30.00%	18 61.11% 38.89%	82 / 102 80.39% 19.61%

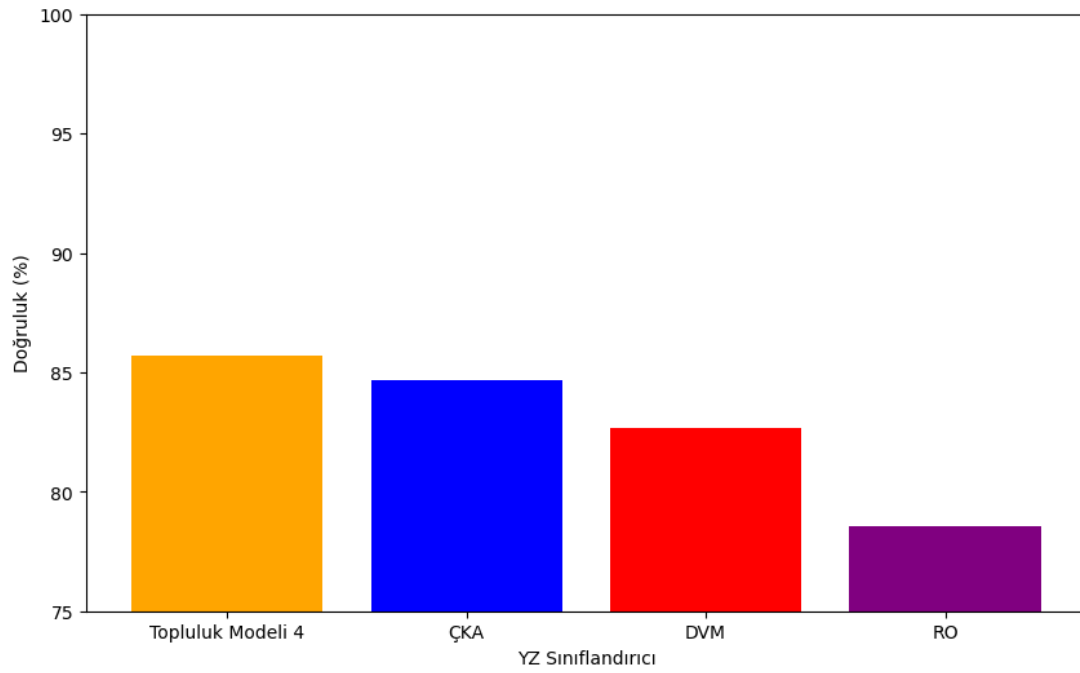
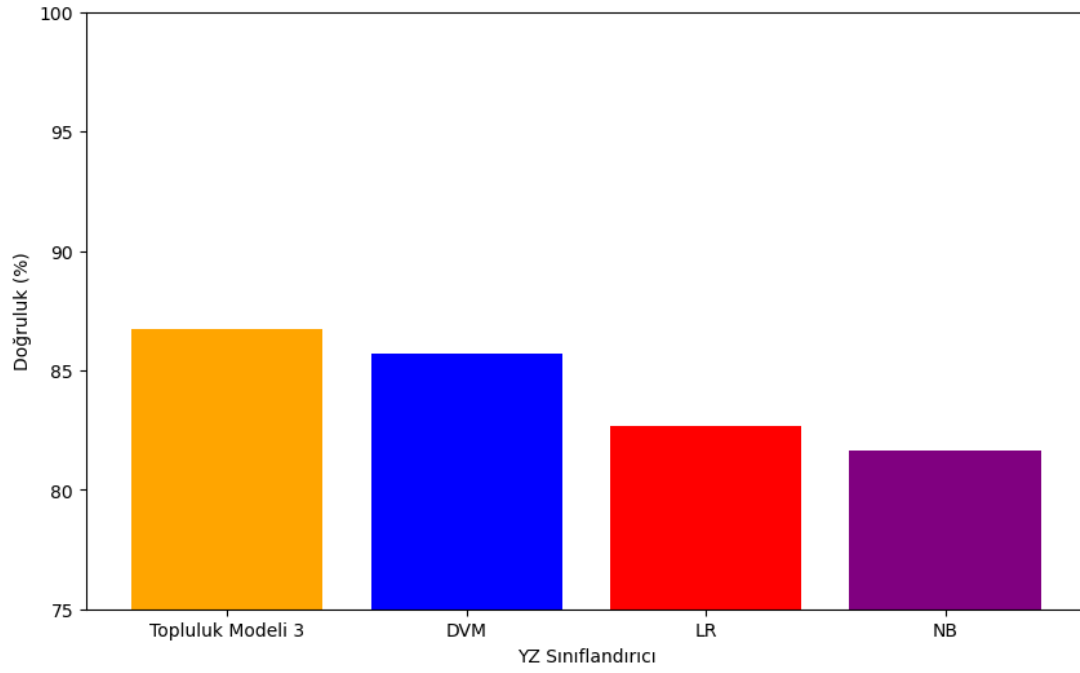
Q-10

Confusion Matrix (Ensemble Model)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	42 42.42%	5 5.05%	2 2.02%	49 85.71% 14.29%
US	3 3.03%	31 31.31%	4 4.04%	38 81.58% 18.42%
CM	3 3.03%	2 2.02%	7 7.07%	12 58.33% 41.67%
TOTAL	48 87.50% 12.50%	38 81.58% 18.42%	13 53.85% 46.15%	80 / 99 80.81% 19.19%
Confusion Matrix (Ensemble Model)				
TARGET \ OUTPUT	CSI	US	CM	TOTAL
CSI	59 57.84%	4 3.92%	3 2.94%	66 89.39% 10.61%
US	2 1.96%	14 13.73%	3 2.94%	19 73.68% 26.32%
CM	3 2.94%	2 1.96%	12 11.76%	17 70.59% 29.41%
TOTAL	64 92.19% 7.81%	20 70.00% 30.00%	18 66.67% 33.33%	85 / 102 83.33% 16.67%

