

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ



FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ
ENERJİ KONUSUNA İLİŞKİN
TEMELLENDİRİLMİŞ ZİHİNSEL MODELLERİNİN TESPİTİ
VE DERİN SİNİR AĞLARI İLE SINIFLANDIRILMASI

ÖMER VOLKAN YAZ

DOKTORA TEZİ

PROF. DR. MEHMET ALTAN KURNAZ

ARALIK - 2022

KASTAMONU

TEZ ONAYI

ÖMER VOLKAN YAZ tarafından hazırlanan “**FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ ENERJİ KONUSUNA İLİŞKİN TEMELLENDİRİLMİŞ ZİHİNSEL MODELLERİNİN TESPİTİ VE DERİN SİNİR AĞLARI İLE SINIFLANDIRILMASI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **12.12.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Mehmet Altan KURNAZ Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Zekeriya YERLİKAYA Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Atila ÇAĞLAR Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Abdulkadir KARACI Samsun Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Ebru EZBERCİ ÇEVİK Erciyes Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V.

Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Ömer Volkan YAZ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ ENERJİ KONUSUNA İLİŞKİN TEMELLENDİRİLMİŞ ZİHİNSEL MODELLERİNİN TESPİTİ VE DERİN SİNİR AĞLARI İLE SINIFLANDIRILMASI

ÖMER VOLKAN YAZ

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ

DANIŞMAN: PROF. DR. MEHMET ALTAN KURNAZ

Bu araştırmada, enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumu ile ilgili olarak hazırlanan öğrenim durumları testinin öğretmen adaylarının "Temellendirilmiş Zihinsel Model" (TZM) gelişimine olan etkisinin belirlenmesi ve yapay zekâ alt birimi olan derin sinir ağları ile sınıflandırma başarısının test edilmesi amaçlanmıştır. Nicel yaklaşımın kullanıldığı araştırmada, çalışma grubunu Türkiye üniversitelerinde fen bilgisi lisans programı öğretmenliğinde öğrenim gören 354 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Model tespiti amacıyla "Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi" (EKÖDT) geliştirilmiş ve elde edilen veriler içerik analizi ile çözümlenmiştir. EKÖDT'nin uygulaması sonrasında elde edilen veriler model analiz elemanları olan skor (S), yoğunlaşma faktörü (C) ve yoğunluk sapması (Γ) ile algoritmalar ve matrislerden faydalanılarak analiz edilmiştir. TZM'lerin yapay zekâ ile belirlenmesine yönelik olarak yapay zekânın alt birimi olan derin sinir ağlarını (DSA) kullanarak en az hata ile sınıflandırma yapılmıştır. Bu kapsamda derin sinir ağlarının eğitimi için farklı parametrelerden oluşan DSA modelleri tasarlanmıştır. Modeller, gizli katman sayıları, gizli katmanlarda bulunan nöron sayıları, aktivasyon fonksiyonu, optimizasyon algoritması, kayıp fonksiyonu ve epok değerleri dikkate alınarak en uygun algoritma ile analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda hem enerji çeşitleri hem enerjinin dönüşümü hem de enerjinin korunumu soru gruplarında öğretmen adaylarının TZM'lerinin çoğunlukla "Tutarsız Karma Model" (TZKM) lehinde olduğu tespit edilmiştir. Derin sinir ağı algoritmaları ile yapılan analiz sonuçlarına göre %95 oranında sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Eğitimciler, tasarlanan DSA modellerini TZM tespitinde doğrulayıcı bir araç olarak kullanabilirler. Elde edilen sonuçlar ışığında TZM belirlenmesi bağlamında analizlerin kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla algoritmaların bir paket yazılım veya web ortamında çevrimiçi olarak kullanılabilir hale getirilmesi önerilmiştir. TZM tespitleri bakımından EKÖDT'nin diğer disiplinlere uyarlanarak kullanılması ve öğrenme ortamlarının öğrenci TZM'leri doğrultusunda tasarlanması önerisinde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Model analizi, temellendirilmiş zihinsel model, derin sinir ağı, yapay zekâ, enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü, enerjinin korunumu, derin öğrenme

Aralık 2022, 277 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

THE DETERMINATION OF PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS' GROUNDED MENTAL MODELS ON ENERGY AND CLASSIFICATION WITH DEEP NEURAL NETWORKS

ÖMER VOLKAN YAZ

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
SCIENCE EDUCATION
SUPERVISOR: PROF. DR. MEHMET ALTAN KURNAZ**

In this study, it was aimed to determine the effect of the learning situations test prepared about energy types, transformation of energy and conservation of energy on the development of "Grounded Mental Model" (GMM) of pre-service teachers and to test the classification success with deep neural networks, which is an artificial intelligence subunit. In this quantitative study, the study group consisted of 354 pre-service teachers studying in science undergraduate program in Turkish universities. In order to determine the model, "Energy Subject Learning Situations Test" (ESLST) was developed and the data obtained were analyzed by content analysis. The data obtained after the application of ESLST were analyzed by using algorithms and matrices with the model analysis elements of score (S), concentration factor (C) and density deviation (R). In order to identify the TCMs with artificial intelligence, deep neural networks (DNN), which is a sub-unit of artificial intelligence, were used for classification with minimum error. In this context, DSA models consisting of different parameters were designed for training deep neural networks. The models were analyzed with the most appropriate algorithm considering the number of hidden layers, the number of neurons in the hidden layers, activation function, optimization algorithm, loss function and epoch values. As a result of the research, it was determined that the pre-service teachers' GMMs were mostly in favor of the "Inconsistent Mixed Model" (IMM) in both energy types, transformation of energy and conservation of energy question groups. According to the results of the analysis with deep neural network algorithms, 95% classification accuracy was obtained. Educators can use the designed DSA models as a validation tool for the detection of the GMM. In the light of the results obtained, it is suggested that the algorithms should be made available online in a package software or web environment in order to expand the use of analyses in the context of GMM detection. It was suggested that the ESLST should be adapted and used in other disciplines and learning environments should be designed in line with student's GMMs in terms of GMM determinations.

KEYWORDS: Model analysis, grounded mental model, deep neural network, artificial intelligence, energy forms, energy transfer, energy conservation, deep learning

December 2022, 277 Page

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimimde danışmanlığımı üstlenen, bilgi birikimini ve manevi desteğini esirgemeyen, eğitim hayatım ve araştırma sürecinde beni cesaretlendiren ve çalışma sürecinde emeğini eksik etmeyen, başarıma benden çok inanan hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Altan KURNAZ'a,

Tezimin oluşması aşamasında değerli katkıları sebebiyle tez izleme komitesi üyeleri hocalarım Prof. Dr. Atila ÇAĞLAR, Prof. Dr. Zekeriya YERLİKAYA'ya,

Değerli fikirleri paylaşarak ve kıymetli zamanlarını ayırarak analitik süreçlerin şekillendirilmesinde tez çalışmama önemli katkılarda bulunan Sayın Doç. Dr. Abdulkadir KARACI'ya, Sayın Doç. Dr. Ebru EZBERCİ ÇEVİK'e ve Dr. Mustafa Kemal YÜZBAŞIOĞLU'na,

Görüş ve düşünceleriyle katkıda bulunan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ERDEMİR'e, Sayın Doç. Dr. İbrahim KEPCEOĞLU'na ve Arş. Gör. Kadir COŞKUN'a,

Her zaman olduğu gibi bu süreçte de destekleri ile yanımda olan anneme, babama ve abime,

Tezimi oluşturduğum süreçte zaman zaman ihmal ettiğim, sıkıntılarımı ve sevincimi paylaştığım, destekleri ile beni güçlendiren ve hep yanımda olan eşime, biricik oğluma ve biricik kızıma sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

ÖMER VOLKAN YAZ

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	13
1.1 Problem Durumu	17
1.2 Alt Problemler	21
1.3 Araştırmanın Amacı	21
1.4 Araştırmanın Önemi	21
1.5 Varsayımlar	25
1.6 Sınırlılıklar.....	25
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	26
2.1 Model Nedir?.....	26
2.2 Zihinsel Model Teorisi	32
2.2.1 Zihinsel Modellerin Belirlenmesi	36
2.3 Temellendirilmiş Zihinsel Model Teorisi.....	39
2.3.1 Temellendirilmiş Zihinsel Model Belirleme.....	41
2.4 Yapay Zekâ.....	46
2.4.1 Yapay Zekâ Nedir?	46
2.4.2 Zeki Makineler.....	49
2.4.3 Algoritma	51
2.4.4 Makine Öğrenmesi.....	52
2.4.5 Yapay Sinir Ağları	53
2.4.6 Derin Öğrenme ve Derin Sinir Ağları (DSA).....	56
2.5 İlgili Alanyazın.....	58
2.5.1 Enerji Kavramı Konusunda Yapılan Çalışmalar	58
2.5.2 Temellendirilmiş Zihinsel Model Konusunda Yapılan	
Çalışmalar.....	66
2.5.3 Eğitim Alanında Yapay Zekâ Konusunda Yapılan Çalışmalar	68
3. YÖNTEM.....	79
3.1 Araştırmanın Modeli	80
3.2 Çalışma Grubu.....	80
3.3 Veri Toplama Araçları.....	81
3.4 Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testinin Geliştirilmesi	81
3.4.1 Ölçeğin Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları	82
3.4.1.1 Soru niteliklerinin belirlenmesi.....	88
3.4.1.2 EKÖDT'ye ait belirtke tablosu	89
3.5 Güvenirlik Çalışmaları	90
3.6 Çalışmanın Geçerliği	91

3.7	Verilerin Toplanması.....	92
3.8	Verilerin Analizi.....	92
3.8.1	Katılımcıların Genel Öğrenme Durumlarına Yönelik Analiz.....	93
3.8.2	Temellendirilmiş Zihinsel Model Belirlemeye Yönelik Analizler	97
3.8.3	Derin Sinir Ağı Sınıflandırmasına Yönelik Analizler	101
3.8.3.1	DSA modellerinin eğitilmesi	103
3.8.3.2	Sınıflandırma performans metrikleri.....	104
3.8.3.3	Optimizasyon algoritması	106
3.8.3.4	Aktivasyon fonksiyonu	107
4.	BULGULAR	110
4.1	Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Sınıflandırılması	110
4.1.1	Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Grafik Sunumları	113
4.1.2	S – C Grafik Analizleri	113
4.1.3	S – Γ Grafik Analizleri	116
4.2	Öğretmen Adaylarının TZM'lerine Dair Bulgular	118
4.2.1	Öğretmen Adaylarına Ait Bireysel Olasılık Vektörleri	118
4.2.2	Öğretmen Adaylarına Ait Bileşke Cevap Vektörü Model Vektörü	122
4.2.3	Öğretmen Adaylarına Ait TZM Yoğunluk Matrisi.....	146
4.2.4	Öğretmen Adaylarının Bireysel TZM Durumları	167
4.2.5	Katılımcıların Yoğunluk Matrisi Eğilimlerinin İncelenmesi.....	179
4.3	Derin Sinir Ağı Uygulamasına İlişkin Bulgular	181
4.3.1	Enerji Çeşitlerine İlişkin Derin Sinir Ağı Bulguları	181
4.3.2	Enerjinin Dönüşümüne İlişkin Derin Sinir Ağı Bulguları	186
4.3.3	Enerjinin Korunumuna İlişkin Derin Sinir Ağı Bulguları	191
5.	TARTIŞMA	196
5.1	Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Dağılımına İlişkin Tartışma.....	196
5.2	Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların TZM Durumlarına İlişkin Tartışma	200
5.3	Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Yapay Zekâ Uygulamasına Yönelik Tartışma	202
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	205
6.1	Sonuçlar.....	205
6.2	Öneriler.....	206
KAYNAKLAR	208	
EKLER.....	245	
EK A.	Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi (Pilot Uygulama)	246
EK B.	Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi (Nihai Uygulama)	257
EK C.	Araştırma İzni.....	263
EK D.	Etik Kurul Onayı.....	264
EK E.	Derin Sinir Ağının Eğitimine İlişkin Python Kodları.....	265
EK F.	Derin Sinir Ağının Testine İlişkin Python Kodları.....	270
ÖZGEÇMİŞ.....	275	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Model geliştirmede temsil ortamlarının etkileşimi	27
Şekil 2.2 Harrison ve Treagust (2000)'ün model sınıflandırması.....	31
Şekil 2.3 Zihinsel modeller, kavramsal modeller ve gerçek oldu ve süreçler arasındaki ilişki (Hestenes, 2006).....	36
Şekil 2.4 Yapay Zekânın Kronolojisi.....	48
Şekil 2.5 "Hey Siri"nin algılanmasına ilişkin derin sinir ağı modellemesi.....	50
Şekil 2.6 Basit ve derin öğrenme sinir ağı katman yapısı	55
Şekil 3.1 Araştırma akış şeması	79
Şekil 3.2 Uzman Görüşü Örnek Formu	83
Şekil 3.3 Birim cevap vektörleri	98
Şekil 3.4 Öğrenci cevap vektörlerinin sınıflandırılması	99
Şekil 3.5 Öğretmen adayı-10'un enerjinin çeşitleri soru grubu genel cevap vektörü	100
Şekil 3.6 Öğretmen Adayı-10'un enerjinin çeşitleri soru grubu TZM model vektörü	100
Şekil 3.7 Öğretmen adayı-10'un enerjinin çeşitleri soru grubu cevap yoğunluk matrisi	101
Şekil 4.1 Enerji çeşitlerine ilişkin yapay sinir ağı mimarisi.....	182
Şekil 4.2 Enerji çeşitlerine ilişkin DSA karmaşıklık matrisi	183
Şekil 4.3 Enerji çeşitlerine ilişkin DSA epok değerleri	184
Şekil 4.4 Enerjinin dönüşümüne ilişkin yapay sinir ağı mimarisi	187
Şekil 4.5 Enerjinin dönüşümüne ilişkin DSA karmaşıklık matrisi	188
Şekil 4.6 Enerjinin dönüşümüne ilişkin DSA epok değerleri	189
Şekil 4.7 Enerjinin korunumuna ilişkin yapay sinir ağı mimarisi.....	192
Şekil 4.8 Enerjinin korunumuna ilişkin DSA karmaşıklık matrisi	193
Şekil 4.9 Enerjinin korunumuna ilişkin DSA epok değerleri	194

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Bireysel yoğunluk matrisine göre TZM sınıflaması	45
Tablo 2.2 Hedef gruba ait TZM eğilimleri.....	46
Tablo 3.1 Uygulama yapılan katılımcı sayıları	83
Tablo 3.2 Madde güçlük indeksi ve değerlendirilmesi	84
Tablo 3.3 Enerji konusu öğrenme durumları testi'ne ilişkin madde güçlük indeksi değerleri	85
Tablo 3.4 Madde ayırt edicilik indeksi ve değerlendirilmesi.....	86
Tablo 3.5 Enerji konusu öğrenme durumları testine ilişkin madde ayırtıcılık indeksi değerleri	86
Tablo 3.6 Enerji çeşitleri soru grubunun öğrenci cevaplarının nitelikleri*	88
Tablo 3.7 Enerjinin dönüşümü soru grubunun öğrenci cevaplarının nitelikleri	89
Tablo 3.8 Enerjinin korunumu soru grubunun öğrenci cevaplarının nitelikleri.....	89
Tablo 3.9 Enerji konusu öğrenme durumları testi belirtke tablosu.....	90
Tablo 3.10 Enerji konusu öğrenme durumları testi'ne ait cronbach's alpha değeri ..	90
Tablo 3.11 Çalışmada alınan güvenilirlik önlemleri	90
Tablo 3.12 Çalışmada alınan geçerlik ve güvenilirlik önlemleri	91
Tablo 3.13 Skor ve yoğunlaşma faktörü için üç-seviyeli kodlama.....	94
Tablo 3.14 Öğrenci cevaplarının iki-seviyeli kodlama desenleri ve anlamları.....	95
Tablo 3.15 Karmaşıklık matrisi tablosu	104
Tablo 3.16 Enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin DSA modelinin parametreleri	108
Tablo 3.17 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin DSA modelinin parametreleri.....	109
Tablo 3.18 Enerjinin korunumu soru grubuna ilişkin DSA modelinin parametreleri.....	109
Tablo 4.1 Öğretmen adaylarının skor ve yoğunlaşma faktörü ile elde edilen öğrenme durumları	110
Tablo 4.2 Soruların S – C desenleri	111
Tablo 4.3 Öğretmen adaylarının skor ve yoğunluk sapmalarını ile elde edilen öğrenme durumları	112
Tablo 4.4 Farklı soru gruplarına ait öğretmen adaylarının vektörü bileşenleri.....	118
Tablo 4.5 Enerji çeşitleri soru grubuna ait öğretmen adaylarının bileşke cevap vektörleri	123
Tablo 4.6 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait öğretmen adaylarının bileşke cevap vektörleri	130
Tablo 4.7 Enerjinin korunumu soru grubuna ait öğretmen adaylarının bileşke cevap vektörleri	138
Tablo 4.8 Enerji çeşitleri soru grubuna ait öğretmen adaylarının model yoğunluk matrisleri.....	146
Tablo 4.9 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait TZM yoğunluk matrisleri	153
Tablo 4.10 Enerjinin korunumu soru grubuna ait TZM yoğunluk matrisleri	160
Tablo 4.11 Öğretmen adaylarının enerji çeşitleri için TZM durumları	168
Tablo 4.12 Öğretmen adaylarının enerjinin dönüşümü için TZM durumları	172
Tablo 4.13 Öğretmen adaylarının enerjinin korunumu için TZM durumları.....	175
Tablo 4.14 Enerjinin çeşitleri soru grubuna ait katılımcı yoğunluk matrisleri	180

Tablo 4.15 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait katılımcı yoğunluk matrisleri	180
Tablo 4.16 Enerjinin korunumu soru grubuna ait katılımcı yoğunluk matrisleri	180
Tablo 4.17 DSA modellerinin parametreleri ve sınıflandırma performansları	182
Tablo 4.18 Enerji çeşitlerine ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu	184
Tablo 4.19 DSA modellerinin parametreleri ve sınıflandırma performansları	187
Tablo 4.20 Enerjinin dönüşümüne ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu	189
Tablo 4.21 DSA modellerinin parametreleri ve sınıflandırma performansları	192
Tablo 4.22 Enerjinin korunumuna ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu	194



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

C	: Yoğunlaşma faktörü
C_k	: Olasılığın genişliği
D	: Sınıf yoğunluk matrisi
D_k	: k öğrencisi için model yoğunluk matrisi
k	: Öğrenci
r_k	: Öğrenci model cevap vektörü
S	: Skor
ss	: Soru sayısı
u_k	: Öğrenci model vektörü
Γ	: Yoğunluk sapması
h	: Yapay sinir ağı nöron sayısı

Kısaltmalar

BBM	: Bilimsel Baskın Model
DSA	: Derin Sinir Ağı
EKÖDT	: Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi
İM	: İlkel Model
TBOM	: Tutarlı Bilimsel Olmayan Model
TZKM	: Tutarsız Karma Model
TZM	: Temellendirilmiş Zihinsel Model
YZ	: Yapay Zekâ

1. GİRİŞ

Eğitimin temel hedeflerinden birisi, karşılaşılabileceği sorunlarla başa çıkabilecek bireyler yetiştirmektir (Özsoy, 2007). Bu kapsamda bireylerin öğrenim hayatları boyunca problem çözme aktiviteleri hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmalı ve bu doğrultuda üstesinden gelebilecekleri sorumluluklar verilmelidir (Kayapınar, 2015). Bu süreci özümseyebilen bireyler, kendi kendine araştırabilme, sorgulayabilme, öğrenebilme ve bilgiyi zihinsel olarak yapılandırabilme gücüne sahip olabileceklerdir (Ezberci Çevik, 2018).

Çağımızda teknolojinin getirdiği yenilikler, bilimsel bilgi ve fen bilimleri alanına büyük katkılar sağlamıştır. Bu anlamda fen eğitimi önemli bir yere sahiptir (Aydoğdu ve Kesercioğlu, 2005). Toplum gelişimi ve öğrencilere bilim eğitiminin verilme yöntemi eskiye göre daha çok önem arz etmektedir (İnce ve Demirkuş, 2021; Şahin ve Hacıoğlu, 2010). Bu doğrultuda etkili öğrenmenin gerçekleşme şekline ve hangi şartlara bağlı olduğunu anlamaya yönelik gerçekleştirilen çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir.

21. yüzyılda gerçekleşen bilimsel çalışmalara ait ürünler baş döndürücü boyutlarda karşımıza çıkmakta, bu süreç boyunca gerçekleşen gelişim ve değişimin etkileri de nitelikli birey tanımlamasında yeni beklentilerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda eğitim alanında yapılan çalışmaların gün geçtikçe katlanarak arttığı yadsınamaz bir gerçektir (Kurnaz, 2011). Sputnik yapay uydusunun Rusya tarafından uzaya gönderilmesi olayını Çepni vd. (1997), ülkelerin nitelikli birey yetiştirme noktasında öğretim programlarını daha modernize edilmesine zorlaması sebebiyle, bu sürecin dönüm noktası olarak ifade etmektedir.

Bilimsel çalışmalara ait ürünlerin meydana getirdiği gelişim ve değişimin sonucunda ortaya çıkan ve ülkemiz öğretim programlarında da etkileri görülebilen PSSC (Physical Science Study Comitee), ACS (American Chemical Society), BSCS (Biological Science Curriculum Study), NSES (National Science Education Standarts), AAAS-Proje 2061 (American Association for the Advancement Chemical Society, ROSE (The Revelance of Science Education), STEMS (Science, Technology,

Engineering and Mathematics Society), ONEC (Office of the National Education Commission) gibi çalışmalar, ülkelerin bu konudaki hassasiyetlerinin göstergesidir (Kurnaz, 2011; Kurnaz ve Çepni, 2012). Bu kapsamda programların konu-tabanlı olması yerine özellikle 1980’li yıllardan itibaren kavram-temelli program yönünde bir anlayış geliştiği görülmektedir (Çepni vd., 1997; Gürdal vd., 1999; MEB, 2004, 2007; Odell, 2005; Yaz ve Kurnaz, 2020). Öğrencilerin öğretilcek kavramlara ait ön bilgilerle sınıfa gelmelerinin (Güneş ve Taşar, 2006; Howe ve Jones, 1998; Osborne ve Freyberg, 1985), kavramların zihinsel gelişim açısından etkin rol oynamasının (Bruner, 1966) ve çocuğun zihinsel gelişiminde kavramların, çocukların algı düzeyini belirlemesinin (Piaget, 1962, 1965) bu süreçte çok önemli bir yeri bulunmaktadır.

Eğitim ve öğretim faaliyetlerinde kavramların etkin bir biçimde öğretimi amacıyla bugüne kadar çeşitli yöntemler kullanılmıştır (İnce ve Demirkuş, 2021). Günbatar ve Sarı (2005)’ya göre öğrenciler, bazı kavramları günlük hayatla ilişkilendirememeleri ve elektrik gibi bazı kavramların soyut doğası kaynaklı öğrenme güçlükleri sebebiyle fen bilimleri dersini “zor ders” olarak ifade etmektedirler. Fen bilimleri dersinin zor ders olmaktan çıkarılması ve öğrencilerde fen bilimlerine yönelik akademik başarının artırılması amacıyla kavram öğretimine de önem verilmelidir (Coştu vd., 2003; Değirmenci vd., 2021; Kaptan, 1999).

Bazı fen konularında yaşanan anlama zorluklarını en aza indirmek amacıyla eğitimin dinamik doğasının bir yansıması olarak değişikliklere gidilmekte ve bu sayede öğrencilerin derslere aktif olarak katılmaları yoluyla öğrenmeye etki eden faktörler en aza indirilerek başarıda artış hedeflenmektedir (Uzun ve Karaman, 2016). Fen eğitiminde model ve modelleme, öğrenmeyi etkileyen faktörlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Modellerin kullanılmasıyla kavramların somutlaştırılarak öğrenme sürecinde olumlu gelişmeler sağlandığı birçok araştırma tarafından tespit edilmiştir (Coll vd., 2005; Güneş vd., 2004; Köklü, 2009; Örnek, 2008; Ünal Çoban, 2009; Ünal Çoban ve Ergin, 2013; Yiğit ve Özmen, 2006; Zorluoğlu vd., 2021). Modellerin kurulması, çoklu duyu organı kullanımını gerektirdiğinden öğrenmeyi olumlu yönde etkilemekte ve kalıcılığı arttırmaktadır (Gürdal vd., 1999).

Günümüz fen öğretiminde tüm sınıf seviyelerinde model tabanlı yaklaşımlara ilgi artmaktadır (Demirçalı ve Selvi, 2022; Gilbert ve Justi, 2016; Jimenez-Liso, 2022; Lehrer ve Schauble, 2006; Louca ve Zacharia, 2012; Passmore vd., 2009; Schwarz vd., 2009; Tang, 2022, Windschitl vd., 2008; Yaswinda ve Yufiarti, 2022). Bununla birlikte, özellikle ilkokullarda modellemeye dayalı öğretme ve öğrenmeyi etkili bir şekilde uygulamanın öğretmenler ve program geliştiriciler için zor olabildiği belirtilmektedir (Tobin vd., 2018). Öğrencilere, fen öğretiminin bilimsel düşünme ve çalışma yeteneği kazandırma felsefesi doğrultusunda, sınıflarda model ve modelleme işlemini anlamaya ve bunları bireysel veya grup çalışması şeklinde uygulamaları da önerilmektedir (Güneş vd., 2004). Bu bağlamda, geleceğin öğretmenleri olarak görülen günümüz öğretmen adaylarının model ve modellemeye ilişkin yeterince bilgi sahibi olmaları hem önemli hem de gereklidir (Berber ve Güzel, 2009).

Model ve modelleme çalışmaları dahilinde soyut doğası sebebiyle öğrencilerin anlamada güçlük çektiği kavramlardan biri olan enerji konusu (Acar ve İnce, 2021; Ayaz vd., 2016; Aydın ve Balım, 2005; Aydoğmuş, 2008; Ayvacı ve Devicioğlu, 2009; Ayyıldız ve Tarhan, 2012; Bahar vd., 2002; Benzer vd., 2014; Bezen vd., 2016; Boylan, 2008; Cerit Berber, 2008; Chabalengula vd., 2012; Çekiç Toroslu, 2011; Çelik, 2016; Duit ve Häußler, 1994; Erduran Avcı vd., 2012; Ergin, 2011; Güneş vd., 2013; Goldring ve Osborne, 1994; Güneş ve Taştan-Akdağ, 2016; Güven ve Sülün, 2018; Herrmann-Abell ve DeBoer, 2014; Hırça, 2008; Hırça vd., 2008; İpek Akbulut vd., 2013; Karatekin vd., 2016; Kınık-Topalsan ve Özalp, 2022; Köse vd., 2006; Lancor, 2014; Lee, 2016; Lee ve Liu, 2010; Liu ve McKeough, 2005; Liu ve Park, 2012; Liu ve Tang, 2004; Neumann vd., 2013; Oluk ve Oluk, 2016; Opitz vd., 2015; Opitz vd., 2017; Park ve Liu, 2016; Park ve Liu, 2021; Rizaki ve Kokkotas, 2013; Sabo vd., 2016; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009; Tekbıyık, 2011; Tobin vd., 2012; Torosluoğlu, 2011; Uzunkavak, 2009; Ünal Çoban vd., 2007; Yalçinkaya vd., 2009; Yürümezoğlu vd., 2009) üzerinde de araştırmalar dikkat çekmektedir. Temel fiziğin en önemli kavramlarından birisi olan enerji konusu (Gidena ve Gebeyehu, 2017) günlük yaşantımızda ve eğitim hayatımız boyunca sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Fizik, kimya ve biyoloji derslerinde ortak bir kavram olması nedeniyle de enerji konusunun, disiplinler arası özelliği bulunmaktadır (Chen vd., 2014; Eisenkraft vd., 2014; Opitz vd., 2019; Yıldırım vd., 2020). Öğretim programlarının sarmal bir yapıya

sahip olması sebebiyle farklı disiplinlerde karşılaşılan enerji kavramı, araştırmalara konu olmaya devam etmektedir. Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011a) bu konuda üç önemli çıkarımda bulunmuşlardır. Bunlar; (i) öğrenciler için enerji, öğrenilmesi güç bir kavramdır; (ii) enerji, öğretilmesi güç bir kavramdır; (iii) enerjinin öğretimi/öğrenimindeki zorluklar bazı araştırmacıları enerjinin öğretimi konusunda daha verimli olma çabalarına yöneltmiş ve 'Sistem Yaklaşımı', 'Soyut Resim Dili' ve 'Çoklu Sunum Yaklaşımı' gibi değişik yaklaşım önerileri sunulmuştur. Enerji kavramının öğretim ve öğrenimine ilişkin yapılan çalışmalar bütüncül bir anlayışla incelendiğinde, üç özel durum göze çarpmaktadır. İlki, öğrenciler farklı öğrenim düzeylerinde olduklarında bile, enerji kavramının öğrenilmesinde karşılaşılan zorluklar arasında benzer özellikler bulunmaktadır (Sağlam Arslan, 2010; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009; 2011). İkinci olarak, belirtilen algı zorlukları doğrultusunda öğretim yaklaşımlarında farklılaşma olsa bile öğrencilerde halen birbirine benzeyen türde öğrenme güçlükleri yer almaktadır (İnaç ve Tuksal, 2019; Kumaş, 2019; Maskill ve Jesus, 1997; Özcan, 2006; Rimoldini ve Singh, 2005; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2011). Üçüncü olarak, ilk ve orta öğretim öğrencilerine oranla yükseköğretim seviyesindeki öğrencilerin algılarını belirlemeye geliştirmeye yönelik yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır (Değirmenci, 2021; Kurnaz ve Çalık, 2009).

İlgili çalışmalar doğrultusunda yukarıda belirtilen çıkarımlar ve özel durumlar birlikte incelendiğinde, enerji kavramına ilişkin öğrenme durumlarının belirlenmesine ve özellikle devam eden öğrenme ve öğretme güçlüklerinin belirlenmesinde ve işe koşulmasında etkin kullanılabilecek yeni yaklaşımlara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Kurnaz (2022)'a göre zihinsel model teorisi eğitim alanında öğretmen adaylarının bilişsel yapılandırmalarını tanılama ve öğrenme durumlarını belirlemede yararlanılan araştırma alanları arasında yer almaktadır. Zihinsel modellerin belirlenmesi hem meşakkatli hem de uzmanlık gerektiren bir araştırma konu alanıdır. Açık uçlu sorulara veya görsellere yönelik olarak gerçekleştirilen zihinsel model belirleme sürecinde, araştırmacılar tarafından ortak olarak yürütülecek bir sistematik mevcut bulunmamaktadır. Zihinsel modellerin belirlenmesi bağlamında belli bir sistematığın kurgulanmamış olmasından hareketle öğretim süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi, eğitimde ekonomiklik ilkesi bakımından analizlerin daha hızlı yapılması ve bir sistematik yaklaşımı oluşturması ihtiyacı da hissedilmektedir. Bu

bağlamda model ve modelleme süreçleri desteklemek ve öğretmen adaylarının bilişsel yapılandırmalarını daha pratik bir analiz kurgusuyla anlamlandırmak amacıyla Kurnaz (2016a, 2016b, 2017, 2022) tarafından ortaya atılan Temellendirilmiş Zihinsel Model Teorisinden faydalanılmasının alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Eğitimde ekonomiklik ilkesi doğrultusunda gereken analizlerin süratle yapılması ve elde edilen bulguların ivedilikle işlenerek anlamlandırılması noktasında TZM belirleme sürecinin daha yönlendirici olmasının özellikle genç araştırmacılara ve öğretmenlere faydalı olacağına inanılmaktadır. Yapılan literatür taramasında bu konuda yeterli çalışmanın olmaması bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüz ileri teknolojilerinden yapay zekânın üst düzey tahmin ve işlem becerilerinden (Tüfekçi ve Köse, 2013) eğitim alanında kullanılmasına ve eğitim araştırmaları dahilinde ilerlemeye ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda yapay zekâ dahilinde verilerin anlamlandırılması, sınıflandırılması ve kategorilere ayrılması bakımından insan beynini ve biyolojik sinir hücrelerinin çalışma prensibini taklit eden Yapay Sinir Ağları kullanılması gerektiği ve bu yolla öğrencilerin TZM sınıflandırmasının yapılmasının alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir. TZM belirlenmesi kapsamında geliştirilecek öğrenme durumu belirleme testlerinde derin sinir ağlarına dayalı sınıflandırma ve analiz çalışılmalarının çağı yakalama, teknolojiye ayak uydurma bağlamında gelecek için önemli olduğu düşünülmektedir. Çalışma grubu anlamında fizik - kimya - biyoloji konularının uygunluğu, çeşitliliği ve disiplinler arası alternatif fikirlerinin yaygın olduğu fen bilgisi alanına özgü olarak Fen Bilgisi Öğretmen Adayları ile çalışılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür.