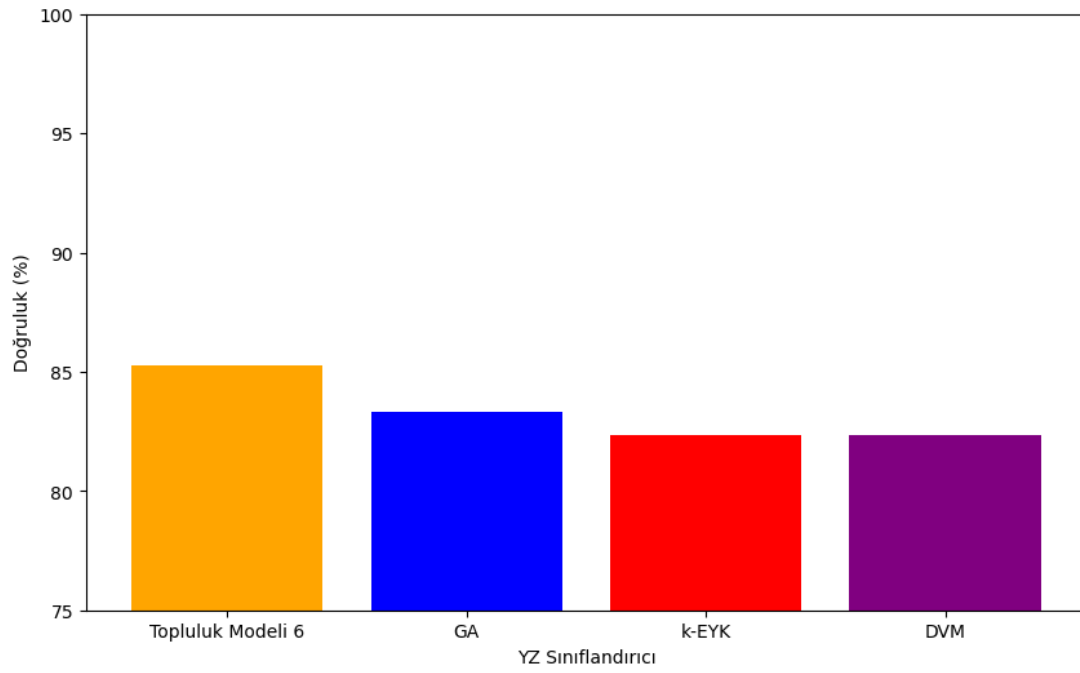
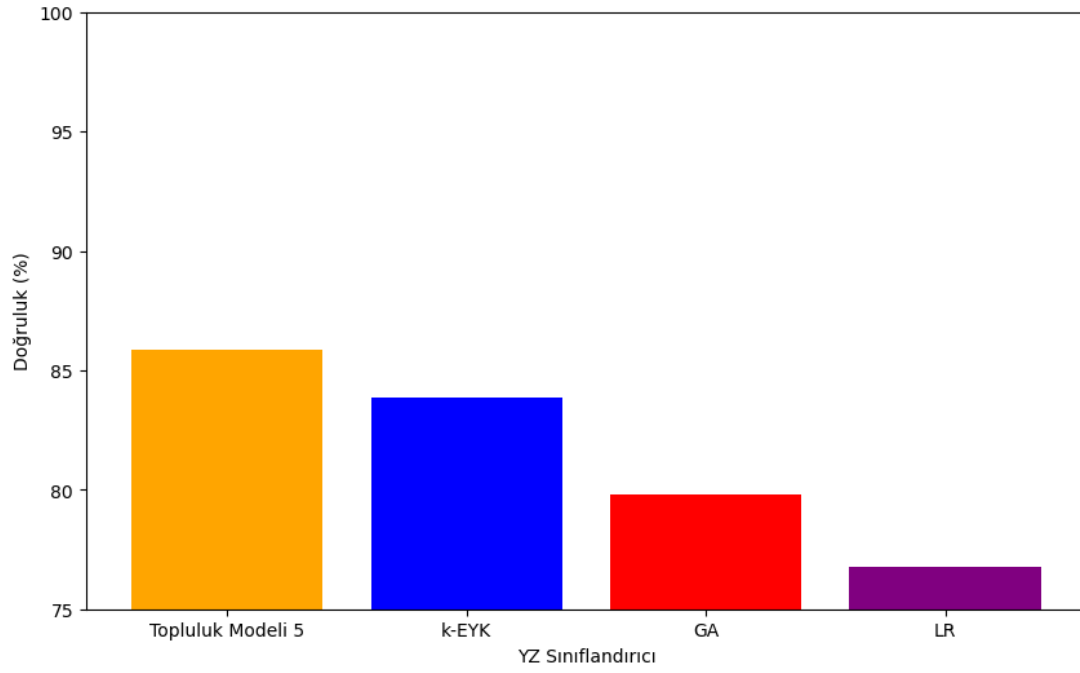
EK-6: Kavram Yanılgıları Doğruluk Değerleri