1.1 Problem Durumu

Başarı testleri, ölçütüklerine ilişkin sağladıkları çeşitli bilgiler ve önemli göstergeler nedeniyle eğitim ve psikolojide yaygın olarak kullanılan temel eğitimsel ve psikolojik araçlardır (Yaghmour vd., 2016). Eğitim yönetimi ve planlamasına ilişkin kararlarda öğrencilere uygulanan başarı testlerinden ulaşılan sonuçlardan yararlanılmaktadır (Boyras, 2018). Öğrencilerin akademik başarılarında, eğitimin etkililiği kapsamında, eğitimin farklı boyutlarına ilişkin yapılan planlamalarda öğrenci başarılarının tespitine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda uygulanan testler sayesinde edinilen bilgiler,

ihtiyaç duyulan veya geliştirilmesi gereken alanların tespitinde kullanılabilir. Eğitim kurumlarına her sene ayrılan bütçe harcamaları göz önüne alındığında, öğrencilerin beklenen başarı seviyesine ulaşp ulaşmadıklarının tespiti ve olası başarısızlık durumlarının ortadan kaldırılmasına yönelik alınması gereken tedbirler ülke ekonomisi bakımından özel bir öneme sahiptir. Ülkemizde ve uluslararası alanda uygulanan başarı testleri farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Öğrencilerin başarısız olduğu her bir konuya ilişkin geliştirmesi gereken noktalarının tespit edilmesinde ve geliştirmesinde; eğitimcilerin başarı test sonuçlarından elde edilen bulgular ışığında uyguladığı öğretim stratejilerinde ve ölçme - değerlendirme yaklaşımlarında gerekli düzenlemeleri yapabilmeleri bağlamında; mevcut öğretim programının geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve değerlendirmesinde; öğretim stratejileri ve materyallerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde; velilerin çocuklarının akademik başarılarını izlemesi ve gelişimlerinden haberdar olmaları adına başarı testlerinden faydalanılabilir. Bu kapsamda eğitim - öğretim sürecinde yer alan aksaklıkların belirlenmesinde ve giderilmesinde etkin olarak kullanılması, test sonuçlarının doğru yorumlanmasını ve kullanılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda test sonuçlarının farklı açılardan analizine ve etkin kullanılması ihtiyaç duyulmaktadır. Test sonuçlarının analizinde farklı teknik ve yaklaşımların kullanılması, elde bulunan bulgulardan azami ölçüde yararlanılmasını ve ulaşılan sonuçların doğruluk seviyesini artırmaktadır (Çakan, 2003). Bu doğrultuda bireylerin TZM'lerini belirlemeye imkân verecek nitelikte testlere (bu tez kapsamında geliştirilen EKÖDT) ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Ayrıca geliştirilecek testlerin bilişim teknolojilerinin bir yansıması olarak yapay zekânın alt birimi olan derin sinir ağları kullanılarak analiz etme olanağı sunmasının alanyazına katkı sunacaktır.

Başarı testleri ülke normları doğrultusunda objektif puan sunmakta, geçerlik ve güvenirlik gibi test özelliklerini de karşılamaktadır (TBMM, 2012). Ayrıca standart başarı testleri sayesinde bireylerin akademik alan becerileri ile bu beceriler kapsamında akran gruplarına göre anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığının belirlenebilmektedir (Şahin, 2016; Şirin, 2018). Günümüzde öğrenci sayısının önemli ölçüde artması (Gür, 2022) eğitimcilerin, öğrenmenin gerçekleşme düzeyini gözlem yoluyla tespit etmesine olanak sağlayamamaktadır. Bu nedenle eğitim sürecinin güçlü ve zayıf yönlerini belirlenmesinde ve bireylerin gelişiminin takip edilmesine

kullanılan başarı testlerinin önemi yadsınamaz bir gerçektir (Al-Thubaiti, 2014). Çağın gereksinimleri doğrultusunda öğretim programlarında yapılan değişiklikler, başarı testlerinin de güncellenmesini gerektirmektedir (Dumanoglu ve Bezir Akçay, 2018). Bu anlamda başarı testi gibi de kullanılabilecek öğrenme durumları testi geliştirmenin (özellikle TZM belirlemede gerekliliği nedeniyle) ihtiyaç olduğuna inanılmaktadır.

Özden ve Yenice (2017) öğrencilerin kuvvet ve enerji konusundaki kavram yanılgılarına ilişkin daha kesin sonuçlara ulaşmayı sağlayabilecek geçerli ve güvenilir bir ölçme aracının geliştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Günümüzde halen enerji kavramının öğretilmesinde/kavranılmasında sorunların yaşandığı (Fatima, 2022; Gutiérrez-Berraondo, 2022; Halilovic vd., 2022; Kınık Topalsan ve Özalp, 2022) ve farklı başarı testlerine ihtiyaç duyulduğu (Ermiş ve Karaman, 2022) ifade edilmektedir. Kurnaz (2011) ise enerji konusundaki zihinsel modelleri belirlediği araştırmasında, zihinsel model belirleme analizlerinin daha hızlı gerçekleştirilebilmesi için farklı enstrümanlara ihtiyaç olduğundan söz etmektedir. Bu hususlar göz önüne alındığında enerji kavramına ilişkin TZM durumlarını belirlemede kullanılabilecek ve yapay zekâ alt birimi olan derin sinir ağları ile irdelenecek güncel bir başarı testine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Literatürde yapay zekâ, eğitim alanının oldukça küçük bir kısmını oluşturmaktadır (Arık ve Seferoğlu, 2020; Tahiru, 2021). Yapay zekâ, eğitim boyutunda öğretmenlere yardımcı olmak ve öğrencilerin öğrenme deneyimlerini geliştirmek için kullanılmaktadır (How ve Hung, 2019; Luckin vd., 2016; Neller, 2017). Bu doğrultuda eğitimde yapay zekâ kapsamında gerçekleştirilen araştırmaların sayısında günümüzde hızlı bir artış gözlenmekte ve bu çalışmalarda çalışma grubu olarak çoğunlukla üniversite öğrencileri tercih edilmektedir (Akdeniz ve Özdiñç, 2021). Bu kapsamda literatürde yer alan çalışmaların az olması, zamandan tasarruf edilmesi amacıyla büyük verilerin daha pratik, hızlı ve güvenilir olarak analizinin sağlanması amacıyla yapay zekânın alt birimi olan derin sinir ağları ile çalışılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Zihinsel modeller sübjektif değerler barındırması sebebiyle bilimsel olmadığından ortaya çıkarılmaları da kolay olmamaktadır (Kurnaz, 2011). Bu sebeple, yapılan çalışmalarda çoğunlukla zihinsel modellerin belirlemesine yönelik açık uçlu sorular kullanılmaktadır. Örneğin, Yıldız (2016) çalışmasında ortaokul öğrencilerinin ısı

konusuyla ilgili zihinsel modellerinin tespit edilmesini amaçlamış ve bu doğrultuda ilk olarak öğrencilerin konuya ilişkin öğrenme durumlarını tespit etmeyi hedeflemiştir. Bu doğrultuda öğrencilerin bilgiye ilişkin sözel ve görsel zihin yapılandırmalarını belirleyecek 12 açık uçlu sorudan oluşan bir test hazırlayarak 235 öğrenciye uygulanmıştır. Verilerin analizinde her bir soruyu bir rubrik çerçevesinde inceleyip sınıflandırdıktan sonra öğrencilerin anlama seviyelerini farklı bir rubrik kullanarak ayrı ayrı belirlemiştir. Sınıflandırmalarla her bir alt konuya dair belirlenen anlama basamaklarından yola çıkarak öğrencilerin zihinsel modellerinin tespiti basamağına ancak geçiş yapabilmıştır. Benzer analiz süreçleriyle zihinsel model tespiti araştırmalarına (Artun ve Özsevgeç, 2014; Chanserm vd., 2019; Çiftçi ve Topçu, 2021; Ezberci Çevik ve Kurnaz, 2019; İyibil ve Sağlam Arslan, 2010; Kıvrak ve Uyanık, 2020; Kurnaz ve Ekşi, 2015; Sümen, 2022; Ulusoy Taş, 2016; Yüzbaşıoğlu ve Kurnaz, 2020) örnek verilebilir. Buradan da anlaşılabileceği üzere zihinsel modellerin ortaya çıkarılma süreci oldukça zor ve uzun işlem gerektirmektedir. O halde konu alanında daha etkin ve pratik çözümlerin üzerinde de çalışılmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Köseoğlu ve Eroğlu Doğan (2020) fen bilgisi bilim dalında yapılan lisansüstü tezlerin çoğunlukla (%65,8) ilkokul - ortaokul ve lise öğrencileriyle gerçekleştirildiği, öğretmen adayları ile düşük bir oranda (%28,5) çalışıldığını; Boz ve Coştu (2021) enerji eğitimi üzerine çoğunlukla ortaokul - lise öğrencileri ve öğretmenlerle çalışma yapıldığını, öğretmen adayları ile daha düşük oranda çalışıldığını; benzer şekilde Taşkın (2022) kavram yanılgılarına ilişkin yapılan çalışmasında ortaokul ve lise öğrencileriyle (%58,4) yapılan çalışmaların, öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalardan (%30,6) daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bu bağlamda, belirlenen hedef konuyla ilgili olarak, geleceğin öğretmenleri olacak öğretmen adaylarının yeterlik düzeylerinin tespiti ve olası eksikliklerin tespit edilerek son dokunuşların yapılması adına öğretmen adayları ile çalışılmasının daha verimli olacağı düşünülmektedir.

İlgili alanyazın doğrultusunda bu çalışmanın problem cümlesi “fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji ile ilgili temellendirilmiş zihinsel modellerinin ortaya çıkarılabilmesi amacıyla ölçek geliştirme, ölçeği uygulama ve derin sinir ağ destekli sınıflandırmalarda kullanılabilirliğini belirleme” şeklindedir.

1.2 Alt Problemler

Araştırmanın problem durumuna çözüm üretilebilmesi amacıyla aşağıda yer alan alt problemlere cevap aranacaktır:

1. Fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji çeşitlerine, dönüşümüne ve korunumuna ait EKÖDT'ye verdikleri cevapların genel niteliği nasıldır?
2. Fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji çeşitlerine, dönüşümüne ve korunumuna yönelik TZM dağılımı nedir?
3. Araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının tamamının enerji çeşitlerine, dönüşümüne ve korunumuna yönelik TZM eğilim durumları nedir?
4. Geliştirilen EKÖDT derin sinir ağ destekli sınıflandırmalara imkân verecek nitelikte midir?

1.3 Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji ile ilgili temellendirilmiş zihinsel modellerinin ortaya çıkarılabilmesi amacıyla ölçek geliştirme, ölçeği uygulama ve derin sinir ağı destekli sınıflandırmalarda kullanılabilirliğinin belirlenmesidir.

1.4 Araştırmanın Önemi

Fen bilimleri dersinin öğretiminde sıklıkla karşılaşılan sorunlardan birisi öğretilen bilgilerin hızla unutulması ya da zihinde anlamlı hale getirilememesidir (Coşkun, 2004; Yılmaz, 2005). Bu sorun, günümüzde oldukça önemli bir yeri bulunan fen bilimlerinin hedeflerini istenilen seviyelere ulaştırmakta problemler yaşanmasına neden olabilmektedir (Yüzbaşıoğlu, 2015). Bu sorunların ortadan kaldırılmasında, öğrencilerin zihinlerinde kalıcı bilgi oluşturma ve bunları yaşantıları boyunca kullanmalarını sağlamanın önem arz ettiği düşünülmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin öğretim öncesi edindikleri bilgiler, öğrenme ortamlarında anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi bakımından önemli bir basamaktır (Alev, 2013; Dufresne, vd., 1996; Karamustafaoğlu vd., 2005; Osborne ve Wittrock, 1983).

Öğrenciler, öğrenme ortamındaki bilgi doldurulacak bireyler olarak algılanmamalıdır (Özmen vd., 2009). Bilgileri sorgulayarak yapılandıran aktif bireyler olarak görülmelidir (Alev, 2013). Ancak o bilgiyle ilgili bir bilim insanının, uzmanın veya öğretmenin zihnindeki model ile öğrencilerin zihinsel modellerin ilişkilenebilmesi (Kurnaz, 2011) sebebiyle öğreticiler tarafından, öğrencilerin öğretim öncesi sahip oldukları zihinsel modeller doğrultusunda gerekli önlemlerin alınması ve bu doğrultuda ihtiyaçlara cevap verebilmeleri gerekmektedir (Vosniadou, 1994).

Fen bilgisi eğitiminde enerji konusu oldukça önemli bir yere sahiptir (Kurnaz, 2007; Yıldırım vd., 2020). Öğrenciler ilköğretim, orta ve yükseköğretim boyunca enerji konusuyla ilgili öğrenim görmektedirler. Disiplinler arası ortak bir kavram özelliği taşıyan enerji kavramı, günlük yaşamda da sıklıkla kullanılmakta ve kapsamı itibarıyla farklı konularla da ilişkilendirilebilmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin ilköğretimden itibaren enerji konusundaki kazanımları, anlamlı bir zihinsel yapılanma oluşturmak adına istenen nitelikte öğrenmeleri çok önemlidir (Kayalı vd., 2000). Ancak disiplinler arası olması ve karmaşık doğası nedenleriyle hem öğretme hem de öğrenme güçlükleri kendini göstermekte ve enerjinin öğrenciler tarafından nasıl anlamlandırıldığına yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir. Örneğin enerji konusuyla öğrencilerin çeşitli öğrenme güçlüklerine ve kavram yanlışlarına sahip oldukları ifade edilmektedir (Akdeniz ve Karamustafaoğlu, 2003; Alwan, 2011; Evrim ve Uğur, 2021; Gülçiçek, 2002; Gülçiçek ve Yağbasan, 2004; Gürçay ve Gülbaş, 2016; Hırça, 2008; Ispal, vd., 2016; Park ve Liu, 2016). Enerji konusu hakkında yürütülen araştırmalar üç başlık altında sınıflanmak mümkündür: (I) alternatif fikirleri ortaya çıkarma (bkz. Çekiç Toroslu, 2011; Dalaklıoğlu vd., 2015; Duit 1984; Fatima, 2022; Finegold ve Trumper 1989; Gülçiçek, 2002; Goldring ve Osborne 1994; Halilovic vd., 2022; Küçük et al. 2005; Nelson vd., 2020; Nicholls ve Ogborn 1993; Prince vd., 2012; Shidik vd., 2022; Soeharto ve Csapó, 2021; Trumper 1998; Watts 1983; Yeh vd., 2017; Zhang vd., 2019), (II) anlama seviyelerini ortaya çıkarma (bkz. Akdeniz vd., 2000; Aygün, 2019a; Ayvacı ve Uçmak, 2022; Çekiç Toroslu, 2011; Duruk vd., 2021; Erşahan, 2016; Gülbaş, 2013; Hermann-Abell ve DeBoer; 2018; Hırça vd., 2008; Kural, 2022; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2011; Neumann vd., 2013; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009; Sağlam Arslan, 2009; Trumper ve Gorsky, 1993; Töman ve Çimer, 2013), (III) alternatif fikirlerin sebeplerini ortaya çıkarma (bkz. Avcı, 2021; Küçük vd., 2005; Liu ve Fang,

2021; Munggarani vd., 2021; Pastırmacı, 2011; Shidik ve Tae, 2022; Trumper ve Gorsky, 1993; Utami, 2022; Ünal Çoban vd., 2007; Watts 1983). Bu araştırmalarda öğretmen adaylarının enerji konusuyla ilgili bilimsel olmayan algılamaları olduğu farklı perspektiflerle belirlenmiştir. Durum hangi bakış açısından değerlendirilirse değerlendirilsin yukarıda atfedilen araştırmaların ortak teması öğrencilerin enerji kavramını algılamakta zorlandıklarıdır.

Öğretim programlarında kapsamlı bir yer edinen enerji konusunun, öğrenci zihinlerinde nasıl şekillendiği de yanıtlanması gereken güncel bir sorudur. Bununla birlikte öğrenci zihinlerinde şekillenen bu modellerin tespiti ve anlamlandırılması da bir o kadar önemli ve gereklidir.

Zihinsel modelleri belirleyecek analizler pratik olmadığı kadar zordur ve üzerinde titizlikle işlem yapılmasını gerektiren bir süreci içermektedir (Kurnaz, 2011). Bunun sebebi bireylere yöneltilen soruların bireye özgü cevaplarının olması ve belli bir sınırının bulunmamasıdır (Kurnaz, 2022). Bir gruptaki öğrencilere ait farklı zihinsel modelleri tüm grup için değerlendirmek kolay değildir. Bu kapsamda cevapların doğru ve yanlış olduğu başarı testlerinin kullanıldığı araştırmalarda yapılan analizlere göre bu işlem daha meşakkatli ve zaman alıcı olabilmektedir (Kurnaz, 2022). Zihinsel modellerin çoktan seçmeli sorular yardımıyla da belirlenmesine yönelik araştırmalar da kendi içinde bir araştırma konusudur (Kurnaz, 2012; Yüzbaşıoğlu, 2015).

Kurnaz (2022)’a göre zihinsel model teorisinin söylemlerini benimseyen ve “*bireyin gerçeklik hakkındaki bilişsel temsili, bireye sunulan temellendirilmiş belirli sınırlar dâhilinde açıklamak için kullanılan düşünce sistemi*” olarak ifade edilen temellendirilmiş zihinsel model teorisi kapsamında olası tüm alternatif fikirleri, bilimsel ve ilişkisiz cevabı yanıtlarında barındıran veri toplama aracı ile bireylerin temellendirilmiş zihinsel modelleri belirlenebilmektedir. Bu sayede öğrencilerin öğrenilecek konuya ilişkin hem ön bilişsel yapıları irdelenebilecek ve öğrenme ortamında gerekli düzenlemelerin yapılmasına olanak sağlanabilecek hem de öğretim sonrasında öğrenme ortamının öğrencilerde oluşturduğu bilişsel yapı gelişimine etkilerini görme imkânı elde edilebilecektir.

Öğrencilerin, bir konuya ait temellendirilmiş zihinsel modelleri araştırıldığında, ortaya çıkarılacak zihinsel modellerin özellikleri, konunun öğrenilmesi hakkında önemli ipuçlarına ulaşılabilir (İyibil ve Sağlam Arslan, 2010; Kurnaz ve Değermenci, 2012; Ünal ve Ergin, 2006). Ancak konu, ilgili literatürde farklı bakış açıları ile irdelense de öğretmen adaylarının bilişsel yapılandırmaları hakkındaki TZM'leri irdelenmeyen bir araştırma konusu olarak göze çarpmaktadır. İlgili literatürde enerji kavramına ilişkin TZM belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş herhangi bir teste rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada katılımcıların enerji kavramı hakkındaki, zihinsel model teorisinin konu alanıyla da ilintili, temellendirilmiş zihinsel modellerini belirlemek amacıyla çoktan seçmeli sorulardan faydalanılmıştır. Temellendirilmiş zihinsel modellerin model analizi yöntemiyle ve derin sinir ağı kullanılarak tespit edildiği çalışmanın gerek ulusal gerekse uluslararası alanda yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmada oluşturulan ölçeğin ve paylaşılan analiz alanyazının, sonraki çalışmalar için temel oluşturacağı düşünülmektedir. Alanyazında temel konu olarak yer edinen 'enerji' kavramına bu çalışmayla derinlemesine değinilmesi de kavramın önemliliğini ortaya koyacağına inanılmaktadır.

Literatüre bakıldığında TZM tespiti ile ilgili olarak öğretmen adaylarıyla yapılmış sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu, enerji kavramına ilişkin fen bilgisi öğretmen adaylarına yönelik herhangi bir çalışmanın yer almadığı görülmektedir.

Yapay zekâ dahilinde derin sinir ağlarının eğitim alanında kullanımına ilişkin olarak yapılan literatür taramasında hem ulusal hem de uluslararası alanda yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Öğrencilerin sınav öncesinde ya da ders almadan önceki TZM'lerinin derin sinir ağları ile sınıflandırılması öğrencilerin ve sınıfın öğrenme durumları hakkında eğitimcilere önemli bilgiler sunacaktır.

Bu nedenle, yürütülen bu tez çalışması kapsamında, enerjiyle ilgili öğretmen adaylarına ait temellendirilmiş zihinsel modellerin derin sinir ağları yoluyla yapılacak başarılı bir sınıflandırmanın, sonraki araştırmalar için farklı bir bakış açısı getireceğine, araştırmacıların daha hızlı, pratik ve basit şekilde TZM tespit ve tahmin

işlemlerini yürütebileceklerine inanılmaktadır. Böylelikle program geliştiricileri, bilgisayar yazılımcıları, kitap yazarları ve öğretmenler için önemli bir bilgi kaynağı olacağı düşünülmektedir.

1.5 Varsayımlar

Çalışmanın planlanması ve uygulanması aşamasında belli varsayımlar referans alınarak araştırma bu varsayımlar kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada aşağıda sunulan durumlar varsayılmıştır:

1. Araştırmacının çalışma boyunca ön yargılarından uzak çalışma yürüttüğü varsayılmıştır.
2. Araştırmada kullanılan ölçeğin geliştirilmesi aşamasında görüşleri istenen uzmanların, tarafsız ve içtenlikle görüş bildirdikleri varsayılmıştır.
3. Çalışmaya katılan öğretmen adaylarının veri toplama araçlarını kendi istekleri doğrultusunda doğru ve samimi bir biçimde yanıtladıkları varsayılmıştır.
4. Çalışmaya katılan öğretmen adaylarının beyanlarında belirttikleri üzere Fizik-1 dersini aldıkları varsayılmıştır.
5. Çalışmaya katılan öğretmen adaylarının birbirinden bağımsız, aralarında etkileşim olmadan veri toplama aracını yanıtladıkları varsayılmıştır.

1.6 Sınırlılıklar

Bu çalışmada belli sınırlılıklar bulunmaktadır. Bununla birlikte uygulama aşamasında da birtakım sınırlamalara ihtiyaç duyulmuştur. Bunlar aşağıdaki gibidir:

1. Araştırmada incelenen TZM'ler, Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi'nin ölçebildiği niteliklerle sınırlıdır.
2. Araştırma, öğretmen adaylarının verdikleri cevaplarla sınırlıdır.
3. Araştırma, araştırmacı tarafından yapılan analizlerle sınırlıdır.
4. Araştırma, Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi'ne katılım sağlayan öğretmen adayları ile sınırlıdır.

Bir sonraki bölümde kavramsal çerçeveye ilişkin bilgilere yer verilmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu başlık altında model, modelleme, zihinsel model teorisi, temellendirilmiş zihinsel model teorisi, yapay zekâ ve enerji konularında temel alınan bilgiler ilgili alanyazın dahilinde sunulmuştur.

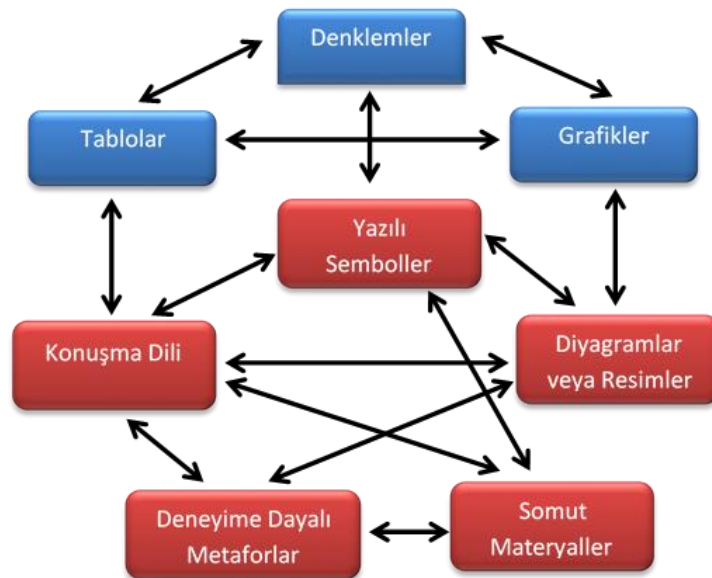
2.1 Model Nedir?

Öğrenmenin nasıl ve ne şekilde olduğu yıllardır araştırma konusu olmuştur. Başka bir deyişle insanların bilgiyi yapılandırması hep merak konusu olmuş; öğretmenin daha etkili, öğrenmenin daha kalıcı olması anlamında yapılan bu çalışmalar yıllar içinde yoğunluk kazanmıştır. Öğrenmenin etkinliği için öğrenmenin doğasını ve öğrencilerin farklı gelişim basamaklarındaki öğrenmelerini bilmenin yanı sıra öğrenmeyi kolaylaştırıcı etkenleri de irdelemek önemlidir (Yıldız, 2016). Modeller, öğrenmeyi kolaylaştıran unsurlardan biri olarak karşımıza çıkmakta ve öğretim süreçlerinde önemli bir kapsamı bulunmaktadır.

Türk Dil Kurumu güncel Türkçe sözlüğüne (URL-1, 2022) göre model: “*Tasarlanan ürünün tanıtım veya deneme amacıyla üretilen ilk örneği, prototip.*” olarak tanımlanmaktadır. Çoban (2017)’a göre model, “günlük hayattaki bir olayın veya olgunun soyutlama, basitleştirme ve kavramlaştırma durumu” olarak ifade edilmektedir. Ahi (2015)’ye göre modeller bireylerin dış dünyadan edindikleri bilgilerin zihinde depo edilmesi amacıyla oluşturulmuş gerçekliğe ait yansımaları içeren yapılardır. Bu yansıma doğrultusunda bireyler, soyutluğu ya da karmaşıklığı gözetilmeksizin bilgiyi zihninde şekillendirerek bağlantılı bir imgeleme içine dâhil etmektedir. Harrison (2001)’a göre modeller, gerçekteki örneklerinin yerine geçemezler ancak gerçek olay veya sistemin sarmal yapısının daha anlaşılır hale getirilmesine katkı sağlarlar. Bir yapının inşa edilme biçimini veya bir sürecin gelişme sürecini anlamamıza yardımcı olan, bir mikroskop gibi yalın gözle görülemeyenleri, görülür ve anlaşılır kılan, bilinenden bilinmeyene geçiş yapılmasına olanak sağlayan yardımcı materyallerdir. Hestenes (2006)’e göre model, birbiriyle ilintili olan nesnelerin bağlarının basit olarak gösterim biçimidir. Ayrıca modeller, bir düzenin özelliklerinin özeti ve özel bir sunumudur (Arslan ve İyibil, 2010).

Bilim uygulamalarında da modellerin önemli bir yeri vardır. Bilim ile modeller iç içedir. Atomun üzümlü kek, güneş sistemi ve bilardo topu modelleri, DNA'nın çift sarmal modeli, sesin ve ışığın dalga modelleri, güneş sistemi modeli, hücre zarı modeli, molekül modelleri, plaka hareketleri modelinin yanı sıra ekonomide, matematikte, mühendislikte ve daha birçok alanda binlerce matematiksel model örnek olarak verilebilir (Bozdemir, 2014; Cullin ve Crawford, 2002; Hangos ve Cameron, 2001). Bu model örneklemelerine ve daha birçok model türlerine her düzeydeki fen kitaplarında rastlamak mümkündür (Matthews, 2007). Fen bilimlerinde sıklıkla kullanılan element, bileşik, yerçekimi, DNA, çekirdek, tanecikli yapı, güneş sistemi, moleküller bağları görme olanağı olmadığından bu tür soyut kavramların daha anlaşılır düzeyde tutulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda modellerin tespiti, en kullanışlı yöntemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Güneş ve Çelikler, 2010; Ünal ve Ergin, 2006).

Ezberci Çevik (2018)'e göre içinde bulunduğumuz dünyayı anlamak, genel olarak model oluşturma sürecini içermektedir. Günlük yaşantıda karşılaşılan sorunların çözüm yöntemleri, başka bir deyişle model geliştirme etkinlikleri, çeşitli yapılar arasındaki etkileşimi (Lesh ve Doerr, 2003) Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Model geliştirmede temsil ortamlarının etkileşimi (Lesh ve Doerr, 2003)

Kavramsal yapının anlamları, farklı temsil ortamlarıyla etkileşim halindedir. Erbaş vd. (2014)'ne göre matematik veya fen alanlarında bir konuya ait matematiksel veya fen

ağırlıklı bir model oluşturulmasında birden çok temsil kullanılabilmesi ve beraber irdelenmesi gerekebilir. Bu nedenle geliştirilecek olan modele, gerçekte var olan bütün özelliklerin aktarılmasının imkânı olmadığı gibi, tek bir gösterimin de model olarak kabul görmesi beklenemez (Ezberci Çevik, 2018).

Modellere sınır koymanın zor olduğu, bu sebeple model için genel bir tanım yerine tüm bilimsel modeller tarafından kullanılan benzer yanlarının ifade edilmesinin daha belirleyici olacağı ifade edilmektedir (Gülçiçek ve Yağbasan, 2004; Güneş vd., 2004). Bu hususta yapılan alanyazın taramasında modeller hakkında bazı önermelerde bulunulduğu görülmüştür:

- ✓ Modeller iletişimi kolaylaştıran araçlardır (Gilbert vd., 2000).
- ✓ Modeller bir nesne ya da yapının sadeleştirilmiş şeklidir (Booch vd., 1999; Gilbert vd., 2000; Örnek, 2008).
- ✓ Modeller fen ile teknoloji arasında köprü kurar (Gilbert vd., 2000).
- ✓ Modeller zihin ile gerçek yaşantı arasında köprü görevi görür (Hubber, 2006).
- ✓ Modeller betimleme veya açıklama özelliklerine sahiptirler (Cartier vd., 2001; Etkina vd., 2006).
- ✓ Modeller bir şeyin tanımıdır (Kühne, 2005)
- ✓ Modeller üzerinde çalışılan nesne ya da yapının bütün özelliklerini en yüksek düzeyde ifade etmelidir (Etkina vd., 2006; Kühne, 2005).
- ✓ Modeller üzerinde çalışılan nesne ya da yapının bütün özelliklerini belirtme noktasında sınırlılıklar içermektedir. Bu sebeple modeller nesne ya da yapıların kopyası olarak irdelenmezler. (Booch vd., 1999; Kühne, 2005; Etkina vd., 2006).
- ✓ Modeller, gerçek yaşantılardan gelen bilgi ve deneyimlerin içsel temsilleridir. (Norman, 1983; Rapp, 2005).
- ✓ Modellerin değişim ve gelişime yatkınlıkları vardır (Coll ve Treagust, 2003).
- ✓ Modeller bireyler için rehber niteliğindedir (Cartier vd., 2001).