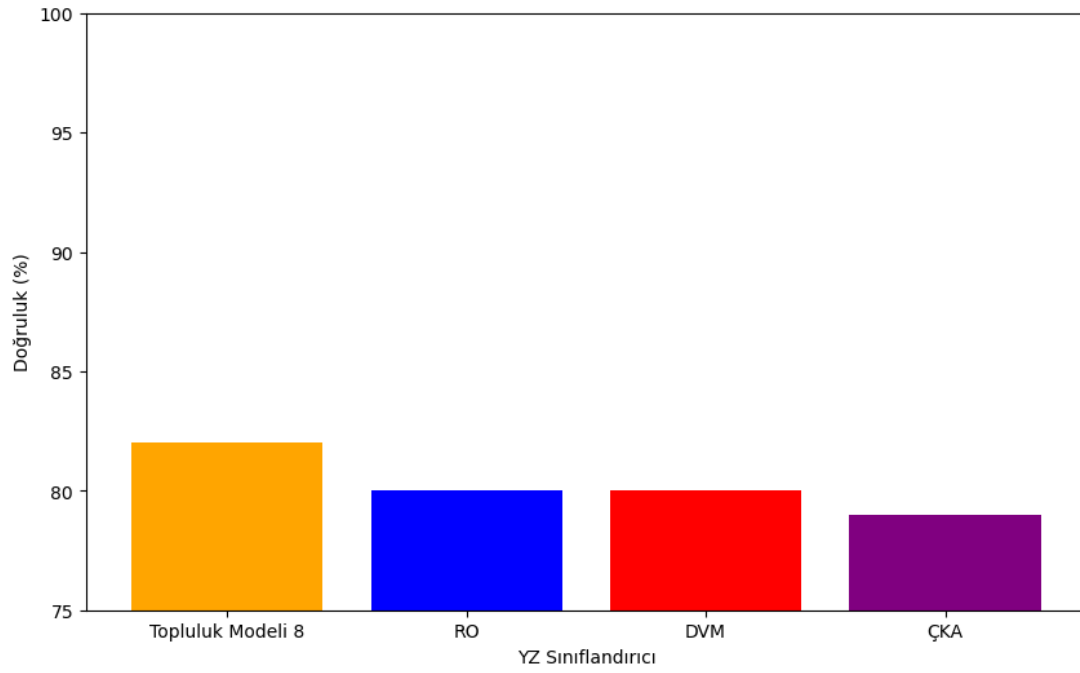
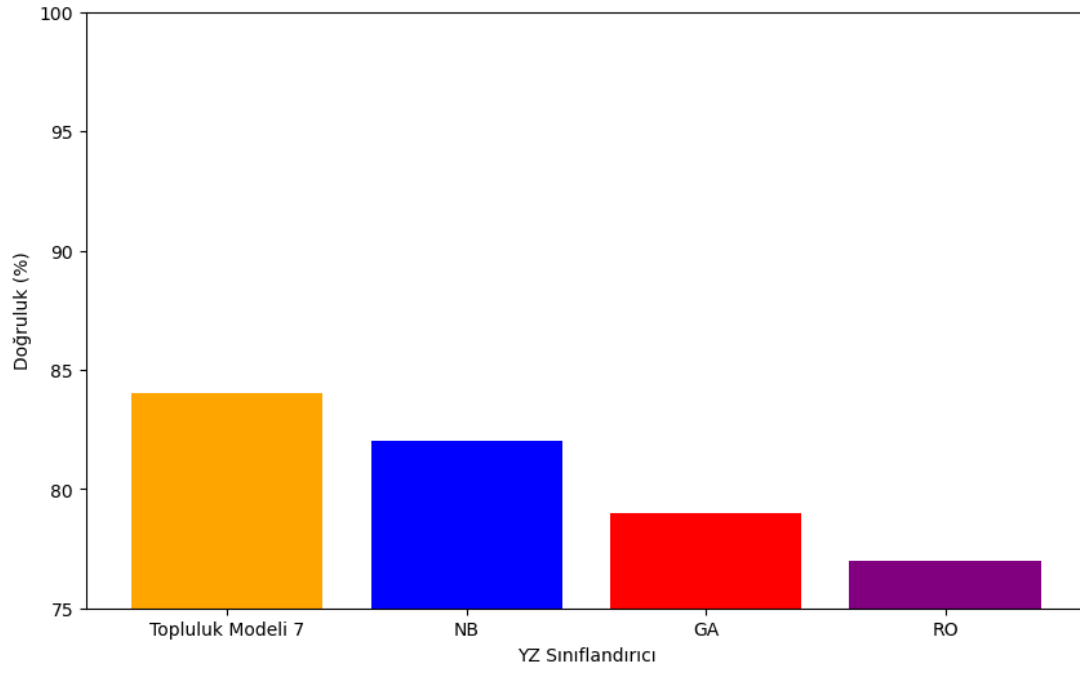
EK-6 (Devam)



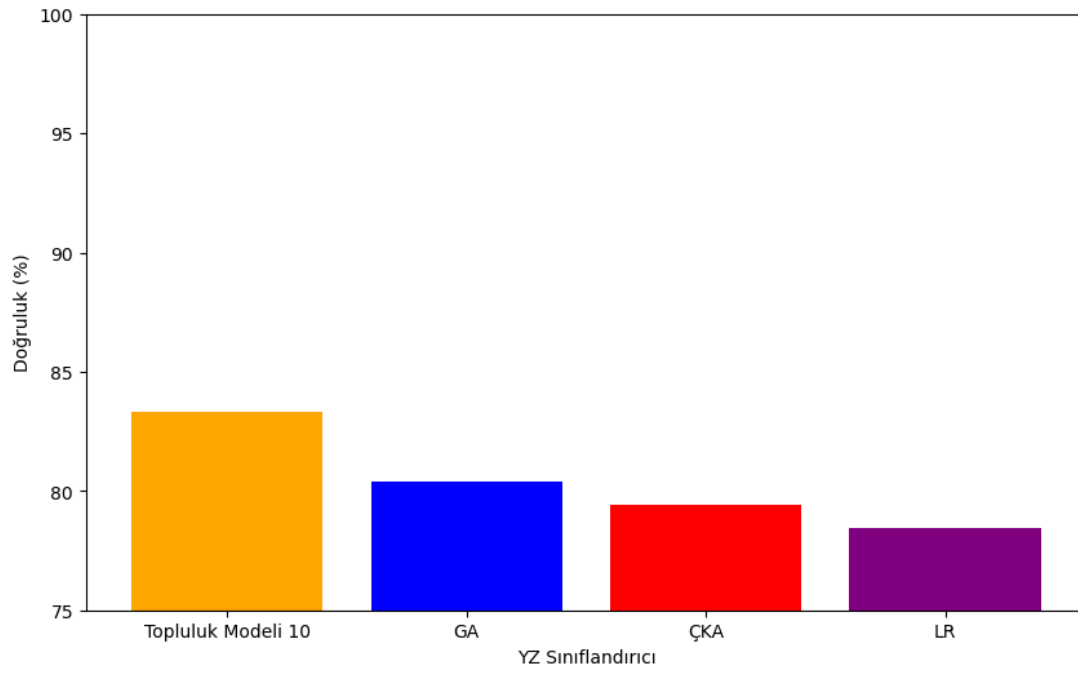
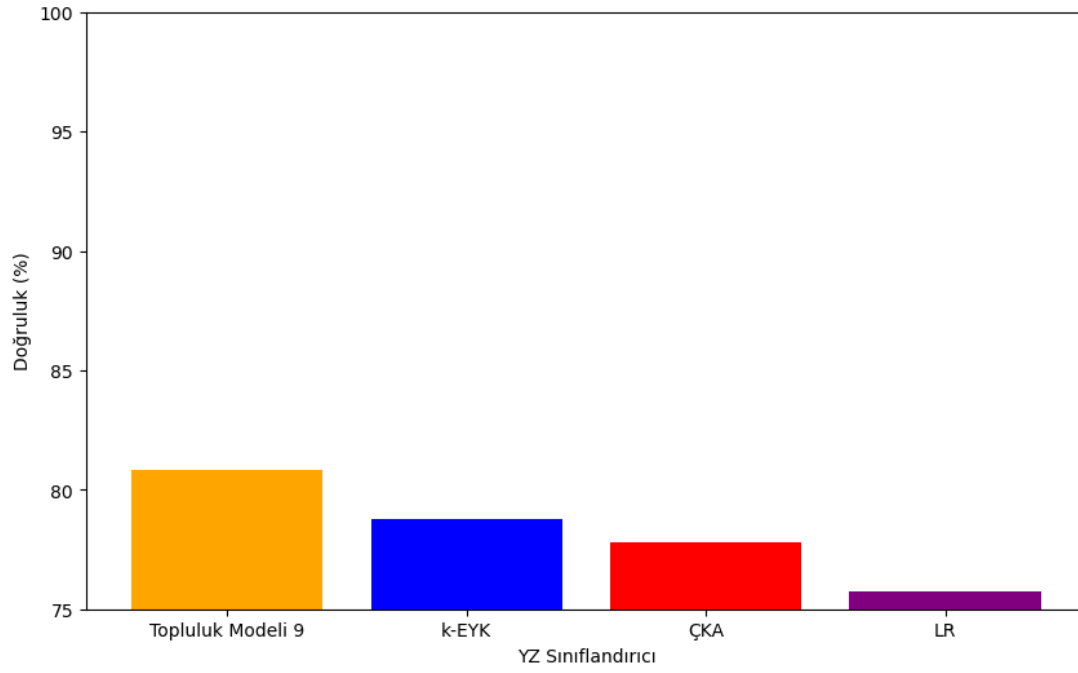
EK-6 (Devam)



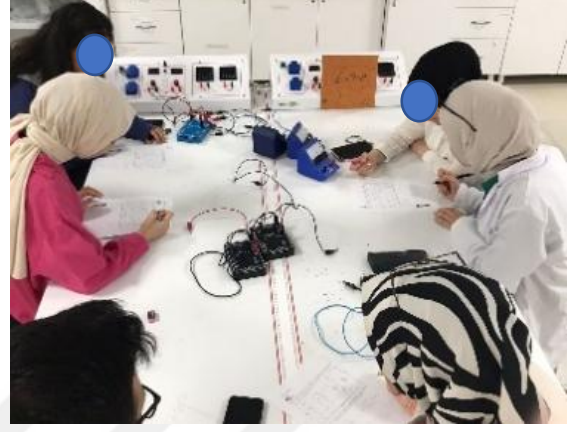
EK-6 (Devam)



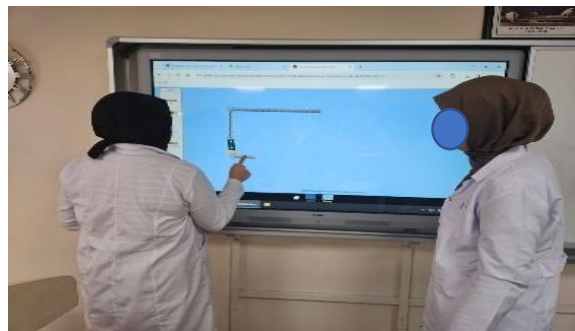
EK-6 (Devam)



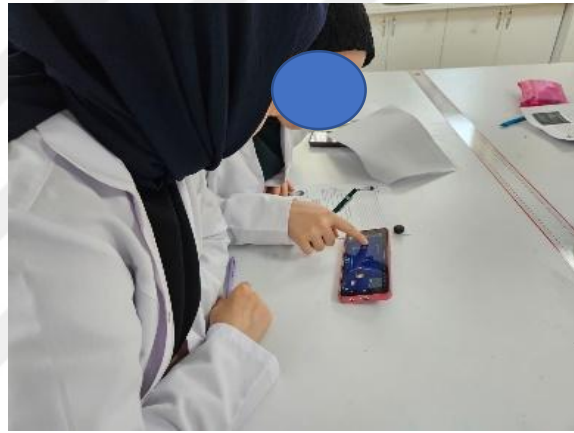
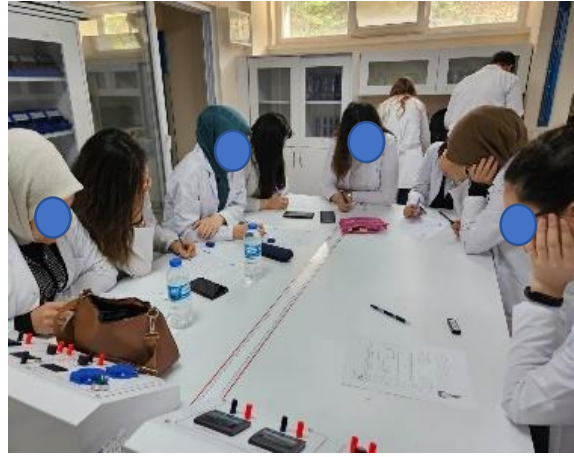
EK-7: Uygulama Sürecine Yönelik Görseller