Yukarıda belirtilen benzer tanımlamalardan yola çıkarak Kurnaz (2011) modelleri, genel olarak gerçeğin öznel fakat anlamlı bir yansıması olarak ifade etmiştir. Bununla birlikte modellerin sübjektifi yansıtması sebebiyle böyle bir tanımlamanın da

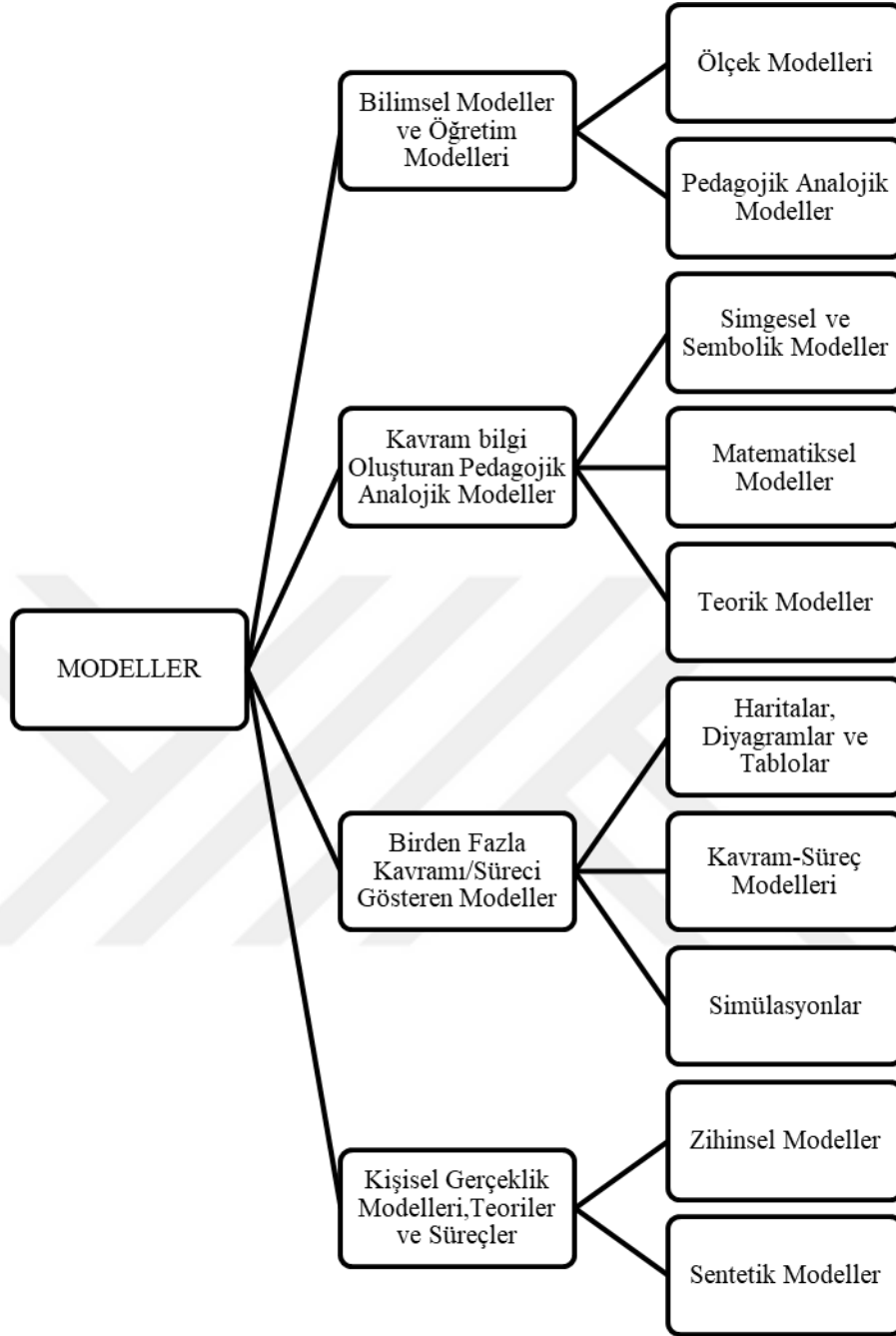
modelleri betimlemede yetersiz kalacağı aşikârdır. Dolayısıyla ‘her modelin incelenen sürece ilişkin farklı bir yaklaşımı vardır’ gerçeği her bilimsel modelde bulunabilecek bir özellik olarak irdelenmelidir (Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2008). Bu gerçek aslında, incelenen yapıya ilişkin türlü modeller oluşturulabileceği ve oluşturulan modellerin ilgili yapıya ilişkin farklı özellikleri sunabileceği, ayrı bir biçimde özelleştirebileceği, ya da farklı çıkarımlarda bulunulabileceğini ifade etmektedir (Kurnaz, 2011).

Alanyazında kavram öğretimine ilişkin olarak bireylerin anlama düzeylerini geliştirmek ve zihinlerinde oluşturdukları bilgilerin daha nitelikli olmasını sağlama noktasında model ve modelleme süreçlerinden yararlanıldığına ilişkin yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir (Günbatır ve Sarı, 2005; Jong, 2009; Bozdemir Yüzbaşıoğlu ve Sarıkaya, 2019). Bir problemin çözümünde, model kullanılmasının birden çok nedeni bulunmaktadır (Tutak ve Güder, 2014). Bir su birikintisindeki canlı organizma sayısının belirlenmesinde olduğu gibi problemlerin çözümü için kullanılacak deneysel yöntemler yüksek maliyet gerektirebilir. Yerçekimsiz ortamdaki cisimlerin hareketinin gösterimi de imkânsız olabilir. Yani zorlukların yaşandığı durumlarda, sürecin nasıl ilerleyeceğinin öngörülebilmesi amacıyla modellerden faydalanılmaktadır. Matematik eğitiminde de modellemelerden faydalanılmaktadır. 1 ile 100 arasındaki sayıların toplamı kaçtır? Sorusunu yanıtlamak için matematiksel modellemeden faydalanılır. Burada ardışık olma durumuna göre büyük sayı (n) kendisinden bir fazlasıyla ($n+1$) çarpılır ve çıkan sonuç 2’ye bölünerek $(n*(n+1))/2$ uygun bir model etkinliği kullanılmış ve bir genellemeye ulaşılmıştır.

Amerika’da faaliyet gösteren Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) modellemeyi tanımlarken farklı türlerini de belirtmiştir. NRC (1996)’ye göre modelleme, fiziksel obje, plan, zihinsel yapı, matematiksel denklem, bilgisayar benzetimleri gibi farklı biçimleri olabilen, gerçek nesneler, durumlar ya da bunlara karşılık gelen geçici şema ya da yapılarıdır. Alanyazında yer alan model tanımlamalarında temel iki durum üzerine görüş bildirilmektedir (Ahi, 2015). Bu görüşlerden ilki, modellerin zihinde bulunan bilgi ve gerçeklik arasında köprü oluşturması; diğer görüş ise modellerin bilgiyi sadeliğe ve basitliğe indirgeyen özelliğe sahip olmasıdır (Clement, 2008).

Ezberci Çevik (2018)'e göre gerçekliğin betimlemesinde simgeler, semboller, simülasyonlar veya haritalar kullanılmaktadır. Buradan hareketle olguya yönelik olarak farklı modellerin kullanılabileceği ve bu modellerin de olgunun farklı özelliklerini içerebileceği ifade edilebilir. Bu doğrultuda bilim insanlarınca modeller sınıflandırılmış ve nihayetinde aradaki farklılıkların sınırları belirlenmiştir. NRC (1996)'nin tanımlamasında belirtildiği üzere de modellerin farklı türleri olabilmektedir. Harrison ve Treagust (2000)'e göre modeller; (1) araç, bitki, bina, köprü vb. nesneleri renk, şekil ve yapıların gösteriminde kullanılan ölçekli modeller, (2) öğretim ve öğrenimde kullanılan pedagojik-analojik modeller, (3) kimyasal formüllerde ve denklemlerde kullanılan simgesel ve sembolik modeller, (4) fiziksel özelliklerin ve süreçlerin matematiksel işlemler ve grafiklerle belirtildiği matematiksel modeller, (5) teorik kavramları (sıcaklık, basınç vb.) tanımlayan teorik modeller, (6) öğrenciler tarafından kolayca görselleştirilebilen kalıplara, yollara ve bağlara ilişkin harita (hava durumu haritaları vb.), diyagram (kan dolaşımı, besin zinciri vb.) ve tablolar (periyodik cetvel, besin zinciri vb.), (7) Kavramlara ilişkin süreci açıklayan kavram-süreç modelleri, (8) uçuş simülatörleri, nükleer reaksiyon gösterimleri, küresel ısınma gibi karmaşık ve çok yönlü yapıları gösteren simülasyonlar, (9) modellemeyi etkili bir düşünme ve bilimsel olarak çalışma aracı yapan, aynı zamanda son derece kişisel, dinamik ve erişilmesi zor olan ve gerçek ile zihin şemaları arasında bağ kuran zihinsel modeller, (10) bilimsel modelle sezgisel modelin birleştirilerek sentezlediği senteze modeller şeklinde sınıflandırılabilirler. Çeşidi ne olursa olsun modeller; (a) zihinde temellendirilir, (b) belirtilen özel şartları vardır ve (c) bir problem üzerine kurulur ve ona dair çıkarımlarda bulunur (Ünal ve Ergin, 2006).

Harrison ve Treagust (2000)'a göre modeller Şekil 2.6'da gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır.



Şekil 2.2 Harrison ve Treagust (2000)'un model sınıflandırması

Modellerin sınıflandırılmasına ilişkin olarak Philippi (2010) modelleri, zihinsel modeller ve paylaşılan modeller olarak belirtmiştir. Burada ifade edilen zihinsel model; bir süreç, durum ya da olayları anlamayı, açıklamayı ya da şemalaştırmayı kolaylaştıran bireyin zihninde oluşturduğu temsildir. Paylaşılan model ise akış diyagramları, materyal ve simülasyonlar gibi fiziksel gösterimlerdir. Örnek (2008)'e göre modeller, zihinsel ve kavramsal olarak ikiye ayrılırlar. Buna göre kavramsal modeller, öğretmenler veya bilim insanlarınca üretilen, gerçek durumlar veya sistemler

arası ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştıran fiziksel sunumlar/nesneler olarak ifade edilirken (Greca ve Moreira, 2001), zihinsel modeller, gerçek ya da gerçek olmayan içsel olarak temsil edilen durumlar olarak belirtilmektedir. İyibil ve Sağlam Arslan (2010) da çalışmalarında benzer sınıflandırmayı kullanmıştır. Norman (1983) zihinsel modellerin öğrencilere ait kişisel bilgileri referans aldığını; kavramsal modellerin ise bilimsel bilgiyi referans aldığı çıkarımında bulunmaktadır. Ünal ve Ergin (2006) bilimsel modellerden yola çıkarak modelleri açık (benzetme) ve örtük (içsel) olarak sınıflamaktadır. Modellerin isimlendirilmesi anlamında Ünal ve Ergin (2006) ile Örnek (2008) arasında farklılaşma olsa da bu isimlendirmelerin içerik bakımından farklılık bulunmadığı görülmektedir (Kurnaz, 2011). Kavramsal -açık- modeller bireylerin oluşturduğu ve paylaştığı fenomen veya nesnelerin dışsal temsilleridir (Franco ve Colinvaux, 2000; Güneş vd., 2004; Ünal ve Ergin, 2006; Kurnaz, 2011) ve fizik ve bilgisayar modelleri ile matematiksel ve fiziksel modeller olarak alt kategorileri bulunmaktadır (Örnek, 2008). Zihinsel -örtük- modeller, insanların zihninde yer alan içsel temsillerdir (Bostrom, 2017; Bower ve Morrow, 1990; Craik, 1943; Harrison ve Treagust, 1996; Johnson-Laird, 1989; Rapp, 2005). Zihinsel modeller, bireylerin kendi algılamalarına giydirdikleri elbiseler şeklinde ifade edilebilir (Kurnaz, 2011).

Kısaca, fen eğitiminde modellerin önemine ilişkin yukarıda belirtilen açıklamalar, gerçekte araştırmalarda zihinsel modellerin nerelerde sınıflandırıldığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada zihinsel modeller üzerine yoğunlaşılacağından bu modele ilişkin bilgilere aşağıdaki başlıkta yer verilmiştir.

2.2 Zihinsel Model Teorisi

Zihinsel modeller, bireyin içinde bulunduğu ortama ilişkin davranışlarını açıklamada ve tahminlerde bulunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Greca ve Moreira, 2001). Hayes (1978), sıvıların davranışını anlamakla ilgili kavramları analiz etmiştir. Bu bilgi, insanların bir sıvının ne zaman akacağını, hareketsiz kalacağını veya bir yüzey üzerinde ince bir tabaka halinde yayılacağını tahmin etmelerini sağlar. Gentner ve Stevens (1983)'e göre Hayes'in analizinden yola çıkarak, insanların sıvıların zaman içinde bu durumlardan diğerine nasıl geçtiğini hayal etme biçimi modellenenebilir.

Örneğin, bir masanın üzerine dökülen suyun, masanın kenarına ilerlemesi, zemine çarpması ve ardından bir çatlaktan akması. Hayes'in bu bilgiyi öne çıkarması son derece önemlidir. Bireylerin sıvının bu farklı hallerin her birinden yapabileceği çıkarımları dikkatle tanımlamıştır. “Zihinsel modeller üzerine araştırma yapmanın amacı nedir? İnsanların zihin yapılanmasının bu kadar net bir şekilde açığa çıkarmak istenmesinin önemi nedir?” sorularının cevapları üzerine olan araştırmalar fayda sağlamaktadır. Örneğin Hayes'in sıvılar üzerindeki çalışması, nükleer santral operatörlerinin cihazları neden her zaman doğru yorumlamadıklarını anlamakla ilgilidir. Benzer şekilde, denizcileri bir buharlı geminin nasıl çalıştığı konusunda eğitmek için, sıvı akışı ve faz geçişlerinde tam olarak ne tür bir bilginin yer aldığına dair modellerimiz ne kadar iyi olursa, bu bilgiyi o kadar iyi simüle edebilir, öğretebilir ve test edebiliriz. Ancak, bu uygulamalı sonuçlar ne kadar önemli olursa olsun, zihinsel model araştırmalarının temel amacı değildir. Zihinsel modeller üzerine yapılan araştırmalar, temel olarak, insanların dünya hakkındaki bilgisini anlamakla ilgilidir (Gentner ve Stevens, 1983).

Araştırmacılar tarafından bilginin nasıl edinildiği, zihinde nasıl biçimlendiği, öğrenmenin gerçekleşme şekli ve duyu organları aracılığıyla zihinde birleşen verilere nasıl anlam kazandığına ilişkin sorular sürekli sorgulanmıştır (Kayhan, 2010). İlk olarak 1983 yılında zihinsel modeller üzerine iki kitap (Johnson-Laird, 1983; Gentner ve Stevens, 1983) yayınlanmıştır (Greca ve Moriera, 2001; Van den Broek vd., 2021). Barquero (1995)'ya göre ilk kitap zihinsel modellere ilişkin teorik yaklaşımı temsil ederken, ikinci kitap da zihinsel modellere çoğunlukla öğretim yaklaşımı bakımından irdelenmiştir. Bu kapsamda bilginin zihindeki yapılanması ve anlamı da önem taşımaktadır (Ezberci Çevik, 2018).

Gentner (2002)'e göre zihinsel model çalışmalarında iki ana yaklaşım bulunduğunu ifade etmektedir. İlk yaklaşım, bilgi açısından zengin alanlarda anlama ve akıl yürütmeyi destekleyen bilgi ve süreçleri tanımlamaya çalışır. Diğer yaklaşım, mantıksal akıl yürütülmesini sağlayan bellek birimleri olarak zihinsel modellere odaklanır.

Vasniadou (1994)'ya göre zihinsel modeller üzerine yapılan araştırmalar iki temel gerekçe üzerine yapılanmıştır. İlki zihinsel modeller, bilişsel süreçlerde etkili rol oynamaktadır. Diğeri ise zihinsel modeller sayesinde elde edilecek veriler, bilim insanlarına ve eğitimcilerle öğrencilerin bilgi yapılarına ilişkin önemli ipuçları sunmaktadır. Bu doğrultuda zihinsel modellerin anlaşılması amacıyla bu modellerin ne olduğu ve hangi özelliklere sahip olduklarını belirtmek oldukça önemlidir.

Norman (1983) zihinsel modeller üzerine gerçekleştirdiği çalışmalar neticesinde şu gözlemlerini ifade etmiştir:

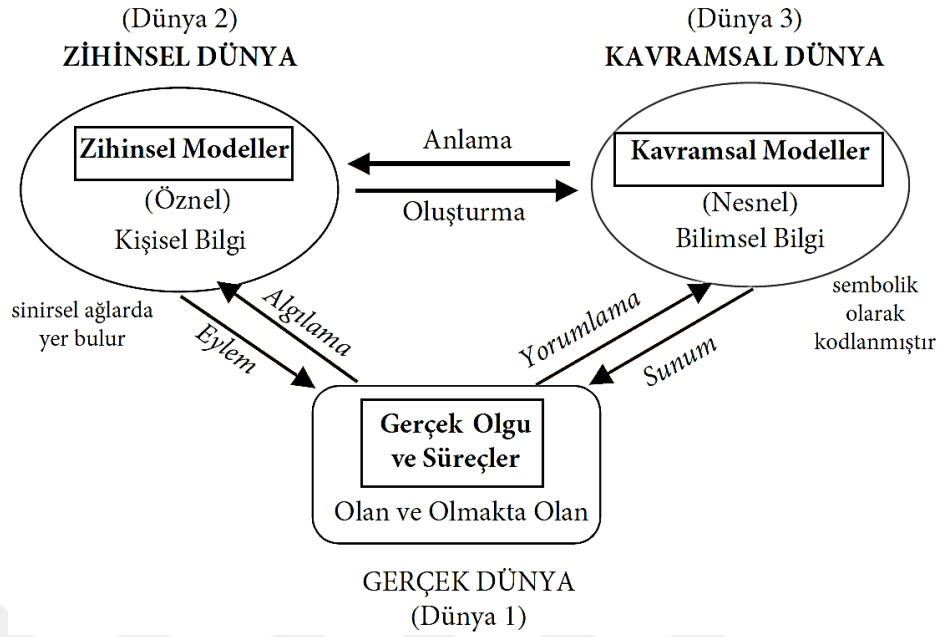
- a) Zihinsel modeller tamamlanmamışlardır.
- b) Bireylerin zihinsel modelleri kullanım durumu oldukça sınırlıdır.
- c) Zihinsel model bireyin olaylara ait inanış biçimini yansıttığından bilimsel değildir.
- d) Zihinsel modeller sabit değildirler.

Zihinsel modellerin kullanım alanının oldukça fazla olması ve disiplinler arasında sıklıkla yer alması nedeniyle zihinsel modellerin ne olduğuna ilişkin yaygın bir tanımlamanın ifade edilemediği, bilim insanları tarafından farklı tanımlar yapıldığı görölmektedir (Borges ve Gilbert, 1999; Van der Veer, 2000). Bunun sebebi, zihinsel modellerle ilişkin olarak yürütölen araştırmalarda farklı konu ve durumlara yönelmedir (Rapp, 2005). Van der Veer (2000)'e göre, yaygın bir tanım yapılamamış da olsa, zihinsel modeller çoğunlukla bilişsel ifadeler şeklinde düşünölmelidir.

Zihinsel modeller gerçek ya da hayali durumların psikolojik temsilleridir (Örnek, 2008). Ünal ve Ergin (2006)'ya göre günlük hayatımızda farkında olmadan sıklıkla ve gizli bir dil olarak kullanılan içsel temsillerdir. Başka bir deyişle zihinsel modeller, bireylerin olay veya durumları zihinlerinde şekillendirmesi ve resimleştirmesiyle ilgilidir. Zihinsel modeller, kavramların zihnimizde oluşturduğu modeller tarafından oluşturulmaktadır. Rapp (2005)'e göre zihinsel modeller, görsel veya yazılı bir materyali analiz etmek veya bir kısmına odaklanmak için kullanılabileceği gibi hipotez kurmak, problem çözmek veya diğeri alanlara bilgi aktarımında kullanılabılır. Sınıfta edindiği kavramları zihinsel modellere dönüştüren öğrencilerin aynı zamanda başarılı

öğrenciler olması tesadüf değildir. Bu öğrencilerin derste aktarılanların ötesinde mantık yürütme ve problem çözme becerilerine sahiptirler. Bu yönüyle “mükemmel hafıza” algısı oluştursa da araştırmalarda zihinsel modellerin örtük ve noksanlıklarının bulunduğu ifade edilmektedir (Franco ve Colinviaux, 2000; Norman, 1983). Zihinsel modellerin problem çözebilme, sonuç çıkarabilme ve karar verebilme (Akpınar, 1999) durumlarında öne çıkan, deneyimlerin fiziksel ya da kavramsal niteliklerini barındıran soyut temsiller olduğunu belirten Rapp (2005), zihinsel modellerin tanımlanmasında dört husustan dolayı zorluklar yaşandığını belirtmektedir. Bunlardan ilki, zihinsel modellerin gerçek fiziki varlıklar olmayıp cerrahi veya beyin görüntüleme yollarıyla ortaya çıkarılamayan soyut kavramlar olduğudur. Onlar hakkında yalnızca mantıksal çağrışımlar yardımıyla iddialarda bulunulabilir. İkincisi, zihinsel modeller belleğin soyut ifadesi olup zamanla değişim gösteren dinamik temsillerdir. Bu özelliği onu daha sade ve somut bir tanımının yapılamamasına neden olmaktadır. Üçüncüsü, zihinsel modeller farklı çalışma alanlarında farklı biçimlerde tanımlanmışlardır. Sıklıkla disiplinler arası etkileşimlerle de karşılaşmak mümkündür. En önemli olan dördüncü husus ise bireyler anlama sürecine ilişkin olarak hatalı veya yanlış modeller geliştirebilir ve bunların doğru olduğuna inanabilir. Bunu destekler nitelikte Frède vd. (2011) ve Vosniadou ve Brewer (1992)’e göre çocuklar çoğunlukla dünyanın yapısı konusunda, içinde düz bir zemin bulunan içi boş bir küre olduğu ile ilgili hatalı zihinsel modellere sahiptirler. Bu hususlar doğrultusunda Rapp (2005)’a göre zihinsel modeller sorunları çözmek için kullanılan içselleştirilmiş, organize bilgi yapılarıdır. Farklı bakış açıları geliştirmede veya farklı olasılıkları canlandırmada kullanılabilirler.

Zihinsel modeller dünyadaki olaylara anlam yükleme ve şekillendirme amacıyla bireylerin zihinlerinde yer alan gerçek durumların içsel temsilleri olup (Franco ve Colinviaux, 2000) zihin kullanımında bireylere rehber niteliği taşımaktadır (Norman, 1983). Kurnaz ve Değermenci (2012)’ye göre birey tarafından gerçek dünyaya ilişkin davranışları anlama, açıklama ve kestirmede zihinsel modeller kullanılır ya da birey bu bağlamda var olan modeller vasıtasıyla yeni modeller oluşturur. Hestenes (2006) zihinsel modeller, kavramsal modeller ve gerçek olgu ve süreçler arasındaki ilişkiyi Şekil 2.3’deki gibi kurgulamakta ve zihinsel modellerin anlamlandırılmasında gerçek olgu ve süreçler ile bilimsel bilgiyle kişisel bilgiler arasında yer alan bağın önemle irdelenmesinin önemini ifade etmektedir.



şekil 2.3 Zihinsel modeller, kavramsal modeller ve gerçek oldu ve süreçler arasındaki ilişki (Hestenes, 2006).

Hestenes (2006) zihinsel modellerin, gerçek dünyada meydana gelen olayların bireyin algılamalarıyla bağlantılı olduğunu ifade etmektedir (bkz. şekil 2.3). Bu algılamalardan yola çıkararak yapılacak kodlamalarla kavramsal modeller şekillendirilebilir ya da kavramsal modellere ilişkin kodlamalar çözümlenerek anlama gerçekleştirilebilir. Hestenes (2006) kavramsal modelleri, gerçek dünyanın yorumlanmasında ve sunulmasında kullanılan araçlar şeklinde belirtirken zihinsel modelleri, gerçek dünyada var olan sistem veya sistemler bilgisinin zihinde oluşan basit şeması olarak ifade etmektedir.

Özetle zihinsel modeller, bireyin bir konunun ya da kavramın   renilme düzeyine dair bilgiyi yansıtmaktadır. Zihinsel modellerin tespitinde açık uçlu sorular, görüşmeler ve/veya çoktan seçmeli testlerden faydalanılmaktadır. Zihinsel modellerin belirlenmesi, doğası gereği oldu a g   olduğundan konu alanındaki açıklamalar 2.2.1 alt başlığı altında incelenecektir.

2.2.1 Zihinsel Modellerin Belirlenmesi

Zihinsel modeller dikkatli bir şekilde belirlenmeli ve birlikte değerlendirilmelidir. Eilam (2004)'a göre modellerin soyut olması, bireylerin problemler karşısında yanlış

düşünce geliştirmelerine ve dolayısıyla kavram yanılgılarına sebebiyet vermektedir. Bu doğrultuda disiplin farkı gözetilmeksizin bireylerin zihinsel modellerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar yapılması ve zihinsel modellerde yer alan kavram yanılgılarının ve hataların önlenmesi noktasında önem arz etmektedir (Ayvacı vd., 2021).

Zihinsel modellerin en önemli özelliklerinden birisi kişiye özgü olması, diğeri ise zihinsel modelleri dinamik temsiller şeklinde ifade eden tekrarlanabilir özelliğē sahip olmasıdır. Bu bağlamda zihinsel modeller; tamamlanmamış olmakla birlikte, ancak yeni bilgiler ilave oldukça, büyümeye ve gelişmeye devam eder. Karşılıklı konuşma esnasında sohbet konusuna yeni bir söylem eklenerek konunun değışmesi gibi tekrar eden bu süreç, bireyin bilgi, beceri düzeyine ve modelin yapılandırılma amaçlarına bağlıdır (Greca ve Moreira, 2001). Bu nedenle zihinsel modeller ve zihinsel modelleri belirleme çalışmaları oldukça ayrıntılı ve kapsamlı olarak düşünölmelidir. Araştırmacılar, zihinsel modellerin basit ya da karmaşık, yanlış ya da doğru, sürece dair bütönsel ya da genel hatırlamayı gerektirecek yapıda olduğunu ifade etmektedirler (Bao ve Redish, 2001). Zihinsel model, bireyin sahip olduğı içsel temsil olduğundan (Ünal ve Ergin, 2006) yapılan çalışmalar neticesinde bu temsillere ilişkin bilgi edinmek mümkün olmaktadır (Kurnaz ve Ekşı, 2015; Yüzbaşıoğlu ve Kurnaz, 2020). Franco ve Colinvaux (2000)'e göre araştırmacılar tarafından zihinsel modellerin tanımlanması ve temsilinde şu hususular dikkate alınmalıdır;

- i. Zihinsel modeller üretkendir. İnsanlar tahminlerde bulunabilir ve bu doğrultuda yeni fikirler üretebilirler.
- ii. Zihinsel modeller örtük bilgiyi içerir. Birey, zihinsel modellerinin farkında değildir. Bu anlamda sessiz bilgiler içerebilir (Ayvacı vd., 2021).
- iii. Zihinsel modeller yapaydır. Kendisini oluşturan durum veya sürecin basitleştirilmiş bir temsildir.
- iv. Zihinsel modeller, insanların sahip olduğı inanç yapılarıyla sınırlandırılır.

Alanyazında zihinsel modellerin tespitine ilişkin yürütölen çalışmalarda öğrencilerin hedef konuyla ilgili zihinsel temsillerini açığa çıkaracak veri toplama araçları kullanılmaktadır. Zihinsel model tespit çalışmalarında sıklıkla açık uçlu sorulardan,

izimlerden ve/veya görüşmelerden faydalanıldığı anlaşılmaktadır (rn. Hamdiyati vd., 2018; Hermita vd., 2021; İyibil ve Sağlam Arslan, 2010; Vosniadou ve Brewer, 1992; Yüzbaşıoğlu ve Kurnaz, 2020). Ültay vd. (2017) zihinsel model belirlenmesinde sıklıkla çizimlere başvurulduğunu ifade etmektedir. Yaptıkları çizimlerden yola çıkarak ğrenci zihinlerinde oluşan modellerin tespiti elbette mümkündür. Ancak bu tür veri toplama araçları ile ulaşılan verilerin analizinde betimsel analiz, içerik analizi gibi zor süreçlerle karşı karşıya kalınmaktadır (Ezberci evik, 2018). Öğrencilere yöneltilen sorular göz önünde bulundurulduğunda, öğrenciler tarafından sorulara verilecek cevapların çok geniş bir olasılığa sahip olacağı da aşıkrdır. Bu bağlamda öğrenciler tarafından konu dışı (beklenilmeyen nitelikte) verilebilecek bir cevabın, belirtilen ölçüm aracının sınırlarını aşması (rn. Çizim istenip sözel yazılması) durumlarında, cevapların analizini zorlaştırması yönüyle bu tip veri toplama araçlarını olumsuz etkilemekte hatta dezavantajlı hale getirebilmektedir. Buradan hareketle bireylerin zihinsel modellerinin belirlenmesi sürecinin uzun ve zahmetli ve karmaşık bir yapıda olduğu söylenebilir. Bu kapsamda zihinsel modeller birey dönütlerinin analizlerine göre belirlendiği ifade edilebilir. Diğer bir ifadeyle, zihinsel model tespit çalışmalarında veri toplama araçları açısından benzerlik (açık uçlu sorular, çizimler ve/veya görüşmeler) olduğu ve zihinsel model tespitinde kullanılan veri toplama araçlarının niteliği konusunda ilgili literatürde ortak bir anlayışın olduğu belirtilebilir (Kurnaz, 2016, 2017). Buna karşın veri analizlerinde izlenen süreçlerin pratik olmaması (Agnisarman vd., 2022; Baydil, 2022; Caseiro ve Trigo, 2013; Ezberci evik, 2018; Gisick vd., 2018; Kurnaz, 2011; 2018; Yüzbaşıoğlu, 2022; Zhang vd., 2022) nedeniyle ilgili çalışmaların yöntemsel farklılıklarının verilerin analizi konusunda olduğu ifade edilebilir. Kurnaz (2022) zihinsel model belirleme çalışmalarını analiz yaklaşımlarına göre sınıflandırarak aşağıdaki dört sınıflamayı ortaya çıkarmıştır:

- (I) Cevapların karakteristiklerini belirlenme/sınıflandırma,
- (II) Literatürdeki (atom modelleri gibi) modellerden hareketle tespit etme,
- (III) Anlama seviyelerine göre tespit etme,
- (IV) Prakseolojik analiz yaklaşıma göre tespit etme.

Anlaşıldığı üzere zihinsel model belirleme çalışmalarında analizler konusunda farklı yaklaşımlar söz konusudur. Buradan meşakkatli analiz sürecini kolaylaştırıcı alternatif analizlerin arayışı olduğu ifade edilebilir.

Özetle zihinsel modeller, bireyin bir kavram veya konuya ait bilgiyi nasıl zihninde yapılandığı, bu bilginin bireyde hangi düzeyde ve ne şekilde anlamlandırıldığına ilişkin bilgiler sunmaktadır. Doğası gereği zihinsel modellerin tespiti oldukça zordur. Bu doğrultuda alanyazında açık uçlu soruların, çizimlerin ve/veya görüşmelerin zihinsel modellerin tespitinde araç olarak kullanıldığı ve dört farklı analiz yaklaşımında belirlemelerin gerçekleştirildiği görülmektedir.

2.3 Temellendirilmiş Zihinsel Model Teorisi

Öğrenme ortamlarında öğretmenler, bir hedef kavramın öğretim sürecinde öğrencilerinden gelen dönütlere göre öğrenme ortamının tasarımında güncellemeye gitmektedir. O halde öğretim sürecinde öğrenim durumlarını gösteren dönütlere yönelik değişikliklerin dinamik olması gerektiği söylenebilir. Öğrencilerin bir hedef kavrama yönelik öğrenme niteliklerini anlamada zihinsel modellerin etkinliğine rağmen (Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994; Sağlam Arslan ve Devecioğlu, 2010; Gilbert, 2011) belirleme süreçlerinin pratik olmaması nedeniyle (Ezberci Çevik, 2018; Kayhan, 2010; Kurnaz, 2011; Yüzbaşıoğlu, 2022) öğrenme ortamında eş zamanlı dinamik değişiklikler sağlanamayabilir. Bu sorunu gidermeyle de ilişkili olarak Kurnaz (2016a, 2017, 2022) tarafından Temellendirilmiş Zihinsel Model Teorisi ileri sürülmüştür.

TZM, isim olarak ilk kez Kurnaz (2016a, 2016b, 2017)'ın lisansüstü dersleri dâhilinde tanımlanmış olup bilimsel bir çalışma nezdinde yazılı olarak da ilk kez Kurnaz'ın danışmanlığında yürütülen Ezberci Çevik (2018)'in tezinde kullanılmıştır. Temellendirilmiş ifadesi, ucu açık (analizi zorlaştıracak nitelikte beklenilmeyen, ilişkisiz cevaplar) metin ve/veya çizim yaptırma yoluyla zihinsel model belirleme yerine, önceden sistematik olarak belirlenmiş belirli bilgiler kümesine (yapılandırılmış çoktan seçmeli sorular) göre katılımcının zihinsel modelin belirlenmesini temsil etmektedir (Kurnaz, 2016a, 2017). Diğer bir ifadeyle, kavram veya kavramlarla ilgili

yürütülen çalışmaların bulgularından hareketle, önceden yapılandırılmış ve muhtemel cevaplara göre şekillendirilmiş çoktan seçmeli sorular yoluyla da zihinsel modeller tespit edilebilir. Bu sayede bireylere yöneltilen sorular ve cevap şıkları dâhilinde zihinsel modeller katılımcılara sunulan belirli sınırlar çerçevesinde belirlenebilecektir. Nitekim Ezberci Çevik (2018) ve Yüzbaşıoğlu (2022) tarafından yapılan doktora tez çalışmaları da TZM teorisine dayalı öğrenci zihinsel modellerinin tespit edilebileceğinin etkinliği hususunda yol gösterici niteliktedir.