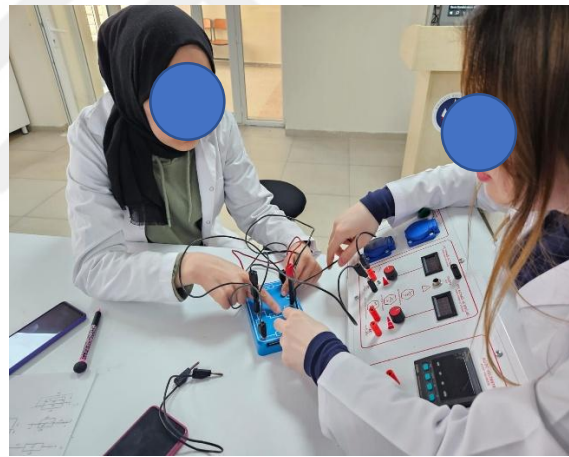
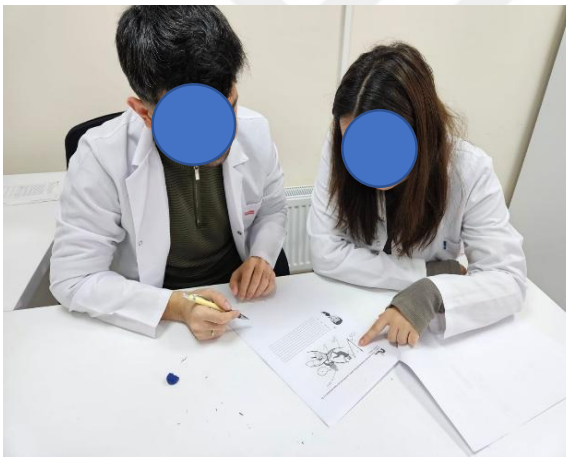
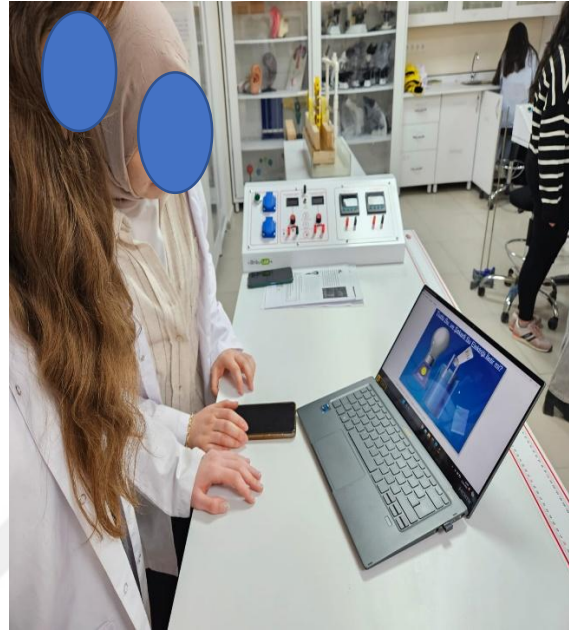
EK-7 (Devam)



EK-7 (Devam)



EK-7 (Devam)



ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Hüseyin Miraç PEKTAŞ

Makaleler

1. Pektaş, H. M., Karamustafaoğlu, O. and Çelik, H. (2025). The role of educational data mining and artificial intelligence supported learning analytics on conceptual change: New approaches to differentiated instruction. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10214-3>
2. Sarı, U., Ulusoy, A. and Pektaş, H. M. (2025). Computational thinking in science laboratories based on the flipped classroom model: Computational thinking, laboratory entrepreneurial and attitude. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10192-y>
3. Pektaş, H. M. and Karamustafaoğlu, S. (2025). 5E enriched with technology-supported conceptual change tools: The effect on conceptual change level and creative problem solving skills of gifted students. *School Science and Mathematics*. (Accepted).
4. Pektaş, H. M. (2025). The effect of digital game-based learning on gifted and talented students' learning of Hooke's law: Try and See!. *Optimum Science Journal (OPS Journal)*. (Accepted).
5. Kökver, Y., Pektaş, H. M. and Çelik, H. (2024). Artificial intelligence applications in education: Natural language processing in detecting misconceptions. *Education and Information Technologies*, 30(3), 3035-3066. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12919-1>
6. Pektaş, H. M., Çelik, H. and Karamustafaoğlu, O. (2024). POE activity enriched with augmented reality: Conceptual change on pressure in liquids. *Indonesian Journal of Physics Education*, 20(2).

7. Pektaş, H. M. ve Karamustafaoğlu, S. (2024). Başarı testi geliştirme çalışması: Elektrik yükleri ve elektrik enerjisi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 12(2), 318-347.
<https://doi.org/10.56423/fbod.1450924>
8. Karamustafaoğlu, O. and Pektaş, H. M. (2023). Developing students' creative problem solving skills with inquiry-based STEM activity in an out-of-school learning environment. *Education and Information Technologies*, 28(6), 7651–7669.
<http://doi.org/10.1007/s10639-022-11496-5>
9. Çelik, H., Pektaş, H. M., Karaşahin, A. and Karamustafaoğlu, O. (2023). Teacher candidates' proficiency in utilising the REACT strategy through experimental activities. *International Journal of Knowledge and Learning*, 16(1),1-16.
<http://doi.org/10.1504/IJKL.2022.10047592>
10. Sarı, U., Pektaş, H. M., Şen, Ö. F. And Çelik, H. (2022). Algorithmic thinking development through physical computing activities with Arduino in STEM education. *Education and Information Technologies*, 27, 6669–6689.
<https://doi.org/10.1007/s10639-022-10893-0>
11. Sarı, U., Çelik, H., Pektaş, H. M. and Yalçın, S. (2022). Effects of STEM-focused Arduino practical activities on problem-solving and entrepreneurship skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(3), 140–154.
<https://doi.org/10.14742/ajet.7293>
12. Çelik, H., Pektaş, H. M. and Karamustafaoğlu, O. (2021). The Effects of the flipped classroom model on the laboratory self-efficacy and attitude of higher education students. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education* 25(2), 47-67.
13. Sarı, U., Pektaş, H. M., Çelik, H. and Kırındı, T. (2019). The effects of virtual and computer based real laboratory applications on the attitude, motivation and graphic interpretation skills of university students. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 27(1), 1-17.
<https://doi.org/10.30722/IJISME.27.01.001>

14. Çelik, H., Pektaş, H. M. and Karamustafaoğlu, O. (2018). Science teaching laboratory applications: common knowledge construction, learning cycle models and stem approach. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 9(3), 11-29.
15. Çelik, H. and Pektaş, H. M. (2017). Graphic comprehension and interpretation skills of preservice teachers with different learning approaches in a technology-aided learning environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9667-9>
16. Akçayır, M., Akçayır, G, Pektaş, H. M. and Ocak, M.A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054>
17. Demirbaş, M. and Pektaş, H.M. (2015). Evaluation of experiments conducted about 5e learning cycle model and determination of the problems encountered. *International Online Journal of Educational Sciences*, 7(1), 51-64.
18. Demirbaş, M. and Pektaş, H. M. (2012). The views of prospective science teachers on the use of science centers for educational purposes: an example of application in Turkey. *International Journal of Social Sciences and Education*, 1(2), 589-602.
19. Çelik, H., Pektaş, H. M. ve Demirbaş, M. (2012). Sınıf öğretmenliği öğrencilerinin elektrik devrelerini kurma ve şematize etme durumlarının incelenmesi. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Dergisi*, 35, 85-103.
20. Akbaş, O. and Pektaş, H. M. (2011). The effects of using an interactive whiteboard on the academic achievement of university students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12(2), Article 13.
21. Demirbaş, M. and Pektaş, H. M. (2010). Measurement of the skills of Turkish university students in using microscopes and the analysis of the problems faced in this process. *World Applied Sciences Journal*, (9)11, 1177-1182.

22. Pektaş, H. M., Çelik, H., Katrancı, M. ve Köse, S. (2009). 5. sınıflarda ses ve ışık ünitesinin öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17 (2), 657-667.
23. Demirbaş, M. ve Pektaş, H. M. (2009). İlköğretim öğrencilerinin çevre sorunu ile ilişkili temel kavramları gerçekleştirme düzeyleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen Ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 3(2), 195-211.
24. Pektaş, H. M., Çelik, H. ve Köse, S. (2009). Proje tabanlı öğrenme yaklaşımı üzerine uygulama güçlük ölçeğinin geliştirilmesi. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(3), 111-118.
25. Pektaş, H. M. ve Arslan, M.M. (2009). Fen ve teknoloji öğretmenlerinin proje tabanlı öğrenme uygulamalarında karşılaşılan sorunlara katılma düzeyleri. *Çağdaş Eğitim Dergisi*, 34(367), 3-12.

Bildiriler

1. Pektaş, H. M., Çelik, H. ve Karamustafaoğlu, O. (14-16 Ocak 2022). Artırılmış Gerçeklik ile Zenginleştirilmiş Tahmin-Gözlem-Açıklama Etkinliği: Sıvılarda Basınç Üzerine Kavramsal Değişim. *V. Ulusal Fizik Eğitimi Kongresi*. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
2. Pektaş, H. M., Karamustafaoğlu, S. and Karamustafaoğlu, O. (7-10 June 2022). Designing an Inquiry-Based Stem Activity: Example of Force and Motion. *III. INTERNATIONAL CONGRESS of Modern Studies in Social Sciences and Humanities*. Azerbaijan.
3. Pektaş, H. M., Karamustafaoğlu, S. and Karamustafaoğlu, O. (7-10 June 2022). Examination Of Chemistry Prospective Teachers' Qualifications To Prepare Conceptual Change Texts. *III. INTERNATIONAL CONGRESS of Modern Studies in Social Sciences and Humanities*. Azerbaijan.
4. Çelik, H., Pektaş, H. M. ve Karamustafaoğlu, O. (10-12 May 2018). Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları: Ortak Bilgi Yapılandırma, Öğrenme Halkası Modelleri ve STEM Yaklaşımı. *9th International Congress on New Trends in Education*. Antalya.

5. Katrancı, M., Pektaş, H. M. and Çelik, H. (6-8 September 2018). Investigation of Relationship Between Teacher Candidates' Learning Approaches and Critical Thinking Dispositions. International Learning. *Teaching and Education Research (ILTER)*. Amasya.
6. Çelik, H., Pektaş, H. M. and Demirbaş, M. (6-8 September 2018). Evaluation of Outdoor Learning Environment in Science Education by Preservice Teachers. *International Learning, Teaching and Education Research (ILTER)*. Amasya.
7. Pektaş, H. M. & Çelik, H. and Katrancı, M. (6-8 September 2018). The Effect on the Laboratory Attitudes of the University Students of the Flipped Classroom Training Model Applied in the Physics Laboratory. *International Learning, Teaching and Education Research (ILTER)*. Amasya.
8. Pektaş, H. M. (13-15 Ekim 2016). Artırılmış Gerçeklik Destekli Deneylerin, Mikroskop Kullanabilmeye Yönelik Teknik Beceri ve Biyoloji Laboratuvarına Yönelik Tutuma Etkisi. VI. *International Congress on Research in Education (ICRE)*. Rize.
9. Pektaş, H. M. ve Pektaş, E. (13-15 Ekim 2016). Bernoulli İlkesi ile Toricelli Kanununun Birlikte Kullanılması. VI. *International Congress on Research in Education (ICRE)*. Rize.
10. Kırındı, T., Pektaş, H. M., Çelik, H. ve Sarı, U. (2015). Bilgisayar Destekli Laboratuvar ve Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Öğrencilerin Tutum, Motivasyon ve Grafik Becerilerine Etkisi. II. *Ulusal Fizik Eğitimi Kongresi*. ODTÜ, Ankara.
11. Pektaş, H. M., Demirbaş, M. and Bayrakçı, M. (23 - 24 October 2014). The Use Of Conceptual Change Texts In Chemistry Education, Successful Educational Experiences And Didactic Guidelines In Science Teaching. *Department Of Chemistry And Industrial Chemistry*. Genoa-Italy.
12. Pektaş, H. M. ve Akçayır, M. (27-30 Haziran 2012). Kimyasal Tepkimeler ve Hesaplamalar Konusuna Yönelik Bilgisayar Destekli Materyal Geliştirilmesi,

Uygulanması ve Değerlendirilmesi. *X. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Niğde.