Kurnaz (2022)'a göre TZM teorisi uygunluk ilkesi gereği zihinsel model teorisinin söylemlerini benimsemekte ve ilave bakış açıları sunmaktadır. Bu bakış açıları; (i) yapılandırılmış veri toplama araçlarıyla da etkin zihinsel model tespiti ve (ii) bilişsel yapının pratiğe uygun indirgenmiş ikincil ve geçici bilişsel yapıya sahip olması hakkındadır. Buna göre bireyler bir kavrama ilişkin zihinsel yapılarını içinde bulundukları şartlara göre sergileyebilirler. TZM teorisinin konu alanı aşağıdaki gibi açıklanmaktadır (Kurnaz, 2022):

“... Olağan şartlarda bireyin zihinsel modelini belirlemek mümkündür. Fakat bireyin sevdiğini (bir obje, bir yemek vb.) duygusal farklılıklar yaşanan durumlarda göz ardı edebildiği örneğinde olduğu gibi, bilişsel yapıların da ortamın gereklerine göre işlerlik kazanacağı açıktır. Yani bireyin bir konu, kavram veya olgu hakkındaki gerçek bilişsel yapısı ardaalanında korunmakla birlikte, ortamın gereklerine göre ardaalanındaki bilişsel yapıya en uygun yapı bireyde belirir. Yeni yapı, ardaalandaki bilişsel yapının pratiğe uygun, işlerlik kazanmış ve indirgenmiş ikincil ve geçici bilişsel yapısıdır. Bu yukarıda betimlenen gelişime ve değişim açık olma durumundan farklıdır. Farklı bir ifadeyle benzetim yapılırsa, bilişsel yapıların oluşturduğu zihinsel model küresinin yanı sıra bireyin ortamdaki ihtiyaçlarını karşılamak üzere beliren küçük küre (baloncuk) TZM'dir. Ortama göre beliren ikincil ve geçici bilişsel yapı, gerçek bilişsel yapıyı indirgeyerek yansıtır. TZM teorisi de ikincil ve geçici bilişsel yapıyı anlamlandırmaya ve belirlemeye odaklanan çalışma alanıyla ilgilenir. ...”

Bu açıklamaya göre bir bireyin bir kavrama ilişkin zihinsel modeli oklid uzayında birim bileşenlerin oluşturduğu küreyle tanımlanırsa TZM aynı birim kürenin içinde veya ilişkili bir baloncuk olarak görülebilir. Ancak bu baloncuk birim kürenin belirli bir yapısına ait daha küçük bir bileşen gibi görülebileceği gibi aynı zamanda tüm kürenin indirgenmiş bir hali olarak da tanımlanabilir. Yerine göre de belirlenecek TZM ile ZM eş de olabilir.

TZM belirleme yoluyla öğrenme durumlarının analizinin yapılmasının avantajları da söz konusudur. Kurnaz (2016a, 2016b, 2017, 2022) bu avantajları iki temelde belirtmektedir: (i) TZM belirlenmede yapılandırılmış çoktan seçmeli soruların hazırlanmasının kati şartlarının olmasına bağlı olarak öğrenmeye dair bilgi edinme sürecinde mevcut literatürü etkin kullanmayı gerektirmesi ve (ii) sıklıkla kullanılan başarı testleri analizinde yapılan 1 (doğru) ve 0 (yanlış) kodlaması yoluyla yanlışların ihmalinin TZM belirlemede önlenmesi. Diğer bir ifadeyle, çoktan seçmeli sorularla öğrenme durumlarının değerlendirilmesinde, yanlışların da analizinin bütüncül analize dâhil etmeye olanak veren alışıl gelmiş başarı/kavram testi dışında daha etkili bir veri toplama aracı haline getirilmeye ihtiyaç vardır ve TZM belirleme süreci buna hizmet etmektedir.

TZM teorisinin söylemlerinin anlaşılır olmasını da sağlayacak şekilde TZM belirleme süreçlerini irdelemek yerinde olacaktır.

2.3.1 Temellendirilmiş Zihinsel Model Belirleme

Bireylere ait zihinsel modellere ulaşılabilme amacıyla, bilgilerin zihinde nasıl yapılandırıldığı ve/veya bir yaşam sürecinde nasıl kullanıldığı irdelenebilir (Ezberci Çevik, 2018; İyibil ve Sağlam Arslan, 2010; Ulusoy Taş, 2016; Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994). Ancak bu şekilde zihinsel modellerinin neler olduğunu tespit etmek, bunların nasıl üretildiğini belirlemek ve anlamlı hale getirmek oldukça zordur (Kayhan, 2010). Çünkü zihinde meydana gelen bu olaylar, bir sürece ilişkin olgular ve imgeler olduğundan, bunların anlamlandırılması veya açıklanması da güç olabilmektedir. Bu doğrultuda gerçekleşen araştırmalar genellikle yazılı veya çizime dayalı olmakta (Ulusoy Taş, 2016) ve nitel analiz yöntemleri kullanılmaktadır (Gobert

ve Pallant, 2004; Ogan Bekiroğlu, 2007). Alanyazında zihinsel modellerin tespitinde de çoğunlukla açık uçlu sorulardan, çizimlerden veya görüşmelerden yararlanıldığı görülmektedir (örn. Blown ve Bryce, 2022; Çiltaş ve Işık, 2012; Demircioğlu, vd., 2013; Demirçalı, 2016; Deleghos ve Koliopoulos, 2020; Ezberci Çevik, 2018; Fre'de vd., 2011; İyibil ve Sağlam Arslan, 2010; Panagiotaki vd., 2006; Plummer vd., 2011; Taş, 2016; Van den Broek vd., 2021; Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994; Yüzbaşıoğlu ve Kurnaz, 2020).

Zihinsel modellerin tespit çalışmalarında verilerin analizleri betimsel ve çıkarımsal analizlerle yapılmaktadır. Bu sebeple bireylerin zihinsel modellerinin tespiti uzun zaman almakta ve bu bakımdan tespiti oldukça meşakkatli olabilmektedir. Bu tür çalışmalarda çoktan seçmeli testlerin kullanılmaması dikkat çekmektedir (Ezberci Çevik, 2018; Yüzbaşıoğlu, 2022). Bununla birlikte, incelenen kavram veya kavramlara ilişkin alanyazında gerçekleştirilen çalışmalara ait bulgulardan faydalanılarak belirlenmiş ve muhtemel cevaplara göre düzenlenmiş çoktan seçmeli sorular yoluyla da zihinsel modeller tespit edilebilir (Ezberci Çevik, 2018; Kurnaz, 2016, 2017, 2022; Yüzbaşıoğlu, 2022). Bu durum bireyle belirlenmiş sınırlar çerçevesinde sunulanlar kapsamında oluşturulan bir zihinsel modelleme olacağından bu yapı, temellendirilmiş (sınırları belirlenmiş) zihinsel model olarak ifade edilir (Kurnaz, 2016, 2017, 2022). Öğretim durumlarının daha planlı, daha kullanışlı ve daha ulaşılabilir hale getirilmesi anlamında, zihinsel modellerin tespiti ve buna temellendirilmiş bir yapıyla ulaşılması önem arz etmektedir. Ancak TZM belirlemede kullanılacak veri toplama aracının geliştirilmesinde olmazsa olmaz bazı şartları vardır (Kurnaz, 2022):

- Hedef olgu, kavram ya da konuyla ilgili detaylı literatür taraması
- Cevap seçeneklerinin belirlenmesi
 - Doğru cevap seçenekler arasında muhakkak olmalı.
 - İlişkisiz, alakasız cevap ya da cevaplara yer verilmeli: ilgili literatürdeki öncül çalışmalardan yararlanılarak, Aristo bakış açısı olarak da bilinen, konuyla ilişkilendirilen ilişkisiz cevaplar
 - Hatalı/Alternatif fikirlerin her birine seçeneklerde yer verilmeli

- Soru seviyesi uygun olmalı: sorularda doğru seçeneği bulması asıl amaç değildir. Öğrencilerin yapabilme durumları yerine ne bildiklerinin sorgulandığı gerçeğinden hareketle sorular; yapılabilir, okunabilir ve anlaşılabilir olmalıdır.
- Seçenek sayısı: seçenek sayısı ilgili tüm alternatif fikirleri ve ilişkisiz/null cevapları içerecek şekilde artırılarak öğretmen adayının konuyla ilgili bilişsel yapısına en uygun cevabın seçeneklerde bulunma olasılığı sağlanmalıdır.

Ezberci Çevik (2018) ve Yüzbaşıoğlu (2022) TZM belirlemek için çoktan seçmeli soruların kullanımı konusunda örnek nitelikte çalışma yürütmüşlerdir. Buna göre alanyazında yer alan çalışmalardan elde edilen veriler ışığında, yapılandırılma içeriği yukarıda tanımlanmış çoktan seçmeli sorulardan oluşan test yardımıyla bireylerin temellendirilmiş zihinsel modelleri ortaya çıkarılabilir. Bu kapsamda kullanılacak olan veri toplama aracının tasarlanmasında kapsamlı bir alanyazın taraması yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda tasarlanmış olan veri toplama aracıyla tespit edilecek olan zihinsel modellerin bireylere sunulan soru ve seçenekler temelinde belirlenmesi nedeniyle bu yapı “temellendirilmiş zihinsel model” (TZM) olarak adlandırılmaktadır (Kurnaz, 2016, 2017, 2022).

TZM belirlemek için hazırlanmış bir testten elde edilecek verilerin analizi de yine kendine mahsus süreçleri içermektedir. Kurnaz (2022) analizin bir soruya ait cevabın niteliğinin 'bilimsel, hatalı veya null' şeklinde, üç olasılık fikri (Bao, 1999), yapılarak başlanması gerektiğini belirtmektedir. Ona göre zihin evreni de Öklid uzayı gibi görülürse ('bilimsel - x, hatalı - y veya null - z') bir cevabın kodlanması (1 0 0), (0 1 0) veya (0 0 1) şeklinde olacaktır. Bir soruya ait cevap, konuyla ilgili tüm soruların cevaplarının oluşturduğu zihin evreninin birim vektörü gibi görülür ve olasılıklardan yalnız birinin seçim hakkında olduğu göz önüne alınırsa cevap vektörünün matris gösterimi aşağıdaki gibi olur (Kurnaz, 2022):

$$D = \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Olasılık işlemlerinde olasılık değerinin/genliğinin $0 \leq \rho \leq 1$ aralığında olduğundan norm/uzunluk koşulunu (1) sağlayacak şekilde bir soruya ait C_K vektörün genliği, iki

vektörün iç çarpımının bir reel/skaler sayı ve bir vektörün kendisiyle iç çarpımının normun karesine eşit olduğu göz önüne alınarak, C_K vektörü aşağıdaki gibi belirlenir (Kurnaz, 2016. 2017, 2022):

$$C_K \cdot C_K = (i \ j \ k) \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} = i^2 + j^2 + k^2 = 1 + 0 + 0 = 1 \rightarrow C_K = \begin{pmatrix} \sqrt{i} \\ \sqrt{j} \\ \sqrt{k} \end{pmatrix} \rightarrow$$

$$C_K = \begin{pmatrix} \sqrt{x} \\ \sqrt{y} \\ \sqrt{z} \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

C_K vektörü bir soruya ait olup tüm sorulara verilen cevapların toplamından hareketle de bileşke vektör değerleri belirlenir.

$$r_x = (x \ y \ z) \rightarrow r_x = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

Bileşke vektöre tüm sorulara verilen cevapların etkisi eşit nitelikte olduğundan birim vektör boyu, cevaplanan soru sayısının kareköküyle ilişkilidir. Buradan TZM bileşke vektörünün tanımlanmasında, her sorunun eşit etkisini de dikkate alacak şekilde TZM bileşke vektörü aşağıdaki belirtilmelidir (ss soru sayısını ifade eder).

$$C_K = \frac{1}{\sqrt{ss}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{x} \\ \sqrt{y} \\ \sqrt{z} \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

Olasılığın genişliğini belirlemek için, bir vektörün kendisiyle iç çarpımının normun karesine eşit olduğunu hatırlanır ve C_K denklemi transpozuyla çarpılırsa D_K matrisi elde edilir.

$$D_K = C_K \cdot C_K = \frac{1}{ss} \cdot \begin{bmatrix} x & \sqrt{xy} & \sqrt{xz} \\ \sqrt{yx} & y & \sqrt{yz} \\ \sqrt{zx} & \sqrt{zy} & z \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Kurnaz (2022)’a göre D_K matrisi incelenen konu hakkındaki TZM yoğunluk matrisidir ve matrisin diyagonal elamanlarına bakılarak öğrencilerin konu hakkındaki TZM’si belirlenebilir. Bunun için Tablo 2.1’de yer alan sınıflamadan yararlanılabilir.

Tablo 2.1 Bireysel yoğunluk matrisine göre TZM sınıflaması

Bilimsel Model	Birinci diyagonal elemanın 1 olması gerekir.
Bilimsel Baskın Model	Birinci diyagonal elemanın diğer diyagonal elemanlardan büyük olması, diğer elemanların neredeyse sıfır olması gerekir.
Bilimsel Olmayan Model	İkinci diyagonal elemanın diğer diyagonal elemanlardan daha büyük olması, diğer elemanların neredeyse sıfır olması gerekir.
Tutarsız (Karma) Model	Üç diyagonal elemanın birbirine yakın değerlere sahip olması, diğer elemanların nispeten sıfırdan büyük olması gerekir.
İlkel Baskın Model	Üçüncü diyagonal elemanın diğer diyagonal elemanlardan büyük olması, diğer elemanların neredeyse sıfır olması gerekir.
İlkel Model	Üçüncü diyagonal elemanın 1 olması gerekir.

TZM tespitinde çoktan seçmeli soruların kullanılması, bilim insanları dâhil tüm paydaşlara büyük kolaylıklar sağlayacağından hareketle önerilmektedir. Çünkü zihinsel modeller doğru ve yanlışların bütününe kapsamaktadır. Bu bağlamda çoktan seçmeli sorular alışlagelmiş başarı/kavram testi olma dışında daha etkili bir veri toplama aracı olarak kullanılabilir (Ezberci Çevik, 2018; Kurnaz, 2016, 2017, 2022; Yüzbaşıoğlu, 2022).

Üzerinde çalışılan öğrenci grubunun yoğunluk matrisinin (D) belirlenmesi için aşağıdaki işlem yapılır.

$$D = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{k=1}^N D_k \quad (2.6)$$

Belirlenmiş bir TZM’nin bireysel olması sebebiyle, genelin incelenmesi gereken durumlarda ortak TZM eğilimleri irdelenebilir (Kurnaz, 2022).

TZM eğiliminin belirlenmesi sayesinde yapılan öğretimin etkililiği bütüncül olarak irdelenebilir. Bunun için Tablo 2.2’den yararlanmak mümkündür.

Tablo 2.2 Hedef gruba ait TZM eğilimleri

Tutarlı Bir Eğilim Durumu	Gruptaki hemen hemen bütün öğretmen adayları aynı TZM'ye sahiptir ve tutarlılık gösterir.
Tutarlı Karma Eğilim Durumu	Gruptaki öğretmen adayları birkaç farklı TZM'ye sahiptir. Ancak her öğretmen adayının tek bir TZM'si vardır ve bu konuda tutarlıdır.
Tutarsız Karma Eğilim Durumu	Gruptaki öğretmen adayları farklı TZM'lere sahip ve bu TZM'leri kullanırken tutarlı değildir.

2.4 Yapay Zekâ

Yapay zekâ (YZ), insan beyninden esinlenen (Yaprak vd., 2013), düşünme biçimini veya bir problemin çözüm aşamasında insanlardan edindiği bilgileri kullanan, topladığı bilgiler ışığında kendisini sürekli yineleyerek geliştiren sistemler veya makinelerdir (Alanoğlu ve Karabatak, 2021). Öztemel (2012)'e göre YZ, bilgisayarların veya bilgisayar kontrollü makinelerin, insana ait özellikler olarak kabul edilen ön görme, anlam yükleme, genelleme ve tecrübelerden bilgi edinme gibi zihin işlevlerini gerçekleştirme yeteneğidir. Bu anlamda YZ, insan zekâsına ait bilişsel işlevleri (algılama, anlamlandırma, öğrenme, ilişkilendirme, fikir yürütme, problem çözme, değerlendirme ve çıkarımda bulunma) ya da otonom faaliyetleri yürütmesi hedeflenen yapay ortamlar (Uludağ İhracatçı Birlikleri, 2017) olarak ifade edilmektedir.

Gelişimi halen devam eden teknolojiler (Şen, 2018) disiplinler arası etkileşim sayesinde süreci hızlandırmakta, basitleştirmekte, sayısal verilerin işlenmesinde büyük kolaylıklar sağlamakta ve kullanım alanlarına büyük katkılar sağlamaktadır. Günümüzde en popüler araştırma konularından biri olan YZ (Uğur, 2020), bu teknolojilere örnektir (Yılmazsoy, 2020).

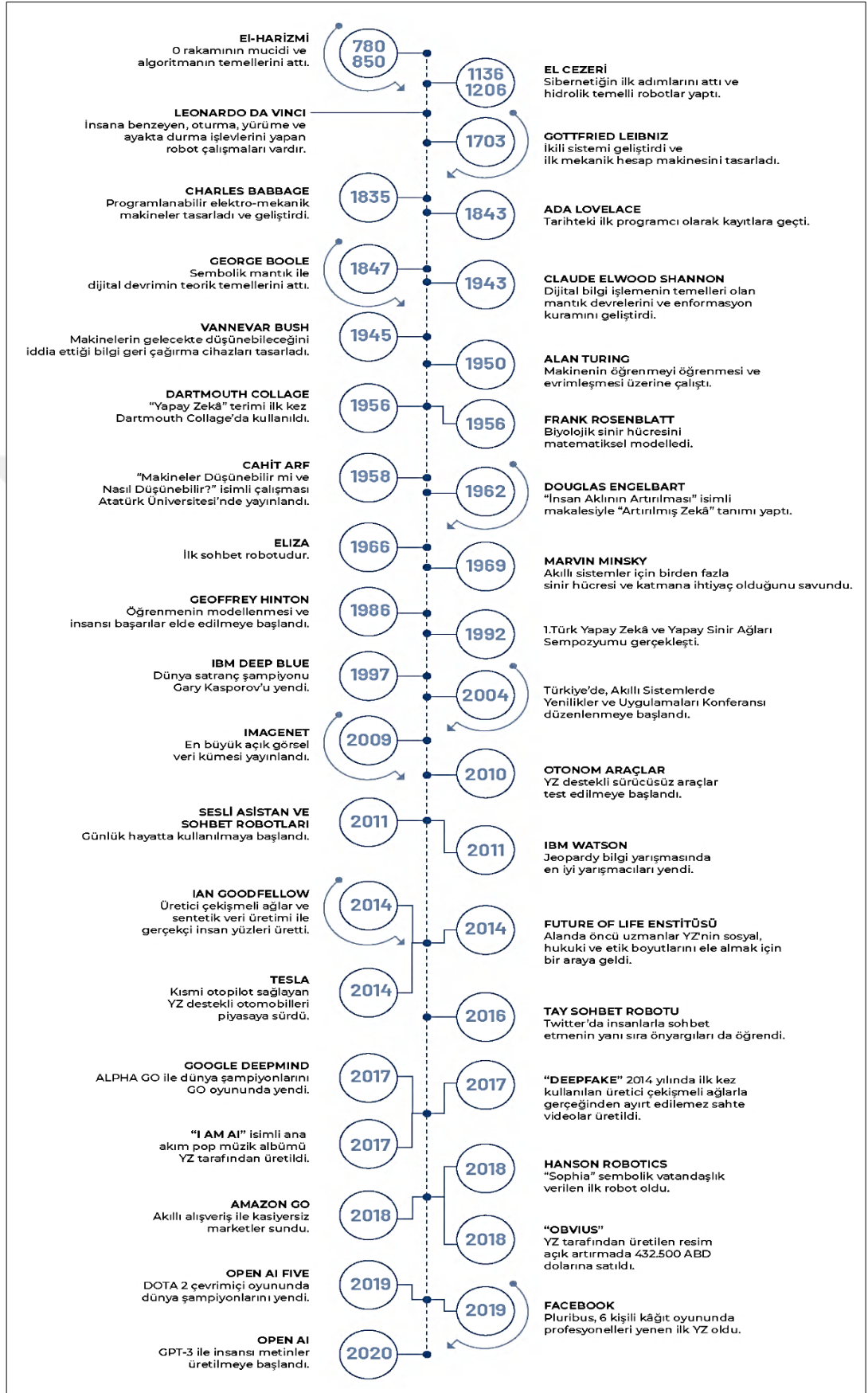
2.4.1 Yapay Zekâ Nedir?

Türk Dil Kurumu sözlüğüne (URL-1, 2022) göre zekâ, “*insanın düşünme, akıl yürütme, objektif gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamı*” olarak ifade edilmektedir. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi Başkanlığı (CBDDO) ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) tarafından 2021 - 2025 yılları için hazırlanan Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021)'ne göre genel olarak YZ,

bir bilgisayarın ya da bilgisayarla kontrol edilen bir robotun zeki canlılar gibi çeşitli faaliyetleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanabilir. Ayrıca YZ, değişken ve belirsiz ortamlar için akıl yürütme, anlam yükleme, genelleme ya da önceki deneyimlerden çıkarım sağlama (Kış, 2019) gibi insana özgü bilişsel yeteneklere sahip sistemler gibi kullanım alanları bulunmaktadır. YZ, büyük veriler, hesaplamalar ve diğer dijital teknolojilerden ve sinir bilimden faydalanan bir yapıdır. YZ ile donatılmış sistemler, verilerden yola çıkarak bunları anlamlandırarak öğrenen gelişmiş algoritmalarından faydalanmaktadır. Dijital verilerin işlenmesi için faydalanan büyük veri teknikleriyle geniş veriler YZ ile anlamlandırılabilir hale getirilebilmektedir (Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi, 2021).

YZ, sinir bilimden yararlanmasına rağmen adının aksine, işlevsel anlamda insan beyninin çalışma biçiminden ayrılmaktadır. Bu doğrultuda YZ, “dar kapsamlı”, ‘genel’ ve ‘süper’ YZ olarak üç düzeyde incelenmektedir. YZ ortamlarının birden fazla görevi insanlar gibi tek yapıda yürütmesi halen mümkün olamamaktadır. YZ tekrarlayan, işlemsel ve örüntüye sahip işlemlerde başarılı olabilmektedir. Ancak bunların tasarım, empati ve uyum ile duygusal zekâ gerektiren ve belirsizliği yüksek olan işler için oldukça sınırlı bir kullanımı vardır. Günümüzde, YZ’nin kapsamı ve yarınına ilişkin tartışmalar da sürmektedir (Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi, 2021).

YZ anlayışına ilişkin gerçekleştirilen felsefi yaklaşımlar ve tasarımlar yüzyıllar öncesinde yer alsa da bugünkü şeklini alıncaya kadar çeşitli aşamalardan geçmiştir (Karacı ve Arıcı, 2012; Alanoğlu ve Kabatak, 2021). YZ’nin temelleri ilk olarak Alan Turing’in 1950 yılında “Makineler düşünebilir mi?” fikrini öne sürmesiyle atılmıştır. Kavram olarak YZ ilk kez 1956’da John McCarthy ve arkadaşları tarafından yaz araştırma projesi olarak sunulan bir öneri mektubunda ifade edilmiştir. Bu anlamda YZ kavramını ortaya atan ilk isim John McCarthy olarak benimsenmiştir (Alpaydın, 2013; Ertel, 2011). McCarthy (2007)’ye göre YZ, “*insan gibi zeki özelliklere sahip makineler, özellikle de zeki bilgisayar yazılımları tasarlama bilimi/mühendisliği*” dir. YZ’nin kronolojik gelişimi Şekil 2.4’te verilmiştir (Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi, 2021).



Şekil 2.4 Yapay Zekânın Kronolojisi

YZ uygulamaları eğitim uygulamalarında da kendini göstermektedir. Akdeniz ve Özdiç (2021)'e göre teknolojinin, bilgisayar performanslarının, yazılım ve kodlama dillerinin gelişimiyle birlikte üretilen zengin içerikler, öğrencinin kendi başına öğrenmesini desteklemekle birlikte öğretmenin rehberlik görevini üstlenebilmekte ve öğrenmeyi daha da kolaylaştırmada etkin rol oynamaktadır. Küresel salgın (Covid-19) ile birlikte öğrenciler okul ortamlarından fiziksel anlamda uzaklaşmış ve öğrencilerin öğrenme süreçlerini bireysel olarak kontrol etmelerinin önemi daha da artmıştır. Öğrencilerin bireysel öğrenmeleri kapsamında, süreci verimli ve sağlıklı tamamlamayabilmeleri anlamında geliştirilen öğretim materyallerin nitelikli olması gerekmektedir. YZ'nin en önemli amacı, bilgisayar öğrenmesini geliştirmek ve onu insan zekâsına mümkün olduğunca yakın hale getirmektir (Icoz vd., 2015). Bu kapsamda YZ ile donatılan öğretim materyalleri, zeki canlılar gibi düşünme, öğrenme, yargılama, sonuç çıkarma, yeni durumlara uyum sağlama, etkileşim kurma gibi özelliklere sahip olabilmektedir (Uğur ve Kınacı, 2006). Bu şekilde eğitim alanında aktif öğrenme başta olmak üzere çeşitli YZ araştırmaları gün geçtikçe daha fazla yapılmaktadır (Akdeniz ve Özdiç, 2021).

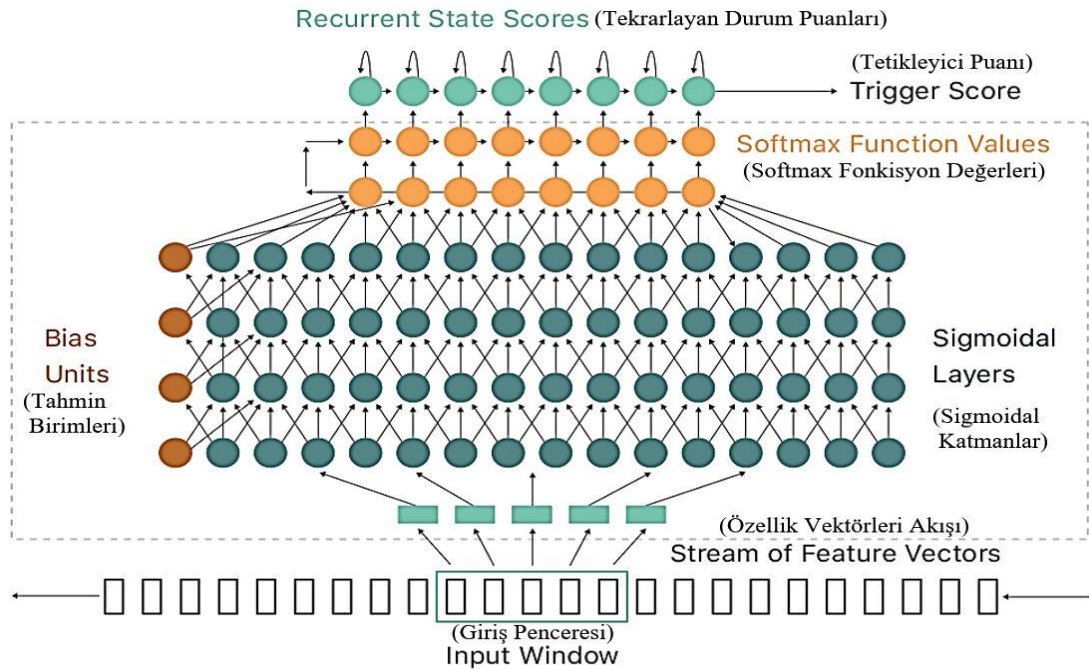
2.4.2 Zeki Makineler

İlk bilgisayarın üretilmesi ile birlikte insan zekâsına özgü özelliklerin makinelerce yürütülmesi ihtimali hep merak edilmiş, bu husus filmlere (örn. yıldız savaşları, terminatör, transformers vb.) konu olmuş ve olmaya da devam etmektedir.

Turing (1950) “Turing Test” olarak isimlendirilen ve bilgisayarların insanlar gibi düşünüp düşünemeyeceğinin belirlenmesi amacıyla yapılan YZ'ye dayalı bir sorgulama testi geliştirmiştir. İki birey ve bir bilgisayarın yer aldığı testte bireylerden birisi, hangisi ile haberleştiğini bilmeden sorular sormakta, diğer birey ve bilgisayar ise bu soruları bir ekran üzerinde yazılı olarak cevaplandırmaktadır. Soru soran birey, katılımcılara belli bir çerçevede soru sormakta ve belirli bir süre sonunda cevaplayandan hangisinin insan veya bilgisayar olduğunu belirlemektedir. Bu testin defalarca kez tekrarlanması sonucu ve bilgisayar bu soruların en az yarısında başarılı olursa “zeki makine” adını almaktadır (Aslan, 2014; Arslan, 2020). Bu testin benzerleri olarak YZ'nin gelişmesi ile birlikte üretilen dijital sesli yanıt asistanları olan

Apple'ın geliştirdiği "Siri", Amazon'un geliştirdiği "Alexa", Google'ın geliştirdiği "Google Asistan" ve Microsoft'un geliştirdiği "Cortana" karmaşık ve gelişmiş YZ tabanlı teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadır (Goksel-Canbek ve Mutlu, 2016).

Bilgisayar ve cep telefonu yazılımcısı ve tasarımcısı olan Apple Inc. tarafından yayımlanan makalede (URL-2, 2017) YZ kullanılarak oluşturulan "Siri yazılımı" hakkında geniş bilgilendirmeler yapılmıştır. Buna göre Bir iPhone veya Apple Watch'taki mikrofona seslenildiğinde, ses dalgaları saniyede 16000 örneklem parçacıklarına ayrıştırılmaktadır. Ses dalgalarının analizi aşamasında elde edilen ses, ses spektrumlarını 0,01 saniyede tanımlayan bir dizi çerçeveye dönüştürülmektedir. Bu dizilerin yaklaşık yirmi tanesi (0.2 saniyelik ses) akustik bir modelin oluşumu için kullanılmaktadır. Derin Sinir Ağı (DSA) denilen bu akustik modellerin her biri, bir dizi olasılık dağılımına dönüştürülmektedir. Bu işlem, 'Hey Siri' komutunda yaklaşık 20 farklı ses sınıfı oluşturulması ve bunları çözümlemesiyle gerçekleşmektedir. Başka bir ifadeyle "Hey Siri" algıladığında Siri, geri kalan konuşmayı bir komut veya sorgu olarak ayrıştırır. "Hey Siri" detektörü, sesin akustik modelini her an konuşma sesleri üzerinden bir olasılık dağılımına dönüştürmek üzere bir Derin Sinir Ağı (DSA) kullanır. Söylenen ifadenin "Hey Siri" olduğuna dair bir güven puanı hesaplamak için geçici bir entegrasyon işlemi kullanır. Skor yeterince yüksekse, Siri aktif hale gelir.



şekil 2.5 "Hey Siri"nin algılanmasına ilişkin derin sinir ağı modellemesi (URL-2, 2017).

Bu işlemler, YZ'nin Theano, Tensorflow ve Kaldi gibi çeşitli sinir ağı algoritmalarının derlenmesi (çalıştırılması) ve yorumlanması sayesinde sonuçlandırılmaktadır.

2.4.3 Algoritma

Problemleri çözebilmek ya da belli bir amaca ulaşabilmek için çözüm yollarının adım adım tasarlanması (Köse ve Tüfekçi, 2015) algoritma olarak adlandırılmaktadır. Başka bir ifadeyle algoritma, bir problemi çözebilmek için gereken yolun sade, net ve belli bir sıralamaya göre tasarlanmış halidir (URL-3, 2021). Aytekin vd. (2018)'ne göre algoritma bir problem çözümünde ya da belli bir amaca ulaşmak için izlenen yoldur. Ayrıca sonlu bir işin tanımlanmasında kullanılan ve net olarak ifade edilmiş sıralı basamaklardan oluşan tasarımlar olarak da ifade edilebilir.

Algoritmalar genellikle bilgisayar sistemlerinde kullanılsa da aslında günlük yaşantımızın her aşamasında problemlerin çözülmesinde kullanılan evrensel bir dildir. Yemek yaparken yemek tarifinde bulunan basamaklar birer algoritma örneğidir. Genel olarak bir problem karşısında çözüm için olası yöntemlerden en uygun olan belirlenir ve bu doğrultuda yapılacaklar adım adım ifade edilir. Yapısal olarak algoritma, kullanıcıların düşünce biçimini belirten bir bilgisayar geometrisi olduğundan dolayı düşünme adımlarının ortaya konulma biçimi olarak da ifade edilebilir (Aytekin vd., 2018).

Algoritma tasarlanırken çözülmesi istenen problemin ayrıntılı olarak irdelenmesi, tüm olasılıkların gözden geçirilmesi ve basit, sade ve en az aşama ile sonuca ulaşılmasını sağlayacak çözüm yolları belirlenmelidir. Lambanın çalışmadığı problemine ilişkin öncelikle fişin takılı olup olmadığı, cevap hayır ise fişin takılması gerektiği cevap evet ise ampulün patlak olup olmadığı sorgu basamağına geçilir. Bu noktada ampul patlak ise değişimi, patlak değil ise yeni bir lamba alınması şeklinde algoritma tasarlanabilir.

Algoritmaların uygulama alanları, karmaşıklık düzeyleri, tasarım teknikleri ve uygulama biçimlerine göre farklı türleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları: Arama Algoritmaları, Sıralama Algoritmaları, Graf Boyama Algoritmaları, Genetik Algoritmaları, Sıkıştırma Algoritmaları, Şifreleme Algoritmaları, Kripto

Algoritmaları, Kök Bulma Algoritmaları, Genetik Algoritmalar, Optimizasyon Algoritmaları ve Yapay Zekâ Algoritmalarıdır.

Makine öğrenmesi, yapay sinir ağları, derin öğrenme ve derin sinir ağları, YZ'yi oluşturan ve sıklıkla kullanılan alt uygulama alanlarındandır.

2.4.4 Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi bilişim sistemlerinde bilgisayar bilimlerinin bir disiplini olarak yer almaktadır. Makine olarak tanımlanan bilgisayarlar, verilerin örüntülerini öğrenmeye programlanır. Öğrenme, matematiksel algoritmalar ve istatistiksel hesaplamalar ve varsayımlara dayanmaktadır (Karacı ve Akyol, 2019). Veri setinde bulunan özellikler arasındaki istatistiksel bağlantılara dayanan öngörücü bir model geliştirmek, makine öğrenmesindeki ortak amaçlarından biridir (Camacho vd., 2018). Başka bir ifadeyle makine öğrenmesi, makinelerin (yani bilgisayarların), gözlemlerden ve gerçek dünyadan edinilen verileri işleyerek öğrenmeleri, insan benzeri davranışları göstermeleridir (Pala, 2020). Arf (1959)'a göre insan beyniyle makine arasındaki esas farklılık, insan beyninin bir işin yapılıp yapılmamasında serbest olması, makinelerde bu durumun mevcut olmamasıdır.

Kavram olarak topluluk öğrenmesi; sınıflama, kümeleme ve regresyon işlemlerinde, tek bir öğrenme algoritmasına ait kararlılığı ve tahminin doğruluğunu arttırma amacıyla ileri sürülmüştür. Birden fazla makine öğrenmesi tekniğini işleyen topluluk sınıflandırıcılar da mevcuttur. Bu anlamda topluluk, çoğunlukla bu topluluğu barındıran her bir sınıflandırıcıdan daha fazla doğruluğa sahip olabilmektedir. Bu sayede zayıf sınıflandırıcılardan, farklı algoritmaların kullanılmasıyla güçlü bir sınıflandırıcı oluşturulabilmektedir (Kapucu ve Çubukçu, 2019; Yıldız ve Zan, 2019).

Yapay zekânın alt dallarından biri olarak ifade edilebilen makine öğrenmesi, bir bilgisayara herhangi bir problemin çözümü noktasında izlenebilecek her basamağı önceden vermekten ziyade algoritmalar vasıtasıyla ne yapacağını öğrenmesini sağlamaktır. Bu süreç, önceden belirlenen bir sistematığı izleyen programlar yerine, değişken olarak karşılaşılabilecek bir problem karşısında öncesinde fazlaca örneklem

barındıran içeriklerden faydalanarak çözüm üreten algoritmaların tasarlanması olarak ifade edilebilir (Gürsaka, 2017).

Makine öğrenme algoritmaları, veriler doğrultusunda tasarladığı desen veya modeli, karşılaşılabileceği yeni durumlar noktasında çıkarımlarda bulunmakta kullanan yazılımlardır. Buradan hareketle geçmiş istatistikleri veya piyasayı anlık takip eden bir makinenin, piyasanın gidişatı hakkında çıkarımlarında bulunması, makine öğrenmesi şeklinde ifade edilebilir. Diğer bir ifadeyle makine öğrenmesi, verilerin ayrıştırılması, desen oluşturulması ve oluşturulan desen vasıtasıyla anlamlandırma basamaklarının tekrarlı bir biçimde kullanılarak geliştirildiği bir yordama - değerlendirme süreci olarak ifade edilebilir (Arslan, 2020).

Karacı (2020a)'ya göre makine öğrenmesi metotlarında öğrenme parametreleri doğru irdelenir ve en uygun olarak ayarlanırsa sınıflama ve tahmin gücü artmaktadır. Dolayısıyla diğer çalışmalardan daha yüksek sınıflandırma performansına sahip modeller elde edilebilir.

2.4.5 Yapay Sinir Ağları

Bilim insanlarının doğanın araştırılması ve simüle edilme uğraşlarının günümüzdeki ürünlerinden birisi Yapay Sinir Ağı (YSA) teknolojisidir (Yağcı, 2018). YSA, insan beynini (Karacı vd., 2016) ve temel biyolojik sinir sisteminin çalışma biçimini taklit eden bilgisayar yazılımlarıdır. YSA, yüksek oranda çapraz bağlı aksonlar ve dendritler yerine birbirine bağlı yapay nöronların oluşturduğu yapılardır (Lee, 2003; Tezbaşaran ve Gelbal, 2018; Veronez vd., 2011). Model seçimi ve sınıflandırmasında, fonksiyon tahminde, optimum değerin belirlenmesinde ve veri sınıflandırmasında büyük rol oynamaktadır (Elmas, 2010). Diğer bir ifadeyle beynin çalışmasından esinlenen tasarımlardır (Sağiroğlu vd., 2003). Fausett (1994)'e göre YSA, biyolojik sinir ağlarının performansını sergileyen veri işleme sistemidir.

YSA, simüle edilen nöronların farklı biçimlerde birbirlerine bağlanmasıyla oluşmaktadır ve bu ağların öğrenme, hafızada tutma ve veriler arası ilintileri açığa çıkarma kapasitesi bulunmaktadır (Yurtoğlu, 2005). Nabil vd. (2021) öğrencilerin akademik performanslarının öğretim dönemi öncesinde tahmin edilmesinin, Eğitimsel

Veri Madenciliği (EDM) alanındaki en önemli araştırma konularından biri olarak ifade etmektedirler.

Makine öğrenme algoritmalarından olan YSA öğrenme algoritması, girişi yapılan verileri anlamak ve hedef çıktıya dönüştürmek amacıyla bir ağ kullanan hesaplamalı bir öğrenme sistemidir (Güngör vd., 2021). YSA, öğrenmenin matematiksel işlemler yoluyla modellenmesi neticesinde ortaya çıkmaktadır. YSA, insan beyinde bulunan sinir ağı yapısını, öğrenmeyi, öğrenilen bilgiyi geri çağırma ve genelleme yapma yeteneklerini taklit etmektedir. YSA; tanımlama, sınıflama, yordama, tetkik, karşılaştırma, ilişkilendirme ve çıkarımda bulunma gibi kullanım alanları bulunmaktadır (URL-4). YSA'nın yapısını katmanlar ve bunları oluşturan nöronlar, girdiler ve çıktılar oluşturmaktadır.

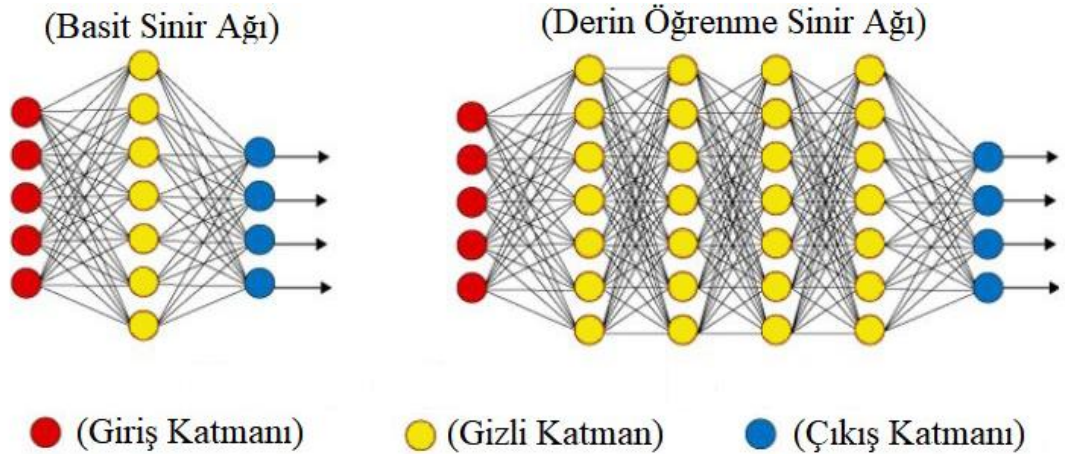
YSA'da katmanların giriş, gizli ve çıkış birimi olarak üç türü bulunmaktadır (Duman, 2006; Kayri, 2015). İlk katman olan giriş katmanı, ham verileri girdi olarak alan ve bunları ağına geri kalanına ileten kısımdır. Son katmanı “çıkış katmanı” olarak anılmaktadır. Çıkış katmanı işlenen verilerin hedef forma dönüştürüldüğü katmandır. Giriş ve çıkış katmanı arasında bulunan ara katmanlar “gizli katmanlar” şeklinde isimlendirilmiştir. Gizli katmanlar, doğrusal olmayan karmaşık işlevler uygulayarak verileri işleyen, sinir ağının karmaşık görevleri öğrenmesini ve mükemmel performans elde etmesini sağlayan temel bileşendir (URL-5, 2022). YSA'ların temel seviyeden bir topolojik yapısı bulunmaktadır. Sinirlerin bir kısmı girdileri gerçek dünyadan alırken, bir kısmı da çıktıları dış dünyaya verir. Görünmeyen katmanların çevreyle doğrudan bağı bulunmadığından gizli katman adı verilmiştir.

Giriş katmanı, giriş bilgilerinin dış ortamlardan alındığı kısımdır. Aldığı bilgileri herhangi bir değişikliğe uğratmaksızın gizli katmana aktarır. Gizli katman, giriş katmanından alınan verilerin toplanarak işlendiği kısımdır. Giriş ve çıkış katmanları arasında genellikle birden fazla gizli katman bulunur. Dış ortamlardan edinilen girişler, giriş katmanı ile gizli katman arasındaki parametrelerle işlenip gizli katmanda bulunan sinirlere giriş biçiminde aktarılır. Gizli katmanlarda işlenerek sonucu gizli katmana ulaşan giriş verileri, gizli katman ile çıkış katmanı arasında yer alan parametrelerle çarpılır ve çıkış katmanı çarpımları toplanır ve bir çıkış üretilir (Duman,

2006). Çıkış katmanı ise gizli katmandan gelen her bir veri için çıktı değerlerinin hesaplandığı kısımdır.

Bir YSA içerisinde yalnızca giriş katmanı ve çıkış katmanı bulunuyorsa buna tek katmanlı YSA, içerisinde gizli katmanlar içeriyor ise buna çok katmanlı YSA denilmektedir. Sinir ağında bulunan her katmanda belirli sayıda düğüm bulunmaktadır. Katmanlarda bulunan düğümler, sadece kendisinden önceki katmanda bulunan düğümlerden tetiklenebilmektedir. Düğümler yalnızca kendisinden sonraki bir nörona bağlanabilmektedir. Kendilerine bağlanma olasılığı bulunmamaktadır.

Testlerden elde edilen verilerin bir kısmı ile kontrollü bir öğrenme gerçekleştirilerek bir YSA modeli oluşturulmaktadır. YSA, matematiksel algoritmalar sonucu elde edilen çıktıların doğruluğunu artırmak üzere gerekli olan parametreler belirlenebilmekte (Bahadır, 2013, 2015) ve bu doğrultuda eğitilmektedir. Geri kalan veriler eğitilen bu modele verilerek kullanıcının test sonucu tahmin edilebilmektedir. YSA giriş verilerindeki değişimleri irdeleyerek öğrenir ve buna bir çıkarım oluşturur. Diğer bir ifadeyle öğrenme işlemi, öğrenme kümesinde yer alan girdi verilerinin istatistiksel özelliklerinden hareketle benzerlik özelliklerine göre sınıflandırılmasına olanak sağlayan tasarımıdır (Yağcı, 2018). Araştırmada kullanılan derin sinir ağı algoritmaları, YSA'nın çok katmanlı durumudur. Başlangıçta geliştirilen ve basit sinir ağı olarak anılan tek katmanlı algılayıcı, doğrusal olmayan problemlerdeki performans düşüklüğü sebebiyle çok katmanlı algılayıcılar tasarlanmıştır (Fernandez vd., 2006). Şekil 2.6'da basit sinir ağı ve derin öğrenme sinir ağı modellemesi temsil edilmiştir.



Şekil 2.6 Basit ve derin öğrenme sinir ağı katman yapısı

Son yıllarda kullanımı oldukça artan yapay sinir ağı, istatistiksel, felsefi, matematiksel ve yapısal sorunlara çözüm üreten bir süreç haline gelmiştir (Keskenler ve Keskenler, 2017). Uğur ve Kınacı (2006) yapay sinir ağlarını (YSA) insanların beyin yapılarından esinlenerek geliştirilen sinir ağlarının farklı fonksiyonlar ile ilişkilendirilmiş unsurlarından meydana gelmiş paralel ve dağıtılmış bilgi süreçleri olarak tanımlamaktadır. Önceki deneyim ve tecrübelerden faydalanarak öğrenebilmesi en dikkat çekici özelliğidir. Uğur ve Kınacı (2006) yapay sinir ağlarının kendi kendine öğrenerek yeni bilgileri elde etme, keşfetme ve bilgilerle etkileşim yapabilme yeteneğine sahip olduğunu ifade etmek ve YSA'nın fonksiyonlarını; öngörü veya tahminleme, sınıflandırma ve kümeleme, kontrol, veri birleştirme, kavramsallaştırma ve filtreleme olarak belirtmektedir.

2.4.6 Derin Öğrenme ve Derin Sinir Ağları (DSA)

Akademik başarı, ileriki öğrenmeyi kolaylaştıran olumlu eğitim deneyimleriyle güçlü bir ilişkiye sahip önemli bir faktördür. Bu nedenle, eğitim anlamında desteğe ihtiyacı olan öğrencilerin erken dönemde tespit edilmesi ve uygun müdahalenin zamanında yapılması, öğrenme eksikliklerinin önlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır (Goodfellow, 2016; Yi vd., 2021)

Derin öğrenme, makine öğrenmesi olarak bilinen daha genel bir yapay zekâ alanının bir alt alanıdır (Buduma ve Lacascio, 2017). Derin öğrenme yoluyla, ham verilerde bulunan yararlı bilgileri açığa çıkarmak ve yaklaşık karmaşık doğrusal olmayan fonksiyonlara ulaşmak için sığ mimariler yerine derin mimariler içeren Derin Sinir Ağları (DSA) oluşturulabilir (Jia vd., 2016; Karacı, 2019; Karacı, 2020a). DSA, derin mimarisinden dolayı, ham verinin içerdiği temsili bilgileri çok küçük hata oranları ile yakalayabilmektedir (Jia vd., 2016; Özcan vd., 2022). DSA, YSA'nın yapısal anlamda daha derin ve daha geniş hali olarak ifade edilmektedir (Le vd., 2022; Ser ve Bati, 2019). Diğer bir ifadeyle DSA, ikiden fazla gizli katman sayısı bulunan ve bu katmanlardaki nöron sayısının fazla olduğu YSA durumudur (Kızrak ve Bolata, 2018; URL-6). DSA, birçok önemli uygulamada alternatif makine öğrenimi yöntemlerinden daha iyi performans göstermekte ve bu yönüyle büyük ilgi görmektedir (Feng vd., 2019; Karacı vd., 2019; Karacı, 2020b)

Derin sinir ağlarının modelleme performansının bağlı olduğu birçok parametre bulunmaktadır (Buduma ve Lacascio, 2017). Sınıflandırma ve tahmin performansını artırmak için öğrenme parametreleri iyi değerlendirilmeli ve uygun düzeylerde ayarlanmalıdır. Bu sayede daha az hata ile test maddeleri sınıflandırılabilir ve böylece daha yüksek performans sergileyen modeller elde edilebilir. Bundan dolayı, kurulan DSA modelinde tüm parametreler dikkate alınarak modelin eğitilmesi çok önemlidir (Karacı ve Arıcı, 2014; Karacı, 2020a). DSA’larda gizli katmanlarda bulunan nöron miktarının, sınıflandırma doğruluğu anlamında çok önemli bir rolü bulunmaktadır (Zarchi vd., 2018; Karacı, 2021; Karacı vd., 2021).

Günümüzde bilgisayarın ekran kartlarındaki grafik işlemcilerin (GPU) işlem kapasitelerinin artmasıyla vektör ve matris işlemleri daha kısa zamanda sonuçlandırılabilen, çok katmanlı derin sinir ağ yapılarının eğitimi daha hızlı gerçekleştirilebilmektedir (Akkol vd., 2017; Gazel ve Bati, 2019; Koptur, 2017; Kızrak ve Bolat, 2018; Wang vd., 2018c).

Öğrencilerin öğrenme süreci karmaşıktır ve onları daha kapsamlı ve doğru bir şekilde nasıl modelleyebilecekleri, öğrenci performans tahmini alanındaki araştırmaların her zaman odak noktası olmuştur (Liu vd., 2022). Öğrenci performans tahmini ile ilgili ilk çalışmalar temel olarak regresyon analizi (Saqr vd., 2017; Zhang vd., 2017), karar ağaçları (decision tree) (Figueroa-Cañas ve Sancho-Vinuesa, 2020; Wang vd., 2018b), Naive Bayes sınıflandırıcısı (Zhou vd., 2015) vb. gibi makine öğrenimi yöntemlerine dayanmaktadır. Uygulanması basit olan bu geleneksel makine öğrenme algoritmalarının yorumlama gücü yüksektir ve tahmin performansı bakımından oldukça iyi sonuçlar üretmektedir. Üstün tahmin performansları nedeniyle öğrenci performans tahmini alanına uygulanmış ve performans tahmini alanında bir araştırma noktası haline gelmiştir. Derin sinir ağları, mükemmel uyum yeteneklerine sahiptir ve herhangi bir karmaşık işleve yaklaşabilir. Çok güçlü ve etkileyici bir yeteneğe sahipken, birçok gizli katman içerirler. Ayrıca özellikler arasındaki karmaşık doğrusal olmayan ilişkileri de öğrenebilirler. Bu bağlamda öğrencilerin/öğretmen adaylarının derin sinir ağlarına dayalı performans tahmini, geleneksel makine öğreniminden daha iyidir (Altaf vd., 2019; Widyahastuti ve Tjhin, 2017). Genel olarak literatürde yer alan

sınıflandırma performansları dikkate alındığında DSA sınıflandırıcılarının güçlü bir model olduğunu göstermiştir (Güvenç, 2021).

2.5 İlgili Alanyazın

2.5.1 Enerji Kavramı Konusunda Yapılan Çalışmalar

Enerji, ilköğretim, ortaöğretim, yükseköğretim müfredatlarında ve günlük yaşamımızda sıklıkla kullanılan temel kavramlardan biridir. İlköğretimde Fen ve Teknoloji dersinde yer alan enerji konusunun, ortaöğretim ve yükseköğretimde fizik, kimya ve biyoloji müfredatlarında da karşımıza çıkması sebebiyle disiplinler arası kavram olma özelliği bulunmaktadır (Lancor, 2015). Goldring ve Osborne (1994)'a göre enerji, fizik, kimya ve biyolojinin temel temasıdır. Bu disiplinlerdeki kullanımına göre alternatif fikirlerin oluşabildiği en önemli kavramlardan birisidir (Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009).

Töman (2011)'e göre enerji konusunun farklı disiplinlerde farklı konu başlıklarında öğretilmesi, bazı zorlukları beraberinde getirmektedir. Yıldırım vd. (2020)'ne göre enerjiyle ilgili yaşanan zorluklarla farklı eğitim düzeylerinde karşılaşılmaktadır. Alanyazında bu kapsamda yapılmış çalışmalar (Ayaz vd., 2016; Ayyıldız ve Tarhan, 2012; Benzer vd., 2014; Chabalengula vd., 2012; Çelik, 2016; Goldring ve Osborne, 1994; Güneş vd., 2013; Güven ve Sülün, 2018; Hırça vd., 2008; İpek Akbulut vd., 2013; Karatekin vd., 2016; Kurt, 2013; Oluk ve Oluk, 2016; Opitz vd., 2015; Opitz vd., 2017; Park ve Liu, 2016, 2021; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009; Tekbıyık, 2011; Lacy vd., 2022; Ünal Çoban vd., 2007; Yürümezoğlu vd., 2009) bu söylemi destekler niteliktedir. Yapılan çalışmalar öğrencilerin enerji kavramını kuvvet (Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009; Sağlam Arslan, 2010; Ünal vd., 2007), iş-güç (Benzer vd., 2014; Goldring ve Osborne, 1994; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009; Sağlam Arslan ve Devecioğlu, 2010), ve elektrik (Duit, 1984) vb. kavramlar ile aynı anlama geldiğini düşündüklerini göstermektedir. Alanyazında öğrencilerin, enerjinin yalnızca canlılarda olabileceği, bunun da hareket özelliğine bağlı olduğunu düşündüklerini tespit eden çalışmalar (Ayyıldız ve Tarhan, 2012; Bliss ve Ogborn, 1985;

Chabalengula vd., 2012; Watts ve Gilbert, 1983; Hırça vd., 2008; Sağlam Arslan, 2010; Trumper, 1997; Ünal vd., 2007) yer almaktadır.

Öğrencilerin enerji kavramına ilişkin sahip oldukları yanlışların ya da eksikliklerin her eğitim düzeyinde yer almasından hareketle enerjinin, kavranması ve anlamlandırılması zor bir kavram olduğu sonucuna ulaşılabilir (Yıldırım vd., 2020). Trumper (1990) ve Warren (1986), enerjinin “iş yapabilme yeteneği” olarak geleneksel bir tanımının, ancak enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumu ile ilgili ek bilgilerden bahsedildiğinde anlamlı olabileceğini üzerinde görüş birliği sağlamışlardır.

Aydın ve Balım (2005) enerji konularının öğretimine ilişkin 68 yedinci sınıf öğrencisinin katıldığı çalışmalarında öğrencilere öğretim öncesi ve sonrasında tutum ölçeğiyle ‘İş, Güç, Enerji ve Basit Makineler’ konularını kapsayan bir test uygulamışlardır. Öğrencilerin tutum ve başarıları arasında ön teste göre anlamlı bir farka rastlanılmazken, öğretim sonrasında bilişsel ve duyuşsal anlamda deney grubu lehine anlamlı farkların olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında fen bilgisi öğretim programında bulunan biyoloji, fizik ve kimya ünitelerinde birbirinden bağımsızmış gibi değerlendirilen enerji kavramıyla ilgili konular arasında bağ kurularak işlenmiş, etkinlik dâhilinde öğrencilerin enerjinin korunumu ve enerjinin dönüşümü gibi kavramların anlamlandırılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak enerji kavramının bir bütün olarak işlenmesinin enerji ve enerjiye ilişkin diğer kavramların öğrenilmesinde katkı sağladığını ve öğrencilerin geleneksel öğretime göre daha başarılı olduklarını tespit etmişlerdir. Bu bağlamda enerji kavramlarına bir ünite içinde ve bütünlük oluşturacak biçimde yer verilmesi, farklı ünitelere yayılmaması önerilmektedir.

Benzer şekilde Yürümezoğlu vd. (2009) ortaokul öğrencilerinin enerji kavramına ilişkin zihin yapılandırmalarının belirlenmesi amacıyla 120 adet (6., 7. ve 8. sınıf) öğrenciye açık uçlu soruların bulunduğu bir anket uygulamışlardır. Çalışma sonucunda öğrencilerin enerji, enerji kaynakları, formu ve transferine ilişkin kavramlarda zihinsel anlamlandırma eksiklikleri olduğu tespit edilmiştir. Enerji kavramlarını algılamalarda zorluklar, birbirine yakın olan kavramların birbiri yerine kolaylıkla kullanılmasına neden olduğu ifade edilmektedir. Buradaki zorluğun enerji

kavramının oluşumuna ilişkin anlamlandırılma biçiminden kaynaklandığı belirtilmektedir. Dolayısıyla enerji kavramının algılanma şekli ayrıntılı biçimde ele alınırsa alternatif fikirlerin kaynakları da analiz edilebilir. Bu noktadan hareketle öğrencilerin, zihinlerinde kavramların yapılandırma biçimlerinin önceden bilinmesi, öğretmenlere doğru yapılandırmanın sağlanması bakımından avantaj sağlayacağı ayrıca program geliştiricilerine programların yenilenmesi bakımından rehber olacağı ifade edilmektedir.

Enerji ile ilgili kavram öğretimine ilişkin Solomon (1985) ilköğretim son sınıf seviyesindeki öğrencilerle üç yılın üzerinde süren çalışmasında enerjinin depo edilmesi ile ilgili öğrencilerde yanlış anlama durumlarını tespit etmiştir. Öğrencilerin büyük bir kısmı piller, insan vücudu, gıda, yakıtlarda enerjinin depolanabileceğini ifade etmişlerdir. Bu durumun, enerjinin korunumu ünitesinin, enerji dönüşümü ve enerji transferinden sonra işlenmesine bağlı olduğu belirtilmiştir. Solomon (1985) bu çalışmanın devamı olarak Londra’da ilköğretim öğrencileriyle boylamsal bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırma, öğrencilerin enerji kavramlarına ilişkin yapılan sistematik çalışmaların öncülerinden kabul edilmektedir (Töman, 2011). Solomon bu çalışması ile öğrencilerin enerjinin depolanabileceğine inanmadıklarını belirlemiştir. Çalışmada çoğu öğrencinin besinlerin ve benzinin enerji bulundurmadığını ancak enerji oluşumuna sebebiyet verdiğini düşündüklerini ortaya çıkarmıştır. Bazı öğrencilerin ise açığa çıkmadığı sürece, enerjinin gerçek enerji olmadığını ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmasında Solomon (1982), enerji konusunun soyut kavramları içermesi dolayısıyla öğrencilerin ilgili kavramları ezberleme yoluna gittiklerini belirlemiştir. Bunu önlemek amacıyla da enerji konusunun alt basamaklara ayrılarak aktarılması gerektiğini öne sürmüştür.

Benzer bir çalışma, Watts (1983) tarafından yapılmıştır. Watts (1983) çalışmasında bazı öğrencilerin enerji kavramını insanlara ait bir özellik olarak nitelendirdiklerini, bazılarının da olayların meydana gelmesini sağlayan ve nesnelerde depolanan bir şey olarak ifade ettiklerini, bazılarının ise harekete bağlı olarak bazı şeyler yapabilen bir tür yakıt olduğu düşüncesine sahip olduklarını tespit etmiştir. Öğrencilerin enerjinin korunumunu dikkate almadıklarını ve enerjiyi buhar gibi farkına varılabilecek bir formda düşündüklerini belirlemiştir.

Özmen vd. (2000) yaptıkları çalışmalarında enerji konusunun sistematik olarak, daha anlaşılır bir biçimde anlatılmasının ve günlük hayattaki kavramını kullanmanın daha fayda sağlayacağını ifade etmektedirler. Enerji kavramının nitel ve nicel boyutları ile birlikte araştırılması gerektiğini ifade eden Trumper (1991), 5. sınıflarda sebep sonuç ilişkisi içinde bu kavramların verilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Goldring ve Osborne (1994) enerji ve ilintili kavramları öğrencilerin ne şekilde nitel ve nicel olarak açıklayabileceklerini belirlemek amacıyla 75 ortaöğretim son sınıf öğrencisi üzerinde bir araştırma yapmıştır. Araştırma sonucunda enerji ile ilgili temel ilkeleri anlamada kavram hataları yaşamalarına rağmen öğrencilerin yarısından fazlasının fizik dersinde konu ile ilgili formülleri bildiği ve soruları çözdüğü saptanmıştır.

Enerji kavramının öğrenciler tarafından ne düzeyde öğrenildiğine yönelik bir araştırma yapan Gayford (1986) bu kavramın öğrenciler tarafından zor anlaşıldığını belirtmiştir. Bunun nedenini ise öğrencilerin enerji yerine alternatif farklı kavramlar kullanması olarak ifade etmiştir. Enerji, transferi, dönüşümü ve indirgenmesi gibi kavramların öğrenciler tarafından ne düzeyde anlaşıldığını inceleyen Duit (1984) Almanya ve Filipinler’de 400 ilköğretim öğrencisi üzerinde yaptığı araştırmasında öğrencilerin konu hakkında çoğunlukla yüzeysel ve ezbere bilgilere sahip olduklarını ve ilgili kavramları günlük hayattaki bilgilerle açıklama eğilimde olduklarını saptamıştır. Benzer biçimde, Töman (2011) öğrencilerin günlük hayatta kazandıkları tecrübeler ile enerji kavramını açıklamaya çalıştıklarını belirtmiştir. Watts ve Gilbert (1983) yaptıkları çalışmada öğrencilerin enerji kavramını çoğunlukla hayat ve hareketle ilintili olan, iş yapan cisimlerin sahip olduğu ve bir şekilden başka bir şekle dönüşebilen bir süreç olarak ifade ettiklerini tespit etmiştir. Sekiz ile on üç yaşları arasında öğrenciler üzerinde araştırma yapan Steady (1980) öğrencilerin enerji kavramını çoğunlukla hayat ve canlılık ile ilintili olarak açıkladıklarını saptayarak benzer bir sonuca ulaşmıştır. Otuz ilköğretim öğrencisi üzerinde araştırma yapan Mann ve Treagust (2010), öğrencilerin çoğunlukla enerjinin besinlerden, havadan veya sudan elde edilemeyeceği ve enerjinin korunamayacağı gibi hatalı bilgilere sahip olduklarını belirlemiştir. Domonech vd. (2007) enerji konusunda öğrencilerin kavram eksiklerinin nedenleri saptamaya yönelik bir araştırma yapmıştır. Araştırmada ilgili

kavramların anlaşılmasında öğrencilerin kavram karmaşası yaşadıkları ve sahip oldukları bilgileri gerçek hayattaki doğa olaylarını açıklamak için kullanmadıkları sonucuna ulaşmışlardır. Dumanoglu (1997) öğretmenler ve öğrenciler açısından enerji ve ilgili kavramların hem anlatılması hem de anlaşılmasında zorluklar yaşandığını saptamıştır. Araştırmacı ayrıca ilkokuldan gelen öğrencilerin enerji ve ilgili kavramları tam olarak öğrenemediklerini, enerji konusunun kentler düzeyinde köylere göre daha fazla anlaşıldığını ve lise düzeyine kadar fen bilimlerine ait temel prensiplerin pekiştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Bu soruna bir çözüm olarak Trumper (1996) enerjinin dönüşümünü ve enerjinin korunumunu içine alan bilimsel dayanağa sahip insan temelli bir öğretim stratejisi içinde enerji öğretiminin uygulanmasının gerekliliğini öne sürmüştür.

Kurnaz (2007) enerji kavramının üniversite düzeyinde öğrenme durumunu belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada antropolojik kuram ışığında, Temel Fizik 1 kurumunun enerjiye ilişkin kurumsal tanımları ve bu kurumun etkisinde öğrencilerin oluşturduğu bireysel tanımlar üzerine etkilerini incelemiştir. İki aşamada gerçekleştirilen çalışmanın ilk aşamasında öğrencilerin, enerji kavramına ilişkin kurumsal tanımlarının özellikleri, ikinci aşamasında ise enerji kavramına ilişkin bireysel tanımlarının özellikleri tespit edilmiştir. Açık uçlu sorulardan oluşan ölçme aracı kullanılmıştır. Örneklemini Temel Fizik I dersini alan 36 öğrenci oluşturmuştur. Verilerin analizi neticesinde mevcut durumun iyileştirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur. Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) fizik öğretmeni adaylarının enerji, güç ve kuvvet kavramlarını anlama düzeyleri belirlemeye yönelik gerçekleştirdikleri araştırmalarında her kavram için 5 soruluk bir başarı testi oluşturmuş ve elde edilen verileri analiz etmişlerdir. 56 fizik eğitimi bölümü öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda öğrencilerin büyük çoğunluğunun enerji, güç ve kuvvet kavramlarını bilimsel olarak tanımlama ve açıklama konusunda istenilen düzeyde olmadıkları ve bu kavramları günlük yaşantılarıyla ilişkilendiremediklerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlarla desteklenerek, ilgili kavramların etkili öğretimi için bu kavramların çağrışımlarından faydalanılması ve kavramsal değişim metinlerinin kullanılması önerilmiştir. Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) Antropolojik Didaktik Teorisi çerçevesinde enerji kavramının öğretim koşullarının karakterizasyonu ve birinci sınıf öğrencilerinin bu kavramla bireysel ilişkilerini

incelendikleri çalışmalarında ilk olarak Survey Physics-1 kaynak kitabı analiz edilmiş, ikinci olarak ise veri toplanması amacıyla bir başarı testinden faydalanmışlardır. Örneklemine Temel Fizik 1 dersine devam eden 36 birinci sınıf üniversite öğrencisi oluşturan çalışmadan toplanan verilerin analizinde pragseolojik yaklaşım kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda öğretim etkinlikleri ile öğrencilerin enerji kavramını algılamaları arasında sadece yakın bir ilişki bulunmamış, kurumsal ilişkilerin enerji ile ilgili kişisel ilişkilere olumsuz etkileri de tespit edilmiştir.