13. Demirbaş, M. ve Pektaş, H. M. (27-30 Haziran 2012). Yaşam Boyu Öğrenme Kapsamında Etkin Fen Öğretimi İçin Oluşturulan İnteraktif Bir Uygulama: “Chemistry Is All Around Us” Projesi. *X. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Niğde.
14. Akçayır, M. ve Pektaş, H. M. (27-30 Haziran 2012). Üniversite Öğrencilerinin Tablet Bilgisayarlara Yönelik Tutumlarının Belirlenmesi. *X. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Niğde.
15. Çelik, H. ve Pektaş, H. M. (6-9 Eylül 2011). Fen Öğretiminde Deneysel Etkinliklerin Öğrencilerdeki Merak Uyandırma Düzeylerinin İncelenmesi. *28. Uluslararası Fizik Kongresi*. Bodrum.
16. Demirbaş, M. and Pektaş, H. M. (16-18 Mayıs 2010). Laboratories In The 5-E Learning Environments Model. *Uluslararası Öğretmen Yetiştirme Politikaları ve Sorunları Sempozyumu II*. Eskişehir.
17. Demirbaş, M. and Pektaş, H. M. (16-18 Mayıs 2010). Purpose Of The Science Center On Education Relating To Prospective Science Teachers' Opinions, *Uluslararası Öğretmen Yetiştirme Politikaları ve Sorunları Sempozyumu II*. Eskişehir.
18. Pektaş, H. M. ve Demirbaş, M. (2010). Üniversite Öğrencilerinin Mikroskop Kullanabilme Becerilerinin Ölçülmesi ve Karşılaştıkları Sorunlar. *IX. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. İzmir.
19. Demirbaş, M. ve Pektaş, H. M. (2010). Üstün Yetenekli Öğrencilerin Bilim ve Bilimin Doğasına İlişkin Düşüncelerinin Geliştirilmesine Yönelik Örnek Bir Uygulama. *IX. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. İzmir.
20. Çelik, H., Pektaş, H. M. and Demirbaş, M. (24-27 Eylül 2009). The Problems That Are Faced During The Setting And Schematizing Of The Electric Circuits Which Are

Applied In The Science And Technology Laboratory. 26. *Uluslararası Fizik Kongresi*. Bodrum.

21. Pektaş, H. M., Köse, S., Çelik, H., Katrancı, M. and Pektaş, E. (16-17-18 April 2008). Attitudes Of Science Teacher Candidates Towards Computer Assisted Education. 2nd *International Computer & Instructional Technologies Symposium*. Kuşadası.
22. Pektaş, H. M., Çelik, H. ve Demirbaş, M. (13-14 Mart 2008). Proje Tabanlı Öğrenmenin Eğitim Sistemindeki Yeri. 21. *Yüzyılın Başında 2. Kırıkkale Sempozyumunda Sunulmuş Bildiri*. Kırıkkale.
23. Pektaş, H. M., Katrancı, M. ve Çelik, H. (2- 4 Mayıs 2008). Sınıf Öğretmenleri ve Fen Bilgisi Öğretmenleri İle Öğretmen Adaylarının Bilgisayar Destekli Eğitime Yönelik Tutumları (Kırıkkale İli Örneği). VII. *Ulusal Sınıf Öğretmenliği Eğitimi Sempozyumunda Sunulmuş Bildiri*. Çanakkale.
24. Pektaş, H. M. ve Çelik, H. (27-29 Ağustos 2008). Proje Tabanlı Öğrenme Uygulama Güçlük Ölçeği. VIII. *Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Özetler Kitabı. Bolu.
25. Çelik, H. ve Pektaş, H. M. (27-29 Ağustos 2008). Ortaöğretim Fen Alanları Öğretmenlerinin İş Doyumu. VIII. *Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Özetler Kitabı. Bolu.
26. Demirbaş, M., Pektaş, H. M. ve Çelik, H. (27-29 Ağustos 2008). Fen ve Teknoloji Laboratuvarında Uygulaması Yapılan Elektrik Devrelerinin, Kurulmasında ve Şematize Edilmesinde Karşılaşılan Sorunlar. VIII. *Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Özetler Kitabı. Bolu.

Kitap bölümleri

1. Çelik, H. ve Pektaş, H. M. (2024). Bütüncül Eğitim Yaklaşımına Göre Etkinlik Temelli Fen Öğretimi. Fatma TAŞKIN EKİCİ, Harun ÇELİK (Eds.), *Anlamaya Dayalı Tasarım ve Etkinlik Geliştirme İçinde* (s.317-346). Ankara: Eğiten Kitap.

2. Pektaş, H. M. ve Karamustafaoğlu, O. (2023). Eğitimde Gelecek Perspektifi: Eğitimin Geleceği, Geleceğin Eğitimi. Muhammet Ü. Öztürk (Ed.), *Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları* İçinde (s. 231, 249). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
3. Çelik, H. ve Pektaş, H. M. (2022). Girişimcilik Becerisini Geliştirme Strateji, Yöntem ve Teknikleri. Süleyman Yaman, Harun Çelik (Eds.), *Teoriden Uygulamaya Girişimcilik Eğitimi* İçinde (s. 245-272). İstanbul: Efe Akademi Yayınları.