Kurnaz (2011) enerji konusuna ilişkin Model Tabanlı Öğrenme (MTÖ) yaklaşımı kapsamında öğrenme ortamı tasarımı, uygulanması ve öğrencilerin alternatif fikirlerinin giderilmesi, eksik bilgilerinin telafi edilmesi ve bu konuya ilişkin zihinsel modellerin geliştirilmesi üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir doktora tez çalışması yürütmüştür. Çalışmada tasarlanan öğrenme ortamı 'Model Tabanlı Öğretim Modeline dayanmaktadır. Araştırma yöntemi olarak Didaktiksel Mühendislik yöntemi kullanılmıştır. Temel Fizik 1 dersi alan 68 öğrencinin oluşturduğu çalışmada geliştirilen öğrenme ortamının etkilerinin irdelenmesi için başarı testi tasarlanmış ve öğretim süreci boyunca veriler toplanmıştır. Öğrenme ortamının etkinliği, ön ve son başarı sınavlar verilerinin analizi sonucu ulaşılan bulguların karşılaştırmasıyla belirlenmiştir. Bu kapsamda geliştirilen öğrenme ortamının, hedef grubun alternatif fikirlerinin giderilmesi, anlama düzeylerinin artırılması ve konuya ilişkin zihinsel modellerini geliştirme bağlamında katkı sağladığı anlaşılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında model tabanlı öğretim modeli doğrultusunda tasarlanan öğrenme ortamı vasıtasıyla enerji konusuna ilişkin algılama geliştirmede katkı sağladığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, oluşturulan öğrenme ortamının farklı ünitelere uygulanması önerilmiştir. Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011b) çalışmalarında öğrencilerin enerji konusundaki alternatif kavramlarını araştıran bazı çalışmaların tematik bir incelemesini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada genel olarak öğrencilerin anlayışlarını ortaya çıkarmak, enerji kavramını öğretmek için uygun yaşı belirlemek ve yaş veya kültüre dayalı anlayışları karşılaştırmak amacıyla öğrencilerin enerji kavramına ilişkin alternatif kavram çalışmalarının ayrıntılı bir tematik incelemesi hedeflenmiştir. Araştırmacıların yaptığı her çalışmanın açıklanmasında bir tematik matris kullanılmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında, çalışmaların çoğunun öğrencilerin enerji kavramına ilişkin alternatif fikirlere sahip olduklarını işaret ettikleri sonucuna

ulaşılmıştır. İncelenen çalışmalarda öğretim süreçlerinde bulgularının dikkate alınmasının önemine ilişkin öneriler yer almaktadır.

Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011c) enerji kavramının öğretim koşullarının prakseolojik analizi adlı çalışmalarında üniversite 1. sınıf düzeyinde enerji süreçlerinin öğretiminin sınırlı bir bakış açısıyla, işlemsel bir yaklaşımla yapılması gibi önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Araştırma sonuçları, enerji kavramlarını tanıtmanın bir yolu olarak kavramsal etkinlikler de dâhil olmak üzere disiplinler arası bir yaklaşıma ve çoklu temsillere olan gereksinimi öne çıkarmaktadır. Genel anlamda, öğretme ve öğrenme şartları arasındaki etkileşimin analiz edilmesinin, enerji kavramlarına ilişkin yeni bir yaklaşım geliştirilmesi adına yarar sağlayacağı önerilmektedir.

Sağlam Arslan ve Kurnaz (2011) öğrencilerin enerji kavramının anlaşılması ve karşılaşılan zorluklara ilişkin yaptıkları çalışmada alanyazında enerji kavramının öğrenilmesi güç bir terim olduğundan hareketle öğrencilerin bu kavramla ilgili kavramalarını ve öğrenme güçlüklerini ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda hazırlanan 5 açık uçlu soruluk bir başarı testi hazırlanmış ve 36 öğrenciye uygulanmıştır. Verilerin analizi sonucunda öğrencilerin enerji kavramına genel ya da disiplinler arası bir anlam yükleyemedikleri ve bir enerji kavramı temsilinden diğerine geçmekte zorlandıkları anlaşılmıştır. Öğrencilerin günlük yaşantılarında tesadüfi bir durumu tanımlarken enerji kavramı ile ilgili sahip olmaları gereken teorik bilgileri de kullanamadıkları belirlenmiştir. Sonuç itibarıyla, alanyazında onlarca yıl önce bildirilen öğrenme güçlüklerinin halen sürdüğü ve ortaöğretim seviyesinde belirlenen güçlüklerin yükseköğretimde de devam ettiği ifade edilmiştir.

Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011a) MTÖ yaklaşımı kapsamında geliştirilen öğrenme ortamının enerji konusuna ilişkin alternatif fikirlerin ortadan kaldırılması ve eksik bilgilerinin tamamlanmasına etkisini inceledikleri çalışmanın çalışma grubunu Temel Fizik I dersi alan 33 öğrenci oluşturmuştur. MTÖ yaklaşımı doğrultusunda tasarlanmış öğrenme ortamının etkilerinin değerlendirilmesi için 4 açık uçlu soruluk bir başarı sınavı uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre öğrencilerin anlama düzeylerinde hedeflenen nitelikte bir artma meydana gelmiştir. Buradan hareketle enerji kavramının model tabanlı öğrenme modeline göre oluşturulan öğrenme ortamının, öğrencilerin

öğrenmesinde olumlu yönde etkisi olmuştur. Bu bağlamda, tasarlanan öğretim modelinin enerji kavramının öğretiminde kullanılması ve araştırmacılar tarafından farklı konularda da uygulanmasına yönelik çalışmaların yürütülmesi önerilmiştir.

Kurnaz ve Sağlam Arslan (2014) yaptıkları çalışmada enerji kavramlarının öğrenilmesinde çoklu gösterimlerin etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda enerji kavramına ilişkin ve çoklu temsillerin modele yansıtıldığı öğrenme ortamı oluşturulmuştur. 68 birinci sınıf öğrencisinin katılım sağladığı araştırma bulgularına göre öğrencilerin büyük oranda üniversiteye enerji kavramı için bilimsel olmayan fikirlerle geldikleri tespit edilmiştir. Çoklu temsillere dayalı öğrenme ortamının bilimsel olmayan öğrenci fikirlerinin giderilmesinde katkı sağladığı belirlenmiştir. Öğrenci yanıtlarının analizinden, öğrenme ortamının öğrencileri enerji kavramının özelliklerini tanılamaya teşvik ettiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, öğrencilerin enerji kavramına yönelik kavramsal anlayışlarının geliştirilmesi amacıyla çoklu temsillerden (tablolar, veri - anlam tabloları, kavramsal değişim metinleri, kavram haritaları ve analogiler vb.) faydalanılması önerilmiştir.

Enerji ile ilgili yapılan hataların başka konuların anlaşılmasını da zorlaştırdığı söylenebilir. Isı ve sıcaklık konusunda kavram hatalarını tespit etmeye yönelik olarak Aydoğan vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada öğrencilerin çoğunluğunun sıcaklığı bir tür enerji olarak ifade ettiklerini, ısıyı ise madde içindeki potansiyel enerjinin bütünü olarak nitelendirdiklerini saptamışlardır. Öğrencilerin enerji korunumu konusunun ne düzeyde anlaşıldığını belirlemek amacıyla Gülçiçek ve Yağbasan (2004) bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmaya göre kavram testinde bir kısım öğrencinin basit sarkaç hareketi yapan cismin toplam enerjisinde değişim olabileceği düşüncesinde olduklarını; bazı öğrencilerin ise cismin toplam enerjisinin değişmesi hususunda sistemin korunumlu olup olmadığı bilgisinin tek başına yeterli olamayacağını ifade ettiklerini belirlemişlerdir. Enerji konusunun, kimya ders programında yer alan çözeltiler konusunun anlaşılması etkisini tespit etmek amacıyla Ebenezer ve Fraser (2001) bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada çözeltiler oluşumuna ilişkin enerji değişimi bağlamında öğrencilerin anlama düzeylerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bir dizi etkinliğin uygulandığı çalışma sonunda öğrencilerin ifade ettiği kavramlar sınıflandırılmıştır. Öğrenciler, etkinliklerdeki

açıklamalarında elektrostatik kuvvet, ekzotermik reaksiyon, potansiyel enerji, kinetik enerji, bağlanma enerjisi gibi soyut kavramları kullanmışlardır. Öğrenciler etkinliklerin her birinde kısmen aynı kimyasal kavramları kullanmalarına rağmen, her etkinlikte kullandıkları kavramlara aynı anlamı vermemişlerdir. Turgut (2001) enerjinin korunumuna ilişkin yaptığı çalışmasında, yapılandırmacı yaklaşım ile tasarlanmış etkinliklerin, öğrencilerin “İş, Güç, Enerji” konularındaki başarı düzeylerine ve kavramsal anlamda ilerleme kaydettikleri sonucuna ulaşmıştır.

2.5.2 Temellendirilmiş Zihinsel Model Konusunda Yapılan Çalışmalar

TZM konusunda ilgili alanyazında dört farklı çalışmanın olduğu dikkat çekmektedir. Bunlardan bir tanesi TZM teorisinin tanıtımı (bkz. Kurnaz, 2022) hakkında olup bu çalışmadan alıntılara yukarıda yer verilmiştir. İkincisi Ezberci Çevik ve Kurnaz (2022) tarafından yapılan yıldız kavramına ilişkin TZM tespitine ilişkin araştırma makalesidir. Diğer iki çalışma ise doktora tezi niteliğindedir (bkz. Ezberci Çevik, 2018; Yüzbaşıoğlu, 2022).

Ezberci Çevik (2018) yaptığı doktora tezi çalışmasını durum çalışması ve deneysel desen yöntemlerini birbiriyle entegre yürütmüş ve fen bilgisi öğretmen adaylarının yıldızlarla ilişkin TZM’lerini belirlemiştir. 73 öğretmen adayıyla yürüttüğü araştırmasında verilere, Yıldız Konusu Kavram Testi (YKKT) aracılığıyla ulaşılmıştır. YKKT, çoktan seçmeli olarak tasarlanmıştır. Araştırmada öğretmen adaylarının her biri için bireysel yoğunluk matrisleri belirlenmiş ve öğretim öncesinde yıldız kavramına dair çoğunun TZM’sinin Tutarsız Karma Model durumunda olduğunu belirlemiştir. Öğretim uygulamaları sonunda ise çoğunun Tutarlı Baskın Bilimsel Model niteliğinde TZM’lerinin olduğu tespit edilmiştir. Ezberci Çevik (2018) aynı zamanda araştırmanın gerçekleştirildiği tüm sınıfın/katılımcıların TZM eğilimlerini de belirlemiştir. Yıldızın kimliği ile ilgili sorularda ön-testte katılımcıların TZM yönüyle tutarsız karma eğilim gösterdikleri; son-testte ise doğru uzman modele doğru bir artış olduğunu belirlemiştir. Yıldızın yapısıyla ve yıldızın yaşam döngüsüyle ilgili sorularda da benzer sonuçlar elde edildiği kaydedilmiştir. Ezberci Çevik (2018) TZM belirlemede kullanmış olduğu yaklaşımların öğretim öncesinde ve sonrasında

karşılaştırmalı veya ayrı ayrı durum değerlendirilmesinde ve farklı öğretim yöntemlerinin etkinliğinin araştırılmasında yararlanılabileceğini ifade etmiştir.

Yüzbaşıoğlu (2022) doktora tez çalışmasında kuvvetin ölçülmesine ve sürtünme ünitesine ilişkin olarak tasarlanan bağlam temelli çizgi romanların etkililiğini araştırmıştır. Araştırmacı tasarladığı öğrenme ortamının etkililiğini öğrencilerin TZM gelişimlerini inceleyerek belirlemiştir. Nicel ve nitel yaklaşımların birlikte kullanıldığı araştırmada 34 öğrenci ile çalışılmıştır. Araştırmanın verileri, TZM belirleme kriterleri dikkate alınarak geliştirilmiş 'kuvvetin ölçülmesi' ve 'sürtünme kuvveti' soru gruplarından oluşan öğrenme durumları testi ile toplanmıştır. Yüzbaşıoğlu (2022) araştırması sonucunda öğretim öncesinde her iki soru grubu için kontrol ve deney gruplarında TZM'lerin çoğunluğunun "Tutarsız Karma Model" durumunda olduğunu ve öğretim sonrasında da kontrol grubunda kısmi gelişim deney grubundaysa daha yüksek bir gelişim olduğu bulunmuştur. Analiz yaklaşımları açısından Yüzbaşıoğlu (2022) da Ezberci Çevik (2018) ile benzer önerilerde bulunmakla birlikte analizleri daha hızlı gerçekleştirecek bir programın yararlı olabileceğini bildirmiştir.

Ezberci Çevik ve Kurnaz (2022) tarafından yapılan çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının astronomi kavramlarından biri olan yıldız konusu ile ilgili modellerin mevcut öğretim öncesi ve sonrası model analizi yoluyla ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Kişiye tanımlanan sınırlar içinde sunulana göre ortaya çıkan bir zihinsel modelleme olacağından, bu modelleme durumu TZM olarak ifade edilmiştir. Araştırma, bütünlük bir durum çalışması ve deneysel tasarım ile yürütülmüştür. Çalışma grubunu 73 fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmuştur. Bu çalışmada veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından geliştirilen Yıldız Konusu Kavram Testi (YKKT) kullanılmıştır. Verilerin analizinde model analiz elemanları arasında yer alan algoritmalar ve matrisler kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda yıldız kavramını öğretmeden önce sahip oldukları TZM'lerin çoğunluğunun Tutarsız Karma Modellerde olduğu tespit edilmiştir. Öğretim süresi sonunda adayların çoğunluğunun Bilimsel Baskın Model durumunu yansıtan TZM'lere sahip olduğu belirlenmiştir. Sınıfın TZM eğilimlerine göre öğretmen adayları ön testte yıldız kimliği soru grubunda TZM açısından tutarsız; son testte ise öğretmen adaylarının TZM açısından TZM eğilimlerinin doğru uzman modeline yüksek oranda eğilimli olduğu ancak

tutarsız statü sergiledikleri görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ışığında, öğretim öncesi mevcut durumun değerlendirilmesi, farklı öğretim yöntemlerinin etkililiğinin incelenmesi, bu konuda çalıştayların yapılması ve analiz yazılımlarının geliştirilmesi için kullanılabilecek önerilerde bulunulmuştur.

2.5.3 Eğitim Alanında Yapay Zekâ Konusunda Yapılan Çalışmalar

Eğitimde yapay zekâ alanında son yıllarda yapılan çalışmalar artma eğilimindedir (Akçapınar ve Kokoç, 2020; Akdeniz ve Özdiç, 2021). Literatürde, yapılan çalışmalarda yapay zekânın eğitime entegre edilmesinin sağlanmasına çalışıldığı söylenebilir (Erdemir, 2014; Meço ve Coştı, 2022).

Karacı ve Arıcı (2014) çalışmalarında, ASP.net C# programlama dili, Ajax ve JQuery gibi ileri düzey yazılım teknolojilerini kullanarak öğrencilerin sayfaları ne kadar aktif olarak incelediklerini ifade eden “Sayfa Görüntüleme Düzeyleri”nin (SGD) belirlenmesini ve YSA temelli bir yöntem kullanılarak prototip web tabanlı bir öğretim sistemi geliştirilmesini amaçlamışlardır. Tasarladıkları sistem sayesinde yetersiz çalışılan sayfalar tespit edilerek öğrenciler ilgili sayfalara yönlendirilmekte, bu sayede öğrenciler sınava girmeden önce yakından takip edilmekte ve tekrar gözden geçirilmesi gereken sayfalar önceden tespit edilebilmektedir. Bu kapsamda 5 girişli, 1 çıkışlı, 20 ve 30 nöronlu ve 2 gizli katmandan oluşan bir yapay sinir ağı (YSA) geliştirilmiştir. MATLAB programı kullanılarak geliştirilen ağda verilerin bir kısmı eğitim seti olarak; bir kısmı da test seti olarak yorumlamıştır. Gerçek çıktı ile beklenen çıktı karşılaştırıldığında, ağ çıktısının istenilen doğruluk düzeyinde sonuçlar ürettiği görülmüştür. Çoğu öğrenme yönetim sisteminde (ÖYS), öğrencilerin web sayfalarını ne ölçüde görüntülediklerini izlemek için günlük dosyaları tutulduğu; bu dosyaların web sayfalarına yapılan ziyaretlerin tarih ve saatinin kaydını tuttuğu belirtilmektedir. Ancak, her öğrencinin sayfa görüntüleme düzeylerini belirlemesi için günlük dosyalarındaki bu kadar karmaşık verileri analiz etmek öğretmenler ve eğitimciler için son derece zorlu bir prosedür olduğu, geliştirdikleri sistem ile, bu verileri YSA yoluyla anlık olarak ve yalnızca birkaç fare tıklaması ile değerlendirilebildiği ve rapor edilebildiği belirtilmektedir. Sonuç olarak, SDG'nin belirlenmesi için kullanılan bu sistemin, hem akıllı öğretim sistemlerinde öğrencilere rehberlik etmek için; hem de

eğitim yönetim sistemlerinde öğretmenleri bilgilendirmek için kullanılmasıнын uygun olduğu sonucuna varılmıştır. YSA ile SDG tahmininin pratik ve etkili bir yöntem olduğu ifade edilmektedir.

Yağcı (2018) alışmasında Türkiye’deki meslek lisesi öğrencileri ile Malezya’da bulunan eşdeğer meslek lisesi ğrencilerinin fen derslerindeki başarı düzeylerinin yapay sinir ağıyla tahmini ve sonuçların karşılaştırılarak ğrenci başarısızlıkları noktasında alınması gereken tedbirlere ilişkin çıkarımlarda bulunma amaçlanmıştır. Bu kapsamda Türkiye’de 922, Malezya’da 1050 öğrenciye ulaşılmıştır. Öğrencilerin yılsonu not ortalamaları kodlanarak çıkış verisi olarak irdelenmiştir. Uzman görüşü doğrultusunda başarıyı etkilediği belirlenen parametreler girdi olarak YSA’ya yüklenmiştir. Bu doğrultuda fen dersleri ve ülkeler bazında modellemeler oluşturulmuştur. Sonuç olarak başarıya olumsuz etkisi olduğu düşünülen parametrelerden hareketle alınması gereken önlemler ülkeler bazında ifade edilmiştir. YSA’da tasarlanan modelleme ile öğrencilerin akademik başarısının tahmin edilmesinde tahmin doğruluk oranının yüksek olması, çalışmanın güçlü yanlarından biri olarak ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda fen derslerindeki başarısızlığın altında ailevi sıkıntılarının, ders öğretmenini sevmemenin, ğretim programının yoğun olmasının ve sınıf mevcudunun fazla olması durumlarının yer aldığı tespit edilmiştir.

Akdeniz (2019) alışmasında okul öncesi dönemi çocuklarının kavram gelişimlerinin desteklenmesi amacıyla yapay zekâ temelli akıllı bir oyuncak geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda oyuncağın etkinliğini ve destekleyiciliğini, okul öncesi ğretmenlerinin ve ailelerin görüşleri doğrultusunda irdelemiştir. Oluşturulan akıllı oyuncak, kavramları çocuğun gelişim düzeyine ve öğrenme hızına uygun biçimde öğreten bir zeki ğretim sistemi olarak tasarlanmıştır. Bireylerin teknolojiye olan ilgilerinden hareketle bu ilginin eğitim içeriğine aktarılması hedeflenmiştir. Çalışma grubunu 4-5 yaş grubu 185 ocuk ve 10 anne-baba oluşturmuştur. Yapılan analizler doğrultusunda, tasarlanan yapay zekâ tabanlı akıllı oyuncağın, kavram gelişimi hususunda başarılı olduğu ve bireyselleştirilmiş eğitimde kullanımının uygun olduğu sonucuna ulaşmıştır. Oyuncağın ilgi çektiği, motivasyonu artırdığı ve çocuğun öğrenme hususunda daha istekli olduğu belirlenmiş ve öğrenmeyi destekleme ve etkileşim özelliklerinin geliştirilmesine noktasında önerilerde bulunulmuştur.

Aygün (2019b) lise 9. sınıf denklem ve eşitsizlikler konusunda bulunan problemlerin öğretimi kapsamında oyunlaştırılmış uyarlanabilir bir zeki öğretim sistemi tasarlanması hususunda yaptığı çalışmasında “ArtiBos” adıyla bireyselleştirilmiş eğitim imkânı sunan ve bireysel öğrenmeyi sağlayan bilgisayar tabanlı bir eğitim sistemi tasarlamıştır.

Aslan (2019) teknoloji uygulamalarının müze eğitiminde kullanılması ve müze eğitiminde yapay zekânın kullanımına ilişkin önerilerin geliştirilmesine ilişkin yaptığı çalışmasında Türkiye’de ve dünyadaki çeşitli müzelerde kullanılan “Chatbot”, “AskMona”, “Art of Art”, “Recognition” gibi yapay zekâ uygulamaları ile “Google Sanat ve Kültür Deneyleri Projesi”, “Quickdraw”, “Ai-Da” gibi makine öğrenmesi sistemlerine ilişkin bilgiler sunmuştur. Günümüzde müze eğitiminde “yapay zekâ asistanı” kullanılması hipotezinin, önümüzdeki yıllarda ihtiyaç halini alarak daha nitelikli bir müze eğitim sistemi haline gelebileceğini ifade etmiştir.

Yılmaz ve Şekeroğlu (2019) çalışmalarında, son sınıf lisans öğrencilerinin performanslarını sınıflandırmak ve bu görev için en verimli makine öğrenmesi algoritmasını belirlemek için iki fakültenin üç farklı dersinin bu ana göstergelerden oluşan anket sonuçlarına yapay zekâ teknikleri uygulamışlardır. Tahmin ve sınıflandırma olmak üzere iki problem alanında altı deney gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Radyal Tabanlı Fonksiyonlu Sinir Ağının bunun için etkili bir şekilde kullanılabileceğini ve öğrenci performansının %70 - %88 doğrulukla sınıflandırılmasına yardımcı olduğunu göstermiştir. Tüm bu deneylerden, makine öğrenmesi modellerinin eğitimde etkin bir şekilde kullanılabileceğinin kanıtlandığı ifade edilmektedir. Bu noktada makine öğreniminin, ön özellikleri sınıflandırarak ve tahmin ederek öğretmenlere ve eğitmenlere daha etkili bilgiler sağlamak için ön plana çıktığı, bu sayede öğrencilerin performanslarının ders almadan önce tahmin edilebilir veya sınıflandırılabilir ve sonuçları zayıf olanlara kişisel eğitim uygulanabilir olduğu belirtilmektedir. Eğitim örneklerinin azalmasının sinir ağıları modellerinin test aşamaları üzerinde olumsuz bir etki yarattığının da fark edildiği çalışmada gelecekteki çalışmaların, tahmin ve sınıflandırma sonuçlarını optimize etmek için derin öğrenme algoritmalarının uygulanmasını içereceği çıkarımında bulunmuşlardır.

Chen vd., (2020) yaptıkları çalışmalarında Eğitim 4.0'da öğrenci performansını tahmin etmek için Hibritleştirilmiş Derin Sinir Ağı'nı (HDSA) kullanmışlardır. Sınavlarda risk altındaki öğrencileri erkenden belirlemeyi ve akademik başarılarını artırmak için öğretmenlerden maillerle bizzat motive etmeyi amaçlanmıştır. Çalışmalarında deney yoluyla, derin bir sinir ağının, modeldeki veri kümesi hakkında derin bilgi alarak daha az miktarda veriyle bile daha iyi performans gösterebileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, akademik performansı artıran davranışsal bir modelin tahmin edilmesi için bir DNN'nin kullanılması önerilmiştir. Derin bir sinir ağı daha fazla doğruluk elde edebileceği ve mevcut diğer yöntemlerden daha iyi performans göstereceği ifade edilmiştir. Önerilen bu sistemin güvenilir olduğu ve öğrenci performanslarının tahmin edilmesinde kullanılabileceği belirtilmektedir.

Taşçı ve Çelebi (2020) yükseköğretimde yapay zekânın kullanım sürecine ilişkin yaptıkları çalışmalarında doğru kullanıldığında üniversiteleri güçlendirebileceğini savunmaktadırlar. Ancak bunun gerçekleşebilmesi için yükseköğretim kurumlarının yeniden değerlendirilmesine ve dönüşümüne ihtiyaç olduğu ifade edilmektedir. Bu kapsamda birçok üniversitenin yapay zekâyı fonksiyonel bir biçimde kullandığını, öğrencilerine daha iyi bir eğitim verebilmek adına gereken bilgi ve becerileri öğretmek için zaman ayırdıklarını ve kendilerini bu konuda geliştirme eğiliminde olduklarını ifade etmektedirler. Yapay zekâ uygulamalarının yükseköğretimde öğrenme ortamlarına adaptesi, akıllı öğrenme ve öğretme ortamları tasarlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu (Zawacki-Richter vd., 2019) ifade etmektedirler. Yapay zekânın yükseköğretimde yapılandırılması noktasında “öğretim üyelerinin tamamen veya kısmen” üniversitelerde çalışmalarının azaltılacağına ilişkin söylemler kapsamında öğretim üyelerinin öğrencilerle yüz yüze eğitimlerde geçirdikleri zamanın azaltılmaması (Pence, 2019), önemli bir husus olarak önerilmiştir.

Çelik (2020) araştırmasında öğrenme güçlüğü tanısı olmayan ve hiçbir zihinsel/fiziksel problemi bulunmazken okumada problemlerle karşılaşan öğrencilerin karşılaştıkları okuma problemlerinin nedenlerini öğretmenlerin görüşleri çerçevesinde irdelenmesini amaçlamıştır. Çalışmanın nitel kısmında, araştırmaya katılan sınıf öğretmenlerinin (47 kişi) görüşlerinden hareketle öğrencilerin okuma problemleri ve bu problemlerin temelini oluşturan etmenleri sınıflandırarak kontrol

listesi oluşturmuştur. Nicel aşamada ise nitel aşamada belirlenen kontrol listesi, 174 sınıf oğretmenine uygulanmış ve elde edilen sayısal veriler YZ uygulaması olan MATLAB ile analiz edilmiştir. Bu programda yer alan YSA ile oğrencilerin okuma problemleri ve sebeplerine ilişkin 10 farklı model oluşturulmuştur. Oluşturulan tahmin ve sınıflama modellerinin tamamında %100 doğruluk oranı tespit edilmiştir. Araştırmalarında oğrencilerin karşılaşmaları olası okuma sorunları ve bu sorunların sebeplerine ilişkin unsurların tespit edilerek önleyici çalışmalar ile bu sorunlara erken çözüm yolları üretilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Güler (2020) gerçekleştirdiği çalışmasında, açık ve uzaktan esnek oğrenme süreçlerinin geliştirilmesinde, yapay zekâ teknolojisi kullanılarak odak strateji karar modelinin oluşturulmasını amaçlamıştır. Delphi tekniği ve odak grup görüşmelerinden edinilen bilgiler ışığında çalışma doğrultusunda tasarlanan model için ikili karşılaştırma matrisi kullanılmıştır. İkili karşılaştırma matrisinden edinilen veriler yapay zekâ tekniklerinden Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi yöntemi analiz edilmiştir. Çalışmada açık ve uzaktan oğrenme uzmanları ile gerçekleştirilen görüşmelerin, ikili karşılaştırma matrisi ve Eko-Delphi tekniğiyle ulaşılan görüş sonuçlarıyla örtüştüğü gözlenmiştir. Bu alışma kapsamında tasarlanacak yapı için mobil teknolojilerden faydalanılmasının ve sesli komutlar yoluyla içerik üretmenin kolaylık sağlayacağı belirtilmektedir.

Akdeniz ve Özdiñ (2021) eğitimde yapay zekâ konusunda Türkiye adresli yapılan çalışmaları incelemişlerdir. Yapay zekâ tekniklerinin incelendiği çalışmada, bu teknikler kapsamında tasarlanan oğretim materyalleri ve bu materyallerin kullanımı ifade edilmiştir. Tarama sonucu 37 araştırmaya ulaşılmış ve betimsel içerik analizi yöntemiyle analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları 2010 yılından itibaren eğitimde yapay zekâ konusunda gerçekleştirilen çalışma sayısının Endüstri 4.0 ile birlikte yapay zekânın daha da benimsenmesi (Duan vd., 2019) sonucu arttığı tespit edilmiştir. Araştırmalarda çoğunlukla üniversite oğrencileriyle çalışıldığı ve zeki oğretim sistemlerinden faydalanıldığı belirlenmiştir.

Alkayış (2020) eğitimde dijitalleşmenin ve yapay zekâ arasındaki ilişkinin ve hedeflerinin irdelendiği çalışmasında yakın geçmişte çevrimiçi eğitim, e-oğrenme,

Eğitim 4.0, sanal güvenlik sistemleri, elektronik ticaret, ürün yerleştirme, sanal gerçeklik ve yapay zekâ kavramlarının alanyazında yer almadığını ve halen bu konularla ilgili akademik çalışmanın sınırlı düzeyde olduğunu ifade etmektedir. Eğitim 4.0 öğrenme modelinin, bireylerin gelişen teknolojiyi kullanma yeteneklerini açığa çıkarabildiğini (Maria vd., 2018) ve günümüzde hem Eğitim 4.0, hem de endüstrinin dördüncü aşaması olan Endüstri 4.0'da hızlı dönüşümlerin yaşandığını belirtmektedir. Teknolojik gelişmelerin yeni meslekleri ortaya çıkardığını ve bundan eğitimin de etkilendiğini aktarmaktadır. Alkayış (2020)'a göre dijital materyalden, adaptif öğrenme yazılımlarındaki eğitim teknolojileri gelişimi sayesinde bireyselleştirilmiş öğrenmenin oldukça zor ve kaynak-yoğun (Yazgan, 2019) olmaktan çıktığını ifade etmektedir. Bu etkileşim kapsamında dijital platformlar üzerindeki eğitim olanaklarının arttığını ve bunun sonucu olarak yeni öğrenme modellerinin üretilebileceğini, eğitim anlamında teknolojiyi kullanabilen, tasarlayıp üretebilen ve geliştirebilen nesillerin yetiştirilmesi gerektiği üzerinde durmuştur.

Çetin ve Aktaş (2021) yapay zekânın insan hayatında hızla yer edindiğini ve gelecekte birçok mesleğin yerini alması beklediklerini ifade etmektedirler. Bu kapsamda eğitimde “öğretmen” ve “okul müdürü” olarak yer aldığı senaryoların uygulanabilirliği, günümüz öğretmen ve okul idarecilerinden ne tür farklarının olacağı, ortaya çıkabilecek endişelerin neler olduğu hakkında yarı yapılandırılmış görüşme soruları hazırlamış ve yapay zekâ alanında uzman 10 akademik personele uygulayarak elde ettiği verileri analiz etmişlerdir. Buna göre yapay zekânın günümüzdeki yetenekleri doğrultusunda öğretmen olarak sınıf yönetimini veya okul müdürü olarak okul yönetimini üstlenmesinin mümkün gözükmediğini ancak yeterli gelişim sağlanmasıyla bu görevleri devralmasının muhtemel olduğunu ifade etmektedirler. Yapay zekânın eğitime sunacağı avantaj ve dezavantajlar birlikte irdelendiğinde uygulamalarda kontrolün insanda olması; ileriki araştırma aşamalarında sınıf ve okul yönetimi bağlamında yapay zekâ asistanlığı alanlarında çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Küçükali ve Coşkun (2021) yaptıkları çalışmada dijitalleşmenin eğitim, teknoloji, yapay zekâ uygulamaları, çevrimiçi eğitim ve okul yönetimine olan yansımaları incelenmiştir. Bu yansımaların eğitim alanında etki büyüklüğü incelenmiştir. Bu

bağlamda eğitimsel, öğretimsel ve yönetsel anlamda değerlendirmeler yapılmıştır. Bununla birlikte dünyada farklı yansımaları bulunan Covid-19 sürecinde dijitalleşme ve yapay zekâ bağlamında eğitimde meydana gelen değişimler irdelenmiştir. Genel anlamda 2019 yılı itibarıyla okulların ve özel kolejlerin eylem planlarında, web tabanlı öğrenmeye (e-öğrenme) eğiliminde oldukları tespit edilmiştir. Ancak okulların tamamı bu eylem planlarını gerçekleştirme yeterliğine sahip olamamış ve bu hususta gerekli adımları atamadıkları (Jamalpur vd., 2021) belirlenmiştir.

Coşkun ve Gülleroğlu (2021) yapay zekânın gelişimi ve eğitimde kullanılmasına ilişkin yaptıkları çalışmalarında gelişen teknoloji doğrultusunda bireylerin yapay zekâ sistemlerini kullanma ve tasarlayabilme becerilerine yönelmesi gerektiğini, devletin alt birimlerinden üst birimleri çalışanlarına kadar, toplumun yaşlısından gencine yapay zekâ sistemlerini anlayıp uyum sağlayacak seviyeye gelebilmeleri amacıyla eğitim verilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Özellikle eğitim alanında yapay zekâ kullanımının pratiklik sağlayacağı ve önemli katkısı olacağını belirtmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin insanlık adına faydalı dönüşümlerin gerçekleşmesine ve gelişimine katkı sağlayacağı çıkarımında bulunmuştur.

Uzun vd. (2021) günümüzde ve gelecekte eğitim alanında kullanılan yapay zekâ konulu çalışmalarında gelişen dünyada eğitim sisteminin artık yapay zekâ uygulamaları sayesinde sürekli olarak yenilendiğini ve geliştiğini belirtmektedirler. Ülkelerin kalkınma düzeyinin toplumun eğitim seviyesine bağlı olduğunu ve bu sebeple eğitimin gelecekte vazgeçilemez bir önem kazanacağını ifade etmektedirler. Öğrenci ve eğitimcilerin bireysel yetenekleri doğrultusunda yapay zekâ teknolojilerinin kullanılabilirliğini araştıran Uzun vd., (2021) günümüz ve gelecek adına eğitim konusunda çalışmaların anlaşılabilirliğini artırma adına öğretici bilgilere değinmiştir. Hızla ilerleyen teknoloji dikkate alındığında yapay zekânın eğitime her bakımdan katkı sağladığını ve daha farklı alanlara ilerleyebileceğini söylemektedirler.

Savaş (2021) yapay zekânın günümüzde eğitim dâhil çok yaygın kullanım alanlarının olduğunu belirtmiştir. Teknoloji alanındaki inovasyonların eş güdümlü olarak eğitim-öğretim ortamlarına aktarılmasının, devletlerin eğitim ve gelişmişlik düzeylerine doğrudan etki ettiğini ifade etmektedir. Yapay zekâ algoritmalarının tasarımındaki en

önemli hususun, yeterli miktarda veriye sahip olunması olduğunu, bunun da eğitim sürecinde; öğrenci, öğretmen, veli, okul çalışanı, yönetici ve işveren gibi paydaşları yoluyla olabileceğini belirtmektedir. Elde edilecek verilerin, hem eğitim politikalarında veri temelli politika geliştirme olanağı sağlayacağını hem de öğrenme süreci ve örüntüler bağlamında yapay zekâ ile tasarlanacak yazılımların temelini oluşturacağını söylemektedir. Çalışmasında yapay zekâ kavramını ve kullanım alanlarını betimlemiş, eğitim-öğretim boyutunda uygulama alanlarını ve sağlayacağı avantaj ve faydalarını açıklamıştır.

Çam vd. (2021) 68 öğretmen adayına açık uçlu sorulardan oluşan veri toplama aracı uygulanmıştır. Verilerin analizi sonucunda, öğretmen adaylarının yapay zekâ teknolojisine ilişkin hazır bulunuşluklarının olduğu tespit edilmiştir. Fen bilgisi öğretmen adaylarınca yapay zekâ, insan zekâsı baz alınarak tasarlanmış bir yapı olarak tanımlanırken, bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi öğretmen adayları bu tanımla birlikte yapay zekâyı öğrenme yeteneğine sahip bir teknoloji vurgulamışlardır. Öğretmen adayları yapay zekâ teknolojilerinin günümüzde tıp ve eğitim alanında sıklıkla kullanılabileceği yönde görüş bildirmişlerdir. Eğitim açısından bu teknolojinin ders anlatımında, sınıf içi öğretim uygulamalarında, öğretmeni destekleme ve öğrencileri bireysel olarak değerlendirmede faydalanılabileceğini belirtmişlerdir. Güngör vd. (2021) yaptıkları çalışmada ana dili İngilizce olmayan bireylerin İngilizce öğrenmesini ve erişim kolaylığı sağlamak amacıyla makine öğrenmesine dayalı bir mobil İngilizce öğrenme uygulaması tasarlamışlardır. Mevcut mobil öğrenme uygulamalarının yetersiz olmasında hareketle her birey için aynı seviye tespit testi uygulaması yerine bireyin kriterleri doğrultusunda bireyin İngilizce seviyesi YSA ile tahmin edilerek birey için uygun görülen seviye tespit testini sunan bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Bu kapsamda, uygulama başında bireye uygun seviyedeki sınav, yapay sinir ağı ile belirlenip uygulanmıştır. Uygulamada bulunan kelime-anlam benzeşiminde İngilizce kelimelerin kullanım yoğunluğuna göre seviye grupları Mini Batch K-Means yöntemi ile belirlenebilmiştir. İngilizce TV programlarında geçen kelimelerin frekansı tespit edilmiş ve kullanılmıştır. Bireylerin yaptığı doğru ya da yanlış cevapları doğrultusunda artan veya azalan düzeyde kelimeler bireye sunularak kelime dağarcıklarının gelişimi sağlanmıştır.

Alanoğlu ve Karabatak (2021) yapay zekânın eğitimde kullanım yollarını, sağladığı avantajları ve bu teknolojiyi kullanırken dikkat edilmesi hususları irdelemişlerdir. Okul yönetimi anlamında yönetimin etkinliğini artıracaklarını; öğretmenler yönünden öğrencilerin yapay zekâ sürecine dâhil edilmeleriyle etkileşimin daha da artırılabilirliğini; öğrenciler bakımından yapay zekâ sayesinde öğrencinin bilgi düzeyine göre bireysel görevler verilerek öğrenci gelişiminin sağlanabileceğini; çalışan ve engelli çocuğu bulunan ebeveynler açısından çocukların ebeveynleri ile çevrimiçi etkileşimde bulunabileceklerini ifade etmektedirler. YZ teknolojisi sayesinde, idarecilere, eğitimcilere, anne - babalara ve öğrencilere klasik eğitimden edinilen kazanımlardan daha fazla sağlayacağı ifade edilmektedir.

İşler ve Kılıç (2021) eğitimde yapay zekânın etkisine ilişkin yapılacak araştırmaların anlaşılabilirliğini artırmak amacıyla konuya ilişkin bilgiler verilmiştir. Eğitim alanında yapay zekâ teknolojilerinin ülkemizde ve dünya çapında uygulamalarından bahsedilmiştir. YZ teknolojisinin eğitim sektörüne sağladığı/sağlayabileceği katkılar belirtilmiştir. YZ ile ilgili yapılan çalışmalarda, yapay zekânın eğitim boyutunda önemli ölçüde katkısının bulunduğu sıklıkla ifade edilmektedir. YZ öğrenme ortamına ne kadar erken uygulanırsa eğitimin kalitesi o düzeyde artacağı belirtilmektedir. YZ uygulamalarının eğitime sunduğu faydalar dikkate alındığında okulların YZ destekli eğitime geçmesi önerilmektedir.

Lisans öğrencilerinin akademik başarı düzeylerinin makine öğrenme teknikleriyle tahmini ve bu tahminler doğrultusunda ilgili konu/kavram bağlamında tedbirlerin alınmasına yönelik araştırmalar günümüzde oldukça artmıştır (Imran vd., 2019). Öğretim yöntemlerinde öğrencilerin takip edilmesi ve başarı düzeylerinin amaçlar doğrultusunda artırılması bakımından bu çalışmalar çok önemlidir (Güvenç vd., 2021).

Nabil vd. (2021) lisans programları aracılığıyla öğrencilerin “Programlama” ve “Veri Yapıları” gibi derslerde çeşitli zorluklarla karşılaştıklarından ve dolayısıyla bu derslerde başarısız olmalarından hareketle “Eğitimsel Veri Madenciliği”, öğrencilerin gelecekteki derslerinde daha iyi sonuçlar elde etmelerine yardımcı olacak akademik performanslarını tahmin etmek için çeşitli eğitim ortamlarından toplanan öğrencilerin verilerini analiz etmek için kullanıldığını belirtmektedir. Bu amaçla, öğrencilerin

akademik performanslarının tahmin edilmesi ve başarısızlık riski altındaki öğrencilerin belirlenmesi amacıyla derin sinir ağı (DSA) kullanılmıştır. Bu doğrultuda öğrencilerin akademik performans tahmin modelleri tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, önerilen DSA modelinin öğrencilerin ilgili derse ait performanslarını tahmin edebildiğini, bununla birlikte dönem öncesinde dersten başarısız olabilecek öğrencileri %89 doğrulukla tespit edilebilmiştir.

Garg vd. (2021) eğitim kurumlarının niteliklerini artırmalarını ve öğrencilerinin sınavlarda daha başarılı olmaları amacıyla motivasyonu öne çıkardıklarını ifade etmektedir. Öğrenci performanslarının önceden tahmin edilmesiyle sınavlarda başarısızlık gösterebilecek öğrencilerin belirlenebilecek ve böylece kurumun başarısını artırmak adına bu öğrenciler bazında gereken tedbirler alınabilecektir. Bu doğrultuda çalışmalarında, öğrencilerin akademik performansını tahmin etmek için yenilikçi bir derin öğrenme tekniği olan derin sinir ağını (DSA) kullanmışlardır. Tahmin için öğrencilerin akademik özelliklerine yönelik veri seti hazırlanmıştır. Sıklıkla kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda göre önerdikleri modelin %98 oranında doğrulukla sınıflandırma yaptığını tespit etmişlerdir.

Yi vd. (2021) çalışmalarında boylamsal geçişlerin doğasını anlamak için ilkökul öğrencilerinin yeterlilik durumlarındaki boylamsal değişimi incelenmiştir. İlkokuldan elde edilen bilgilere dayanarak potansiyel olarak akademik zorluklarla karşı karşıya kalan öğrencileri belirlemek için erken tahmin modelleri geliştirmenin fizibilitesi araştırılmıştır. Güney Kore'de toplanan büyük ölçekli ulusal değerlendirme paneli verilerine derin sinir ağı ve hiyerarşik genelleştirilmiş doğrusal modeller uygulanmıştır. Sonuçlar, öğrencilerin çoğunun başlangıçtaki yeterlik durumlarını korumasına rağmen, önemli sayıda öğrencinin ilkökuldan liseye doğru ilerledikçe yeterlik olmayandan yeterliliğe veya tam tersine uzunlamasına geçişler yaptığını göstermiştir. Tahmine dayalı modeller, notlar üzerinden yeterlilik seviyeleri arasında öğrenci hareketliliğinin derecesini göz önünde bulundurarak, gelecekteki akademik performansı tahmin etmede kabul edilebilir bir doğruluk düzeyine sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucuna göre, tahmine dayalı modellerin, yardıma ihtiyacı olan

öğrencileri belirlemek ve eğitimcilere anında müdahale etmek için bir araç sağlamak için bir başlangıç noktası olarak hizmet edebileceği belirlenmiştir.

Güvenç vd. (2022) öğrencilerin akademik başarılarının tahmin edilmesi ve eksikliklerinin giderilmesine ilişkin yaptıkları çalışmada, öğrencilerin öğretim dönemi öncesi bilişim bilgi seviyelerinin, öğretim dönemi sonu başarı puanına etkisinin yapay sinir ağları yoluyla belirlenmesini ve bu yolla eğitimin performansını artırmayı hedeflemişlerdir. Katılımcı öğrenci sayısının az olması sebebiyle anlamsız sonuçlarla karşılaşmıştır. Bu nedenle yapay sinir ağı algoritmalarının performans gelişimi amacıyla veri artırma tekniğinden faydalanılmıştır. Bu işlem sonrasında, çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları denenmiş ve en yakın komşuluk K-en (KNN) algoritmasıyla oluşturulan model sayesinde en başarılı sonuca ulaşılmıştır. Bu doğrultuda, elde edilen test verisine ilişkin sınıflandırma başarıları %97,66 doğrulukla tespit edilmiştir.

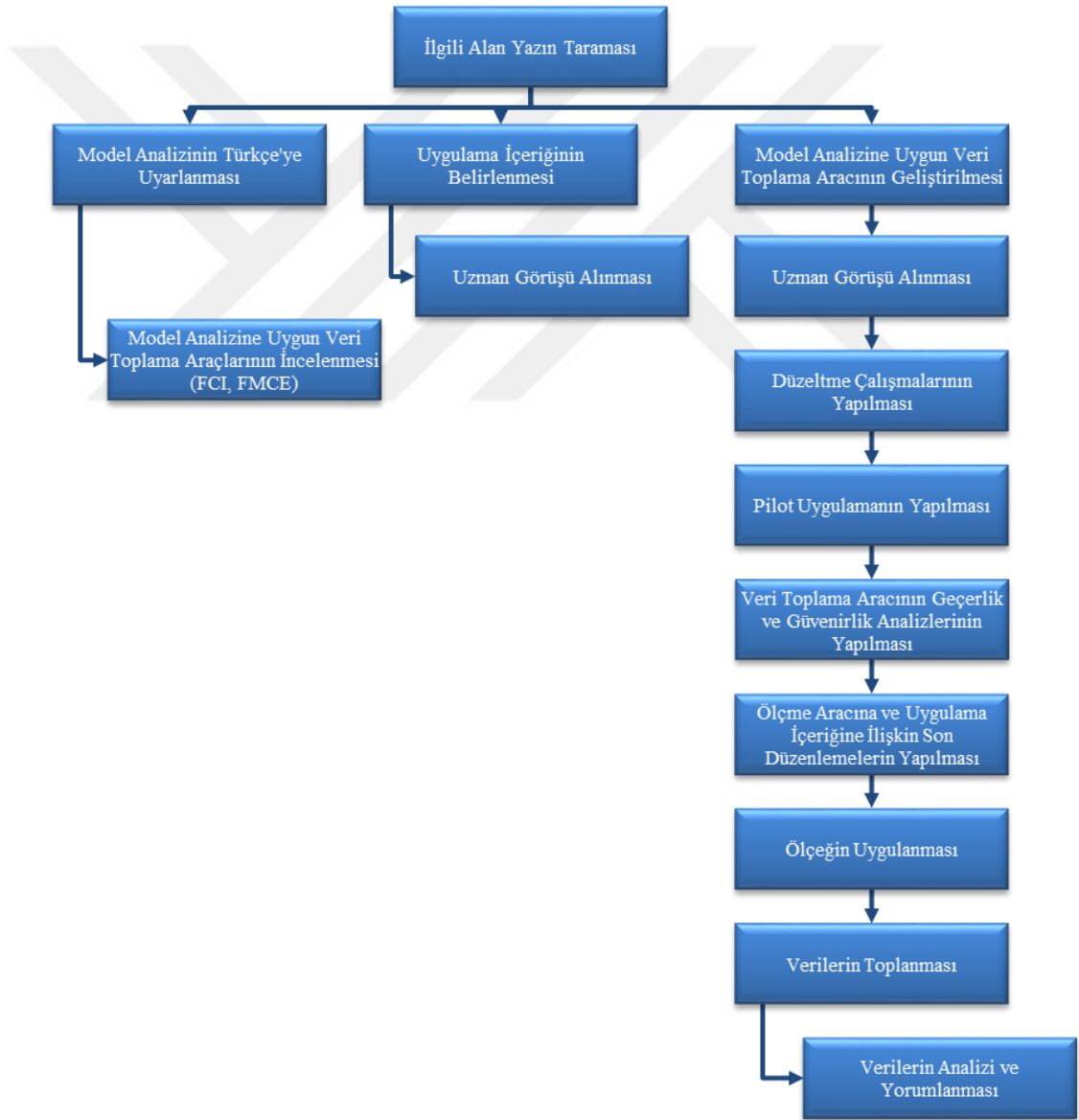
Liu vd. (2022) 'ye göre son birkaç yılda, çevrimiçi eğitimin artan popüleritesi, çok sayıda öğrencinin öğrenme davranışı verilerinin depolanmasını sağladı ve bu da eğitimsel veri madenciliği alanına büyük fırsatlar ve zorluklar oluşturmaktadır. Öğrencilerin öğrenme performansı, öğrenimlerini tamamlamak ve öğrencilerin öğrenme performansını ve çevrimiçi öğretim kalitesini iyileştirmek için zamanında yardıma ihtiyaç duyan risk altındaki öğrencileri belirlemek için öğrencilerin öğrenme davranışı verilerine dayalı olarak tahmin edilebilir. Bu öğrenme davranışı verilerinden tam olarak yararlanmak için, mevcut araştırmalara dayalı olarak yeni bir tahmin yöntemi tasarlanmıştır. Bu yöntem, yüksek riskli öğrencileri daha doğru bir şekilde tahmin edebilmek için öğrenme davranışı verilerinden eş zamanlı olarak zamansal davranış bilgisini ve genel davranış bilgisini alabilen bir hibrit derin öğrenme modeli oluşturur. Mevcut derin öğrenme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, deneysel sonuçlar önerilen yöntemin daha iyi tahmin performansı sunduğunu göstermektedir.

Bir sonraki bölümde çalışmanın yöntemine ilişkin bilgilere yer verilmektedir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırma modeline, çalışma grubuna, veri toplama aracına, verilerin analiziyle kullanılan istatistiksel tekniklere ve yürütülen geçerlik ve güvenirlik çalışmalarına yönelik alınan önlemler sunulmuştur.

Sürecin işleyişi bakımından yürütülen işlem basamakları Şekil 3.1’de bulunan akış diyagramında özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Araştırma akış şeması

3.1 Araştırmanın Modeli

Çalışmada durum çalışması tercih edilmiştir. Durum çalışmalarında, diğer araştırma desenlerindeki gibi, araştırmanın öncesinde yanıtlanması gereken sorular oluşturulur ve son aşamada yöneltilen bu sorular doğrultusunda ulaşılan bulgular ve sonuçlar belirtilir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Bu iki süreç arasında verilerin toplanmasına, alt problemlerle ilişkilendirilmesine ve analiz edilmesine ilişkin alt aşamalar da yer almaktadır. McMillan ve Schumacher (2006) durum çalışması geliştirilmesini planlanmanın, genel bir araştırma sorusuyla araştırmanın amacına ve önemine katkı sağlayan öğeleri dahil etmeyi gerektirdiğini ifade etmektedirler. Bu bağlamda durum çalışmaları, kolay ve sınırlı bir araştırma çeşidi olarak değil, sağlam gerekçelere dayandırılan bir araştırma çeşidi olarak görülmelidir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Buna göre bir durumun diğerler durumlardan farklarının neler olduğunun ayrıntılı bir biçimde araştırılması istenildiğinde araştırmacılarca durum çalışması gerçekleştirilebilir. Mevcut çalışmada TZM’ler ele alınıp “Fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji kavramına ilişkin TZM’leri nedir?” sorusuna cevap arandığından, bu durumun bütüncül bir yaklaşım çerçevesinde araştırılması bağlamında durum çalışması kullanılmıştır.

3.2 Çalışma Grubu

Çalışma grubu, amaçlı örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Amaçlı örnekleme, araştırmacıların çalışmanın amacı doğrultusunda derinlemesine araştırma yürütebilmek amacıyla kişisel görüşünün yer aldığı, bilgi bakımından zengin durumların tercih edildiği örnekleme biçimidir (Fraenkel vd., 2012). Bu anlamda amaçlı örnekleme çeşitlerinden olan ölçüt örnekleme ile kolay ulaşılabilir örnekleme çeşitlerinden faydalanılmıştır. Yıldırım ve Şimşek (2011)’e göre ölçüt örnekleme ile çalışmanın hedefleri doğrultusunda önceden tasarlanmış bir dizi ölçütü karşılayan durumlar irdelenir. Bu çalışmada lisans düzeyinde fizik-1 dersinin alınması sebebiyle fen bilgisi öğretmen adaylarıyla çalışılmıştır. Bu sebeple belirlenen ölçüt bağlamında araştırmanın çalışma grubunun tespitinde ölçüt örnekleme çeşidi tercih edilmiştir. Çalışmaya hız ve pratiklik sağlaması, erişim kolaylığı sağlaması bakımından öne çıkan kolay ulaşılabilir örnekleme de (Yıldırım ve Şimşek, 2011) diğer bir örnekleme türü

olarak tercih edilmiştir. Ulaşım ve maliyet kolaylığı sunması anlamında araştırmacının görev yaptığı birimde bulunan öğretmen adaylarına ve Google Forms (<https://forms.gle/Zs7s2MKkBgXKLzDw7>) üzerinden bünyesinde Eğitim Fakültesi bulunan üniversitelerde öğrenim gören öğretmen adaylarının çalışma grubunda yer alması sağlanmıştır.

Araştırmanın pilot uygulamalarında çalışma grubunu Batı Karadeniz Bölgesi’nde yer alan bir üniversitenin fen bilgisi öğretmenliği ve matematik öğretmenliği lisans programlarına öğrenim gören ve Temel Fizik -1 dersini alan 134 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Asıl uygulama olarak ise farklı üniversitelerden fen bilgisi öğretmenliği lisans programında öğrenim gören 354 öğretmen adayı oluşturmaktadır.

3.3 Veri Toplama Araçları

Araştırmada kullanılan veri toplama aracı “Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi”dir. Testin geliştirilme sürecine ve geçerlik güvenirlik çalışmalarına ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.4 Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testinin Geliştirilmesi

Bir testte genellikle birden fazla kavram grupları yer alabilir. Bu çalışmada geliştirilen öğrenme durumları testindeyse öğretmen adaylarının enerji kavramı üzerindeki TZM’lerine odaklanıldığından sadece bir kavram olacak şekilde yapılandırma yapılmıştır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji kavramına ilişkin TZM’lerini tespit etmek amacıyla, araştırmacı tarafından öncelikle 37 maddelik beş seçenekli Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi (EKÖDT) geliştirilmiştir. Testin geliştirilmesinde amaca uygun olmasına özen gösterilmiştir. Çünkü her çoktan seçmeli soru TZM analizine uygun değildir (Kurnaz, 2022). Bunun için bu tez çalışmasının 2. Bölümünde tanımlanan yapısal çerçeveye dikkat edilerek ilerlenmiştir.

Enerji konusunda ise ilgili literatürün çizdiği sınırlar gözetilmiştir. Enerji konu alanında son yıllarda, “enerji iş yapabilme yeteneğidir” şeklindeki tanımların onun özelliklerini (enerjinin korunumu, dönüşümü, çeşitleri gibi) de kapsayacak şekilde genişletilerek tanımlanması ve öğretilmesi gerektiği fikri kendini göstermektedir

(Herrmann-Abell ve DeBoer, 2011, 2018; Kurnaz, 2011; Lancor, 2014; Opitz, vd., 2019). Ayrıca öğretim etkinlikleri kavramsal tanımlarla sınırlandırılmamalı, öğretmen adaylarının bilişsel şemalarını oluşturmaları için fırsatlar sağlanmalıdır. Bu bağlamda öğrenme durumları testinin tasarlanmasında, enerji çeşitleri, enerjinin korunumu ve enerjinin dönüşümüne ilişkin sorulardan ve seçeneklerden faydalanılmıştır. Enerji çeşitleri alt başlığında 10 soruya, enerjinin korunumu alt başlığında 5 soruya ve enerjinin dönüşümü alt başlığında 7 soruya yer verilmiştir. TZM belirlemeye yönelik olan EKÖDT'nin seçeneklerinin oluşturulmasında, Kurnaz (2022) tarafından işaret edilen olmazsa olmaz şartlar olan ve bilişsel şemalarının olası bileşenleri olabilecek bilimsel, hatalı ve ilişkisiz seçeneklerin olmasına dikkat edilmiştir. Testin hazırlanmasına ilişkin diğer basamaklar aşağıda ayrı başlıklar halinde ifade edilmiştir.

Alanyazın taraması

Enerji konusuna ilişkin öğretmen adaylarında var olan alternatif fikirlerin tespiti için alanyazında bulunan çalışmalar (tez ve makale) incelenmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen kavram testinde yer alan sorular daha önce gerçekleştirilmiş olan çalışmalardan revize edilerek alınmıştır. EKÖDT'nde bulunan sorulardan 7'si Gostalak (2008) çalışmasından, 7'si Berber (2008) çalışmasından, 1'i Hırça (2008) çalışmasından, 4'ü Bezen (2014) çalışmasından, 12'si Neumann (2013) çalışmasından ve 6'sı Dalaklıoğlu (2015) çalışmasından revize edilerek geliştirilmiştir.

3.4.1 Ölçeğin Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları

Bu bölümde, geliştirilen ölçeğin fen bilgisi öğretmen adaylarının Fizik-1 dersinin güvenilirlik ve geçerliğine yönelik yürütülen çalışmalara yer verilmiştir.

Uzman görüşü

İlgili alanyazın doğrultusunda 37 maddeden oluşturulan taslak test EKÖDT (bkz. EK-A) soruları toplam 6 uzmanın görüşüne Şekil 3.2'de örneği bulunan formatta sunulurak değerlendirmeleri alınmıştır. Uzmanların dağılımları iki fen eğitimsi, bir fizik eğitimsi, bir sınıf eğitimsi (konuya ilişkin ders vermiş ya da makale/proje

çalışmaları bulunan), bir program geliştirme uzmanı ve testin anlam, imlâ ve ifade uygunluğu bakımından bir Türkçe eğitimcisi şeklindedir.

Soru	Uygun	Kısmen Uygun	Uygun Değil	Açıklama
16) Düz bir yolda ilerleyen bir aracın yakıtı bitiyor ve araç bir süre sonra yavaşlayarak duruyor. Yakıtı biten bu aracın bir süre sonra yavaşlaması ve durması ile ilgili hangisi söylenebilir? A) Araç yakıt kullanarak ilerlediği sürece sürtünme yoktur. Sürtünme sadece yakıt bittiğinde oluşur ve araç durana kadar aracın kinetik enerjisi, termal enerjiye dönüşür. B) Araç yakıtla çalışmadığı zaman hiç kinetik enerjisi yoktur. Kinetik enerjisi olmadan araç sürtünmeyi yenemez ve durur. C) Sürtünme sebebiyle aracın kinetik enerjisi, termal enerjiye dönüşür. Araç artık yakıtla çalışmayacağından araç durana kadar kinetik enerjisi azalır. D) Aracın tekerlekleri yakıt kullanılmadığında daha yavaş döner. Tekerlekler dönmeyi durdurduğu anda sürtünme meydana gelir ve kinetik enerji, termal enerjiye dönüşür. E) Araç yavaşladıkça sürtünme kuvveti ve aracın kinetik enerjisinin termal enerjiye dönüşme hızı artar.				



Şekil 3.2 Uzman Görüşü Örnek Formu

Uzman görüşleri doğrultusunda ölçekte bulunan maddelerin konuya uygunluğu, seçeneklerinin anlamsal ifadeleri, ölçülecek özelliği temsil etmesi ve anlaşılabilirliği, hedef gruba yönelik olması bakımlarından değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan geri bildirimleri neticesinde testte gerekli düzeltmeler yapılarak pilot uygulama için testin nihai hali oluşturulmuştur.

Pilot uygulama

Uzman görüşleri doğrultusunda düzenlenen EKÖDT, Eğitim Fakültesi Fizik-1 dersini alan ve konuyu görmüş olan öğretmen adaylarına uygulanmıştır. Pilot çalışmaya ilişkin katılımcı sayıları Tablo 3.1’de görülmektedir.

Tablo 3.1 Uygulama yapılan katılımcı sayıları

Lisans Programı	N
Fen Bilgisi Eğitimi	80
Matematik Eğitimi	54
Toplam	134

Madde analizi

Pilot uygulamasından ulaşılan veriler, istatistik paket programı olan SPSS ile analiz edilerek ölçeğe ait madde güçlük ve ayırt edicilik indeksleri tespit edilmiştir. Bu hesaplamanın yapılmasının temel nedeni, yapılması çok güç sorularla yapılması çok kolay soruları tespit etmek yoluyla katılımcıların olası bilişsel yapılarını çok yönlü ortaya çıkarmaya imkân tanımaktır (Kurnaz, 2022). Burada örneğin cevaplanamayan çok güç bir soru sorulması durumunda katılımcıların o soruyu cevapsız bırakmaları halinde bilişsel yapılarını görememe durumu karşımıza çıkacaktır. Çok kolay bir soru olması durumundaysa öğretmen adaylarının gerçek dağılımlarını görememe durumu belirecektir. Ayrıca geliştirilen ölçeğin çok yönlü olarak kullanılabilmesine olanak tanımaktır. Diğer bir ifadeyle, gerektiğinde başarı testi olarak da kullanılabilmesine olanak tanımaktır.

- **Madde Güçlük İndeksi**

Madde güçlük indeksi, bir soruyu doğru cevaplandıranların, tüm cevaplayıcı sayısına oranıdır. Madde güçlük indeksinin sıfıra yaklaşması (bilen sayısının azalması) maddenin zorlaştığını, bire yaklaşması (bilen sayısının artması) maddenin kolaylaştığını ve 0,50 olması maddenin orta güçlükte olduğunu gösterir (Güler, 2012). Genellikle madde güçlük indeksinin başarı testlerinde 0,50 civarında olması istenir (bkz. Tablo 3.2).

Tablo 3.2 Madde güçlük indeksi ve değerlendirilmesi

Madde Güçlük İndeksi (p)	Maddenin Değerlendirilmesi
0.80 ve daha büyük	Çok kolay bir madde (Çok fazla kişi cevaplayabilmiş)
0.65 - 0.79 arası	Oldukça kolay bir madde (Çok kişi cevaplayabilmiş)
0.35 - 0.64	Orta düzeyde bir madde
0.20 - 0.34	Oldukça zor bir madde (Az kişi cevaplayabilmiş)
0.19 ve daha küçük	Çok zor bir madde (Çok az kişi cevaplayabilmiş)

Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi'ne ait madde güçlük indeksi değerlerine Tablo 3.3'te yer verilmiştir.

Tablo 3.3 Enerji konusu öğrenme durumları testi'ne ilişkin madde güçlük indeksi değerleri

Madde	A	B	C	D	E	Boş	p:güçlük indeksi
1	3	2	24	2	103*	0	0,77
2	3	35*	5	49	41	1	0,26
3	19*	24	77	10	4	0	0,14
4	38	7*	10	52	23	4	0,05
5	20	15	3	9	86*	1	0,64
6	53*	54	8	8	9	2	0,40
7	24	41*	59	5	1	4	0,31
8	108*	10	2	7	6	1	0,81
9	5	6	100*	1	20	2	0,75
10	102*	0	5	0	27	0	0,76
11	1	8	13	5	107*	0	0,80
12	3	7	0	32	91*	1	0,68
13	5	7	90*	21	10	1	0,67
14	83*	9	24	2	15	1	0,62
15	89*	22	4	5	6	8	0,66
16	16	17	59*	20	17	5	0,44
17	7	13	2	107*	2	3	0,80
18	61	0	6	51*	15	1	0,38
19	10	30	63*	19	10	2	0,47
20	8	52	34	30*	4	6	0,22
21	51	5	26	47*	4	1	0,35
22	3	1	5	94*	30	1	0,70
23	45*	6	21	5	56	1	0,34
24	35	24	7	22*	40	6	0,16
25	21	9	72*	32	0	0	0,54
26	9	3	48	69*	3	2	0,51
27	14	16	2	53*	49	0	0,40
28	17	7	103*	5	1	1	0,77
29	3	2	5	9	115*	0	0,86
30	28*	36	27	19	19	5	0,21
31	10	6	56	31	24*	7	0,18
32	14	10	35	50*	13	12	0,37
33	3	12	54	49*	11	5	0,37
34	9	9	9	88*	14	5	0,66
35	5	24*	3	87	12	3	0,18
36	26*	10	42	33	12	11	0,19
37	20	6	41	5	57*	5	0,43

*Doğru cevap seçeneği

Tablo 3.3'e göre çok kolay maddeler 8, 11, 17 ve 29 oldukça kolay maddeler 1, 9, 10, 12, 13, 15, 22, 28 ve 34, orta düzeyde maddeler 5, 6, 14, 16, 18, 19, 21, 25, 26, 27, 32, 33 ve 37, oldukça zor maddeler 2, 7, 20, 23 ve 30 ve çok zor maddeler 3, 4, 24, 31, 35 ve 36'dır.

- **Madde Ayırt Edicilik İndeksi**

Madde ayırt edicilik indeksi sorunun içerdği davranışa sahip olanlar ve sahip olmayanları maddenin ne kadar ayırt ettiğinin bir ölçüsüdür. Güler (2012)'e göre madde ayırt edicilik indeksi -1 ile +1 arasında değerler alabilmektedir.