Katıldığı Projeler

1. Pektaş, H. M. (2024). Yapay Zekânın Eğitime Entegrasyonu. Danışman, TÜBİTAK 2209-A. Üniversite öğrencileri araştırma projeleri destekleme programı 2024 yılı 1.dönem.
2. Pektaş, H. M. (2023). Öğrencilerin Bireysel Özelliklerinin Bulanık Mantık ile Belirlenmesi. Danışman, TÜBİTAK 2209-A. Üniversite öğrencileri araştırma projeleri destekleme programı 2023 yılı 1.dönem.
3. Pektaş, H. M. (2023). Yapay Zekâ ile Kimya Kavram Yanılgılarının Tespiti İçin Bir Model Geliştirme. Danışman, TÜBİTAK 2209-A. Üniversite öğrencileri araştırma projeleri destekleme programı 2023 yılı 1.dönem.
4. Pektaş, H. M. (2022). Fen Öğretimine Yönelik Dijital Bir Oyunun Geliştirilmesi: Öğrenci Tutum ve Motivasyonu Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Danışman, TÜBİTAK 2209-A. Üniversite öğrencileri araştırma projeleri destekleme programı 2022 yılı 2.dönem.
5. Pektaş, H. M. (2022). Araştırmacı-Sorgulayıcı Fen ve Teknoloji Laboratuvarı Geliştirme; Öğretmen Yetiştirme Sürecinde Etkisini İnceleme. Araştırmacı. Bilimsel Araştırma Projesi. 2021-2022. Kırıkkale.
6. Pektaş, H. M. (2022). Tematik Öğrenme Ortamlarında Tarihsel Yaklaşım Göre Hazırlanmış Öğretim Materyallerinin Bilimin Doğasına Etkisi. Araştırmacı. Bilimsel Araştırma Projesi. 2021-2022. Kırıkkale.

7. Pektaş, H. M. (2021). Öğretmenler İçin STEM Eğitimi ve Arduino ile Fiziksel Programlama Kampı. Uzman /Araştırmacı. TÜBİTAK - 4004, 16-21 Ağustos 2021. Kırıkkale.
8. Pektaş, H. M. (2021). STEM Eğitimi ve Arduino ile Fiziksel Programlama III – Online. Yardımcı Personel. TÜBİTAK-BİDEP 2237, 24-29 Mayıs 2021. Kırıkkale.
9. Pektaş, H. M. (2021). Fen Bilimleri Öğretimine Yönelik Girişimcilik Eğitimi (FÖYGE) III- Online. Yardımcı Personel. TÜBİTAK-BİDEP 2237, 21-25 Haziran 2021.
10. Pektaş, H. M. (2021). Fen Bilimleri Öğretimine Yönelik Girişimcilik Eğitimi (FÖYGE)- II-Online. Yardımcı Personel. TÜBİTAK-BİDEP 2237, 17-21 Mayıs 2021.
11. Pektaş, H. M. (2021). STEM Eğitimi ve Arduino ile Fiziksel Programlama II – Online. Yardımcı Personel. TÜBİTAK-BİDEP 2237, 19-24 Nisan 2021. Kırıkkale.
12. Pektaş, H. M. (2021). Öğretmen Adayları Geleceği Programlıyor: STEM Eğitimi ve Arduino Uygulamaları. Uzman /Araştırmacı. TÜBİTAK - 4004, 05-11 Nisan 2021. Kırıkkale.
13. Pektaş, H. M. (2020). Fen Bilimleri Öğretimine Yönelik Girişimcilik Eğitimi (FÖYGE). Yardımcı Personel. TÜBİTAK-BİDEP 2237, 03-07 Şubat 2020. Kırıkkale.
14. Pektaş, H. M. (2020). Arduino İle Kodlama Eğitimi ve Robotik STEM Uygulamalarının Problem Çözme ve Girişimcilik Becerilerine Etkisi. Araştırmacı. 2019-2020. Bilimsel Araştırma Projesi. Kırıkkale.
15. Pektaş, H. M. (2019). STEM Eğitimi ve Arduino ile Fiziksel Programlama. Yardımcı Personel. 16-21 Eylül 2019. 2237-A-TÜBİTAK Projesi. Kırıkkale.
16. Pektaş, H. M. (2018). Fen Bilgisi Öğretmen adaylarına Yönelik STEM Eğitimi. Yardımcı Personel. 17-21 Eylül 2018. 2237-A-TÜBİTAK Projesi. Kırıkkale.

17. Pektaş, H. M. (2015). Fen Bilgisi Öğretmeni Adaylarına Yönelik Teknoloji Destekli İnteraktif Öğretim Etkinliklerinin Geliştirilmesi ve Sorgulayıcı Öğrenme Ortamlarına Uyarlanması. Yardımcı Personel. 2-6 Şubat 2015. 2229-TÜBİTAK Projesi. Kırıkkale.
18. Pektaş, H. M. (2015). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) Temelli Sorgulayıcı Öğretim Becerilerinin Geliştirilmesi. Yardımcı Personel. 7-11 Eylül 2015. 2229-TÜBİTAK Projesi. Kırıkkale.
19. Pektaş, H. M. (2014). The Chemistry is All Around Network Project. European Union Project. Yardımcı Araştırmacı. 2012-2014. <http://projects.pixel-online.org/chemistrynetwork/info/>
20. Pektaş, H. M. (2014). Sınıf Öğretmeni Adaylarına Yönelik, İnteraktif Öğretim Etkinliklerinin Geliştirilmesi ve Öğretim Ortamına Uyarlanması Projesi (İGUP). Yardımcı Personel. 8-12 Eylül 2014. 2229-TÜBİTAK Projesi. Kırıkkale.
21. Pektaş, H. M. (2012). “The Chemistry is All Around Us” Transversal Programme KA1: Policy Cooperation and Innovation, Chemistry Everyday Life. 167126-LLP-1-2009-1-IT-KA1ECETB. European Union Project. Yardımcı Araştırmacı. 2010-2012. <http://chemistry.pixel-online.org/>
22. Pektaş, H. M. (2010). Bilim ve Sanat Merkezlerindeki Öğretim Etkinliklerinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma. Yardımcı Araştırmacı. 2009-2010. Bilimsel Araştırma Projesi. Kırıkkale.