Tablo 3.4 Madde ayırt edicilik indeksi ve değerlendirilmesi

Madde Ayırtıcılık İndeksi	Maddenin Değerlendirilmesi
0.19 ve daha küçük	Testten çıkarılmalı ya da tamamen düzeltilmelidir.
0.20 - 0.19 arası	Gerekirse geliştirilerek ya da düzeltilerek teste alınabilir.
0.30 - 0.39	Düzeltilme yapılmaksızın teste alınabilir.
0.40 ve daha yüksek	Çok iyi maddeler, teste olduğu gibi alınabilir.

Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi'ne ait madde ayırtıcılık indeksi değerleri Tablo 3.5'te sunulmuştur.

Tablo 3.5 Enerji konusu öğrenme durumları testine ilişkin madde ayırtıcılık indeksi değerleri

Madde	Gruplar	Seçenekler						D:ayırt edicilik indeksi
		A	B	C	D	E	Boş	
1	Üst grup	0	0	1	0	35*	0	0,42
	Alt grup	0	2	13	1	20	0	
2	Üst grup	0	12*	0	12	12	0	0,11
	Alt grup	2	8	5	11	9	1	
3	Üst grup	6*	2	25	1	2	0	0,08
	Alt grup	3	9	15	7	2	0	
4	Üst grup	10	1	2	17*	6	0	0,00
	Alt grup	7	1	5	11	10	2	
5	Üst grup	1	5	0	0	30*	0	0,25
	Alt grup	8	7	2	7	12	0	
6	Üst grup	20*	12	1	0	3	0	0,19
	Alt grup	13	13	3	4	2	1	
7	Üst grup	6	22*	8	0	0	0	0,50
	Alt grup	7	4	20	3	1	1	
8	Üst grup	36*	0	0	0	0	0	0,44
	Alt grup	20	6	2	3	4	1	
9	Üst grup	0	1	34*	0	1	0	0,42
	Alt grup	2	4	19	0	11	0	
10	Üst grup	31*	0	0	0	5	0	0,36
	Alt grup	18	0	5	0	13	0	
11	Üst grup	1	0	0	0	35*	0	0,50
	Alt grup	0	5	12	2	17	0	
12	Üst grup	0	0	0	5	30*	1	0,42
	Alt grup	0	4	0	17	15	0	
13	Üst grup	0	1	33*	2	0	0	0,56
	Alt grup	4	2	13	10	6	1	

Tablo 3.5'in devamı

14	Üst grup	32*	2	0	0	1	1	0,50
	Alt grup	14	2	12	2	6	0	
15	Üst grup	27*	7	1	0	1	0	0,25
	Alt grup	18	8	2	4	4	0	
16	Üst grup	4	4	19	1	7*	1	0,03
	Alt grup	4	4	18	7	3	0	
17	Üst grup	0	0	0	34*	2	0	0,47
	Alt grup	4	11	1	17	0	3	
18	Üst grup	24	0	1	11*	0	0	-0,08
	Alt grup	11	0	2	14	8	1	
19	Üst grup	1	6	26*	1	2	0	0,36
	Alt grup	1	11	13	8	3	0	
20	Üst grup	1	15	3	17*	0	0	0,36
	Alt grup	2	8	16	4	4	2	
21	Üst grup	13	1	6	15*	1	0	0,14
	Alt grup	15	3	6	10	2	0	
22	Üst grup	2	0	0	31*	3	0	0,36
	Alt grup	0	0	4	18	14	0	
23	Üst grup	12	0	3	1	20*	0	0,06
	Alt grup	10	5	11	2	8	0	
24	Üst grup	4	7	5*	8	12	0	0,11
	Alt grup	10	6	2	4	13	1	
25	Üst grup	1	1	29*	5	0	0	0,69
	Alt grup	11	8	4	13	0	0	
26	Üst grup	0	0	8	28*	0	0	0,47
	Alt grup	8	2	13	11	1	1	
27	Üst grup	3	3	1	21*	8	0	0,44
	Alt grup	8	7	1	5	15	0	
28	Üst grup	1	0	34*	0	1	0	0,36
	Alt grup	7	3	21	4	0	1	
29	Üst grup	1	0	0	2	33*	0	0,19
	Alt grup	2	2	3	3	26	0	
30	Üst grup	13*	5	7	4	6	1	0,18
	Alt grup	0	10	12	8	5	1	
31	Üst grup	1	3	17	7	8*	0	0,00
	Alt grup	2	2	12	9	8	3	
32	Üst grup	3	1	8	23*	1	0	0,33
	Alt grup	4	4	10	11	4	3	
33	Üst grup	0	3	13	16*	3	1	0,08
	Alt grup	1	6	11	13	3	2	
34	Üst grup	1	1	0	32*	1	1	0,56
	Alt grup	6	4	6	12	6	2	
35	Üst grup	1	7*	0	26	2	0	-0,06
	Alt grup	3	9	2	18	3	1	
36	Üst grup	7*	0	17	8	1	3	0,03
	Alt grup	6	6	9	9	2	4	
37	Üst grup	1	1	7	1	24*	2	0,53
	Alt grup	9	0	18	2	5	2	

Tablo 3.5'ten bazı soruların ayırt edicilik (D) değerlerinin 0.19'dan daha küçük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum soruların bilenle bilmeyeni tam olarak ayırt edemediğini ve bazı sorularının düzeyinin üzerinde olduğunu göstermektedir.

- 0.19'dan düşük olan maddeler: 2, 3, 4, 6, 16, 18, 21, 23, 24, 29, 30, 31, 33, 35, 36

Bu maddelerin ya tamamen düzeltilmesi ya da testten çıkarılması gerekmektedir. İki tablo (Tablo 3.3 ve Tablo 3.5) birlikte yorumlandığında, 2, 3, 4, 6, 16, 18, 21, 23, 24, 29, 30, 31, 33, 35 ve 36 maddelerinin hem ayırt ediciliğinin düşük olduğu hem de anlamlı farkı yansıtmadığından hareketle testten çıkarılmışlardır. Gerçekleştirilen madde analizi ile testin ortalama madde güçlük ve ayırt edicilik indeksleri sırasıyla **0,61** ve **0,43** olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, geliştirilen test ile geçerli ve güvenilir sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir.

3.4.1.1 Soru niteliklerinin belirlenmesi

Ön çalışmalarla EKÖDT'nin nihai halinde yer alan 22 madde (bkz. EK-B), “Enerji Çeşitleri”, “Enerjinin Dönüşümü” ve “Enerjinin Korunumu” olarak üç gruba ayrılmıştır. Bu soru gruplarında yer alan test maddelerine ilişkin seçenekler niteliksel anlamda “Bilimsel Cevap”, “Hatalı Cevap” ve “İlişkisiz (Alakasız, Null) Cevap” olarak sınıflandırılmıştır. Bilimsel Cevap, her zaman doğru yanıtı, Hatalı Cevap alternatif fikir bulunduran yanıt/yanıtları ve İlişkisiz Cevap ilgili soru için hemen hemen hiçbir fikrinin olmadığı yanıtlara karşılık gelmektedir. Soruların hazırlanması aşamasında TZM'lerin tespitine yönelik analizler yapılacak olması nedeniyle her bir soru; öğretmen adayının uygun olan veya olmayan bilgiye sahip olduğunu veya olmadığı ya da ilgili soru hakkında neredeyse hiçbir fikrinin olmadığını anlamamızı sağlayacaktır.

Enerji çeşitleri soru grubuna ait seçeneklerin niteliklerinin dağılımına Tablo 3.6'da yer verilmiştir.

Tablo 3.6 Enerji çeşitleri soru grubunun öğrenci cevaplarının nitelikleri*

Soru No	Cevap Niteliği		
	Bilimsel	Hatalı	İlişkisiz
1	E	A, B, C	D
2	E	A, B, C	D

Tablo 3.6'nın devamı

3	B	A, C	D, E
4	A	B, C, D, E	-
5	C	A, B, D, E	-
6	A	B, C, E	D
8	C	A, B, D	E
9	E	A, B	C, D
10	E	A, B	C, D
11	A	B, C	D, E

*Tabloda yer alan harfler EKÖDT sorularının seçeneklerini temsil etmektedir.

Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait seçeneklerin niteliklerinin dağılımına Tablo 3.7'de yer verilmiştir.

Tablo 3.7 Enerjinin dönüşümü soru grubunun öğrenci cevaplarının nitelikleri

Soru No	Cevap Niteliği		
	Bilimsel	Hatalı	İlişkisiz
7	D	A, B, E	C
14	A	B, C, E	D
15	D	A, B, E	C
16	C	A, B, D, E	-
18	D	A, B	C, E
19	C	A, B, D	E
20	D	A, B, C	E

Enerjinin korunumu soru grubuna ait seçeneklerin niteliklerinin dağılımı Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8 Enerjinin korunumu soru grubunun öğrenci cevaplarının nitelikleri

Soru No	Cevap Niteliği		
	Bilimsel	Hatalı	İlişkisiz
12	C	A, B, E	D
13	D	A, B, E	C
17	E	A, B, C	D
21	D	A, B, C	E
22	D	B, C, E	A

3.4.1.2 EKÖDT'ye ait belirtke tablosu

Geliştirilen EKÖDT'nin kapsam geçerliliğinin sağlanması amacıyla oluşturulan belirtke tablosunda, enerji konusuna ilişkin alternatif fikirlerin tümüne temalar içerisinde yeterince yer verilmiş, seçeneklerin nitelikleri açısından uygunluğu hususuna dikkate alınmıştır. Belirtke tablosu Tablo 3.9'da gösterilmektedir.

Tablo 3.9 Enerji konusu öğrenme durumları testi belirtke tablosu

Ana Tema	Alt Tema	Soru Maddesi
Enerji Çeşitleri	Mekaniksel Kinetik Enerji	4d, 4e, 6e, 9a, 9c, 10a, 10b, 8a, 8b, 8c, 8e, 11a, 11b, 11c, 11e
	Yerçekimi Potansiyel Enerji	1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 2c, 2d, 2e, 4a, 4b, 4c, 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 6a, 6b, 6c, 6d, 9d, 9e, 10c, 10d, 10e, 8d, 11d,
	İç (Termal) Enerji	2a, 2b, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 9b
Enerjinin Dönüşümü	$E_K \Rightarrow E_P$	14e, 16a, 18a, 18c, 18d, 18e, 19a, 19c
	$E_K \Rightarrow E_i$	14a, 14b, 14c, 15a, 15b, 15c, 15d, 15e, 16b, 16c, 16d, 16e, 20e
	$E_P \Rightarrow E_K$	18b, 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 19b, 19d, 20a, 20b, 20c, 20d, 14d, 16a, 16b, 16c, 16d, 16e, 19e
Enerjinin Korunumu	Mekaniksel Kinetik Enerji Korunumu	13a, 13d, 13e, 12a, 12c, 12d, 12e, 21b, 22b, 22c, 17a
	Yerçekimi Potansiyel Enerji Korunumu	13b, 12b, 21a, 21c, 21d, 21e, 22d, 22e, 17e
	İç Enerji Korunumu	13c, 22a, 17b, 17c, 17d

3.5 Güvenirlik Çalışmaları

EKÖDT'nin güvenilirliğini bulmak için cronbach alpha iç tutarlılık katsayısı hesaplanmıştır (bkz. Tablo 3.10).

Tablo 3.10 Enerji konusu öğrenme durumları testi'ne ait cronbach's alpha değeri

Cronbach's Alpha	Standart Cronbach's Alpha	Değişken Sayısı
.759	.75	22

22 madde üzerinden hesaplanan Cronbach α güvenilirlik katsayısı 0.748 olarak tespit edilmiştir. Bir test için hesaplanan güvenilirlik katsayısının 0.70 ya da daha yüksek olması test puanlarının güvenilirliği için yeterli görüldüğünden elde edilen güvenilirlik katsayısı değeri EKÖDT'nin güvenilir bir araç olduğunun göstergesidir.

Tablo 3.11 Çalışmada alınan güvenilirlik önlemleri

Güvenirlik	İç güvenilirlik	Bulguların yorum yapılamadan sunulması
	Dış güvenilirlik	Verilerin sonuç kısmında uygun şekilde tartışılması

Farklı araştırmacıların aynı veriyi kullanarak aynı sonuçlara ulaşp ulaşamayacağıyla ilgili olan iç güvenirlik kavramı araştırmanın bilimselliği bakımından önemlidir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Mevcut çalışmada iç güvenirliğini sağlamak adına, araştırmanın bulguların tamamı yorum yapılmadan okuyucuya sunulmuştur. Araştırma sonuçlarının tekrar edilebilirliği anlamını taşıyan dış güvenirliği (Yıldırım ve Şimşek, 2011) sağlamak amacıyla da, veriler sonuç kısmında alanyazın destekli uygun şekilde tartışılmıştır. Bu şekilde çalışmanın dış güvenirliği arttırılmaya çalışılmıştır.

3.6 Çalışmanın Geçerliği

Çalışmada geçerlik ve güvenirliği etkileyen faktörlerin en aza indirilmesi ya da tümüyle ortadan kaldırılması için araştırmacı bir kısım önlemler almıştır. Alınan bu önlemlere Tablo 3.12’de yer verilmiştir.

Tablo 3.12 Çalışmada alınan geçerlik ve güvenirlik önlemleri

Geçerlik	İç geçerlik	Uzman görüşünün alınması
	Dış geçerlik	Amaçlı örnekleme kullanılması
		Kullanılan yöntemin seçim gerekçesinin açıklanması
		Çalışma grubunun özelliklerinin açıklanması
		Çalışmanın uygulama sürecinin açıklanması
		Veri analiz sürecinin açıklanması

İç geçerlik, araştırmacı olarak gözlemlerimizin düşündüğümüz olaylara/anladığımızı sandığımız olgulara yönelik yorumlamalarımızın mevcut durumunu yansıtmaya oranı olarak ifade edilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Bu çalışmanın iç geçerliğinin sağlanması noktasında, çalışmada kullanmak amacıyla araştırmacının geliştirdiği öğrenme durumları testi uygulamadan önce uzman görüşlerine sunulmuştur. Hazırlanan teste ilişkin olarak beş öğretim üyesinin görüşlerine başvurulmuş, ardından anlatım/anlaşılabilirlik bakımından da konuyla ilgisi olmayan bir okuyucunun değerlendirmesi istenmiştir. İlgili görüşlerden yola çıkarak araştırmacı tarafından soruların açık, anlaşılır ve uygun olması yönünden test yeniden değerlendirilmiş ve

gereken düzeltmeler yapılmıştır. Bu sayede araştırmanın iç geçerliği sağlanmaya çalışılmıştır.

Dış geçerlik, araştırma sonuçlarının genellenebilir olması olarak ifade edilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Dış geçerliğin sağlanması amacıyla, katılımcı seçiminde çalışmanın hedeflerine katkı sağlayacak uygun bireyler belirlenmiştir. Bu doğrultuda amaçlı örnekleme kullanılmıştır. Ayrıca, araştırma modeli, çalışma grubu, verilerin toplanmasını kapsayan uygulama süreci ile verilerin nasıl analiz edildiği ayrıntılı olarak sunulmuştur.

3.7 Verilerin Toplanması

Araştırmada nicel veriler araştırmacının çalıştığı kurumda bulunan öğretmen adaylarına ve Google Forms (<https://forms.gle/Zs7s2MKkBgXKLzDw7>) üzerinden bünyesinde eğitim fakültesi bulunan üniversitelerde öğrenim gören öğretmen adaylarından EKÖDT ile Google Forms aracılığıyla çevrimiçi olarak toplanmıştır. Öğrencilere, bağlı bulundukları fakültelerdeki Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı Öğretim üyelerine kurumlarının web sitelerinde yer alan e-posta adreslerine Google Forms linki (<https://forms.gle/Zs7s2MKkBgXKLzDw7>) ile birlikte etik onay belgesi iletilmiş ve öğretmen adaylarının ilgili linkte yer alan teste katılım sağlamaları istenmiştir. Bu kapsamda 354 öğretmen adayının teste katıldığı görülmüştür. Çalışmaya 70 erkek, 284 kadın katılım sağlamıştır. Sınıf düzeyleri bakımından incelendiğinde 1. sınıfta 60, 2. Sınıfta 158, 3. Sınıfta 72, 4. Sınıfta 48 ve uzatmalı olarak 16 öğretmen adayının olduğu görülmüştür. Çalışmaya 64 farklı üniversiteden katılım olduğu görülmüştür.

3.8 Verilerin Analizi

Araştırmada veriler üç yaklaşımla analiz edilmiştir. Birinci yaklaşımda, katılımcıların genel öğrenme durumları ortaya çıkarılmıştır. Böylelikle katılımcıların araştırma konusuyla ilgili başarı durumları tüm katılımcılara yönelik olarak değerlendirme olanağı sağlanmıştır. Böylelikle (ikinci yaklaşımla ortaya konacak) bireysel analizler ortaya konmadan muhtemel modellemeler genel bir bakış açıda belirlenebilecektir. İkinci yaklaşımda ise veriler bireysel şekilde incelenerek katılımcıların TZM'leri

ortaya konmuştur. Üçüncü yaklaşımda ise yapay zekâ teknolojisinden faydalanılmıştır. Bu doğrultuda yapay zekânın alt birimi olan derin sinir ağıları sınıflandırmasıyla model analizi yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen model tahminleri ile ikinci yaklaşımda elde edilen TZM'lerin benzeşme biçimleri ve oranları belirlenmiştir.

Aşağıda analizler için gerçekleştirilen adımlar sırasıyla sunulmuştur.

3.8.1 Katılımcıların Genel Öğrenme Durumlarına Yönelik Analiz

Genel öğrenme durumlarının belirlenmesi Bao (1999) tarafından önerilen skor ve yoğunlaşma analizleri ile gerçekleştirilmiştir.

Skor ve Yoğunlaşma Analizleri

Öğrenci cevapları öncelikle Google Forms üzerinden Excel dosyası olarak indirilmiştir. Ardından yoğunlaşma puanı (S), yoğunlaşma faktörü (C) ve yoğunluk sapması (Γ) formülleri üzerinden tüm sorular için ayrı ayrı S, C ve Γ değerleri belirlenmiştir.

Öğretmen adaylarının çoktan seçmeli sorulara verdikleri doğru cevapların oranını yansıtan yoğunlaşma puanları (S) 0 - 1 arası değerlere sahip olmaktadır. Yoğunlaşma puanlarının (S) hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Bao, 1999). Formülde " n_c " ilgili test maddesini doğru cevaplayanların sayısını, "N" ise toplam öğrenci cevaplarının sayısını sembolize etmektedir.

$$S = \frac{n_c}{N} \quad (3.1)$$

Öğretmen adaylarının EKÖDT'ye vermiş oldukları doğru cevapların yanı sıra yanlış cevapları da incelemeye dâhil edilmiştir. Bu sayede öğretmen adaylarının EKÖDT'ye verdikleri tüm cevapların dağılım bilgilerine ulaşılmıştır. Yoğunlaşma faktörünün hesabına ilişkin formül aşağıda yer almaktadır (Bao, 1999). Formülde yoğunlaşma faktörü "C", testte bulunan seçenek sayısı "m", i seçeneği tercih eden toplam öğrenci sayısı " n_i " ve testi yanıtlandıran öğrenci sayısı "N" sembolleriyle gösterilmiştir.

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \times \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m n_i^2}{N}} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (3.2)$$

Formülden bütün n_i ler eşit olması durumunda C 'nin 0'a ve herhangi bir n_i , N 'ye eşit olması durumunda ise C 'nin 1 olacağı anlaşılmaktadır. Yoğunlaşma faktörü, elde edilen değerlerin düşük olmasını ifade eden 0 ile değerlerin yüksek olduğu anlamına gelen 1 arasında değerlere sahip olabilmektedir. Yani yoğunlaşma faktörünün 1'e olması ilgili test maddesindeki seçeneğin, diğerlerine kıyasla daha yoğun olarak tercih edildiğini göstermektedir. Örnek olarak, beş seçenekli bir testin 200 öğrenciye uygulandığını varsayalım. Eğer bir soruda öğrenci yanıtları seçeneklere eşit olarak (40, 40, 40, 40, 40) dağıldıysa C 'nin değeri sıfır olacaktır. Çünkü hiçbir seçenekte yoğunlaşma olmamıştır. Eğer tüm yanıtlar tek bir seçenekte (200, 0, 0, 0, 0) olacak şekilde işaretlenmiş ise bu sefer C 'nin değeri 1 olacaktır. Diğer dağılım durumlarında (örn. 24, 80, 36, 32, 28) ise C , 0 ile 1 arasında değişkenlik gösteren değerlere sahip olacaktır.

Öğrenci yanıtlarından elde edilen puanlar/skorlar (S) ve yoğunlaşma faktörü (C) bir araya getirilerek öğrenci cevaplarının desenleri irdelenebilir. Bu şekilde öğrencilerin performans bilgisi yanında alternatif fikre sahip olup olmadıkları da incelenebilmektedir. Bao (1999) tarafından geliştirilen ve kodların 3 seviyeli eşleştirilmesine ilişkin değer aralıklarına Tablo 3.13'de yer verilmiştir.

Tablo 3.13 Skor ve yoğunlaşma faktörü için üç-seviyeli kodlama

Puan (S)	Seviye	C	Seviye
0~0,4	D	0~0,2	D
0,4~0,7	O	0,2~0,5	O
0,7~1,0	Y	0,5~1,0	Y

*D: Düşük, O: Orta, Y: Yüksek

Tablo 3.13'te düşük (D), orta (O) ve yüksek (Y) olmak üzere üç seviye yer almaktadır. Bu kodlama seviyelerinden elde edilen desenlere yüklenen anlam (Bao, 1999) Tablo 3.14'de belirtilmiştir.

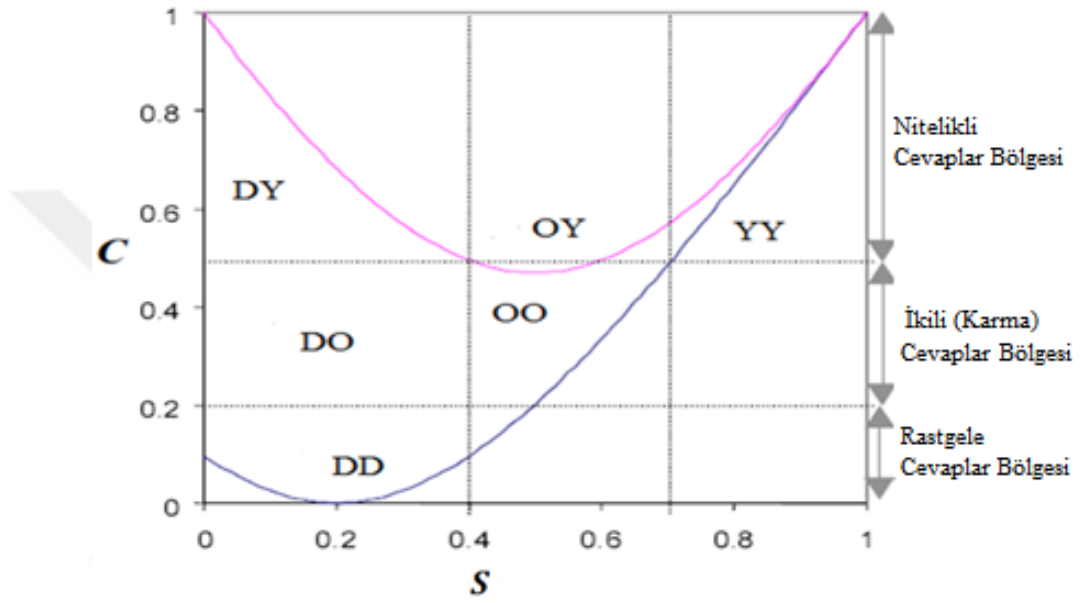
Tablo 3.14 Öğrenci cevaplarının iki-seviyeli kodlama desenleri ve anlamları

Desen		Anlam
1	DD	Öğrenciler hiçbir modelde güçlü performans gösterememişlerdir. Öğrenci yanıtları genellikle rastgele tahminlerin bir sonucu gibidir.
2	DY	Öğrencilerin skorları düşük fakat çoğunluğu aynı çeldiriciyi seçmiştir. (Öğrenciler bir baskın modele sahiptirler)
	YY	Öğrenciler ilgili kavrama ilişkin iyi performans göstermişlerdir. (Öğrenciler bir bilimsel modele sahiptir)
	DO	Öğrenci cevapları iki yanlış seçenek üzerinde yoğunlaşmıştır. (Öğrenciler iki olası hatalı modele sahiptir)
3	OY	Olası bir baskın model vardır. (Öğrenci yanıtları arasında yaygın olmayan iki model mevcuttur)
	OO	Öğrenci cevapları iki seçenek üzerinde yoğunlaşmış, bunlardan bir tanesi doğru seçenektir. (Öğrenci yanıtları arasında iki popüler model mevcuttur)
	OD	Öğrenci yanıtları arasında yaygın olmayan iki model mevcuttur.

Tablo 3.14'te öğretmen adaylarının S ve C kodlarının birlikte değerlendirilmesiyle oluşturulan "S - C" desenleri ile bu desenlere yüklenen anlamlar yer almaktadır. Tabloda yer alan 1 no'lu desen hatalı cevabı, 2 no'lu desenler tek bir modelin bulunduğunu, 3 no'lu desenler ise iki modelin bulunduğu anlamına gelmektedir. Araştırmanın veri toplama aracı olan EKÖDT'de yer alan sorular, bir doğru ve üç yanlış seçenekli olarak tasarlanmıştır. Bu desenler doğrultusunda hem başarılı hem de başarısız olan öğretmen adaylarının gösterdiği performanslarla ilgili bilgilere ulaşılmıştır. Örneğin, EKÖDT'den elde edilen DD ile DY tipi desenler kıyaslandığında DD deseninde bulunan öğretmen adaylarının S ve C değerlerinin düşük seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Buradan hareketle öğretmen adaylarının ilgili soruya verdikleri cevapların çoğunun rastgele olduğu ve hiçbir fikirlerinin baskın olmadığı çıkarımı yapılabilir. S değerlerinin düşük ve C değerlerinin yüksek olduğu DY deseninde ise öğrenci başarılarının ilgili soruda düşük olduğu, konu veya kavramlarla ilgili yüksek oranda alternatif fikirlerinin olduğu ve çoğu öğretmen adayının aynı çeldiricide yoğunlaştığı söylenebilir. Konunun daha iyi irdelenmesi adına EKÖDT'den elde edilen S ve C verilerinden grafikler de oluşturulmuştur.

EKÖDT'de yer alan her soruya ait öğrenci cevaplarından elde edilen S ve C değerleri kullanılarak cevap desenleri iki boyutlu grafiğe (Grafik 3.1) noktalar halinde aktarılmıştır. Grafikte puanlar (S) yatay eksen, yoğunlaşma (C) ise dikey eksen olacak biçimde kodlanır. Burada her bir nokta, bütün öğretmen adaylarının, bir soru

üzerindeki ortalama sonucunu ifade etmektedir. Bu grafikten hareketle öğretmen adaylarının EKÖDT'ye verdikleri cevaplara ilişkin yorumlamalarda bulunulabilmektedir. Bao (1999) tarafından geliştirilen bu analiz sunum tasarımı göre öğretmen adaylarının S - C değerleri arasındaki ilişkinin sınırlılığından dolayı veri noktaları grafikte bütün bölgelerde yer alamamaktadır. Buna göre öğretmen adaylarının cevapların düşme ihtimali olan bölgeler Grafik 3.1'de yer almaktadır.



Grafik 3.1 S - C Sınır bölgeleri

Grafik 3.1'den anlaşılabileceği gibi yoğunlaşmalar Rastgele Cevaplar Bölgesi, İkili (Karma) Cevaplar Bölgesi ve Nitelikli Cevaplar Bölgesi şeklinde 3 nitelik durumu ile ilişkilidir. Buradaki nitelik durumları, öğrencilerin öğrenme durumlarıyla ilgili muhtemel olası durumları yansıtmaları anlamındadır.

S - C sınır bölgelerinde bulunan veri noktaları, testte yer alan güçlü çeldiriciler nedeniyle kısıtlanabilir. Tespit edilen puanlar, yoğunlaşmanın sınırına bağlıdır. C'nin çeşitliliği öğretmen adaylarının yanlış cevaplarının dağılımından belirlenir. Bu sebeple yanlış cevapların detaylarının bilinmesi istendiğinden dolayı öğretmen adaylarının EKÖDT sorularına verdikleri yanlış cevapların yoğunlaşmaları hesaplanmıştır. Yoğunluk sapmasının hesaplanmasında Bao (1999) tarafından geliştirilen aşağıda belirtilen formülde "T" yoğunluk sapmasını, "m" testte yer alan seçenek sayısını, "n_i"

seçeneği seçen öğrenci sayısını, "N" testi cevaplandıran öğrenci sayısını ve "S" puanları/skorları ifade etmektedir.

$$\Gamma = \frac{\sqrt{m-1}}{\sqrt{m-1}-1} \times \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_i^2 - S^2}}{(N-S)} - \frac{1}{\sqrt{m-1}} \right) \quad (3.3)$$

Γ ve S birbirinden bağımsız olup Γ , 0 – 1 arasında bir değere sahip olabilmektedir. Γ değeri 0 ~ 0,2 arasında ise düşük; 0,2 ~ 0,4 arasında ise orta; 0,4 ~ 1,0 arasında ise yüksek anlamlarına gelmektedir. Bununla ilişkili olarak EKÖDT’de yer alan soruların yanlış yanıtlarının detayları için S – Γ grafiği çizilmiştir. S – Γ grafiğinde eksenlerde iki bağımlı değişken bulunduğundan, bölgelerde herhangi bir sınır olmamaktadır. Γ yalnızca yanlış cevaplarla ilgili olması sebebiyle yanlış cevaplardan birisi üzerinde bir yoğunlaşma zirvesi olmaktadır. Γ öğretmen adaylarının yanlış yanıtları üzerinden doğrudan bilgi sağlamaktadır.

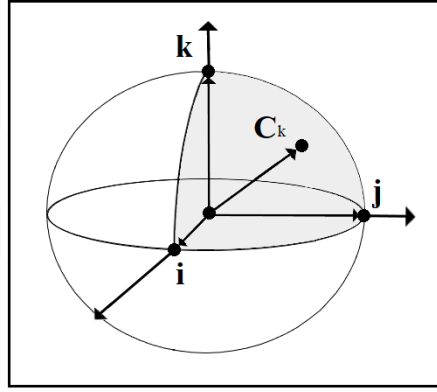
Genel anlamda, yoğunlaşma faktörü öğrenci performanslarının ve muhtemel model durumlarının değerlendirilmesi için etkin bir araçtır. Bu çalışma kapsamında öğretmen adaylarının enerji konusundaki model durumlarının genel değerlendirmesini yapmak, dahası öğrenci performanslarının yalnızca testten alınan puanlara bağlı olarak değil, teste verilen yanlış cevapların da dikkate alınarak analiz edilmesinde yoğunlaşma faktörü kullanılmıştır.

3.8.2 Temellendirilmiş Zihinsel Model Belirlemeye Yönelik Analizler

Bu başlık altında sunulan analizin amacı, çoktan seçmeli sorular üzerinden öğrenci cevaplarının sayısal analizi doğrultusunda TZM durumlarının değerlendirmesini yapabilmektir. Bu doğrultuda, EKÖDT’de yer alan sorular arasındaki ilişkiler incelenmiştir. TZM tahmini kapsamında öncelikle bilimsel, hatalı ve ilişkisiz/alakasız cevaplardan oluşan sınıflandırmalar tanımlanmıştır. EKÖDT’de yer alan her soruya ait seçeneklerden yalnızca biri (i) bilimsel cevaba karşılık gelirken diğer seçeneklerden biri veya birkaçı (ii) hatalı veya (iii) ilişkisiz/alakasız cevap durumunda olmaktadır (bkz. Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8). Yani, seçenek sayısı kaç tane olursa olsun

cevapların niteliği için üç olasılık söz konusudur ve bu seçeneklerden birinin seçilmesinin veya seçilmemesinin olasılık değeri/genliği $0 \leq \rho \leq 1$ aralığındadır (Kurnaz, 2022). Yapılan analizler ışığında öğretmen adaylarının EKÖDT’de bulunan bir soruya verdikleri cevaplardan yola çıkarak bir uzman veya hatalı cevap veren birey gibi davranıp davranmadığına veya o soruya ilişkin hiçbir fikrinin olmadığı sonucuna ulaşabilmektedir.

Analizlere ilişkin soruların sınıflandırması kapsamında; belirtilen bu cevaplar [bilimsel (i), hatalı (j) veya null-ilişkisz (k)] i, j ve k şeklinde birbirine dik üç birim vektörle gösterilebilir (bkz. Şekil 3.3).



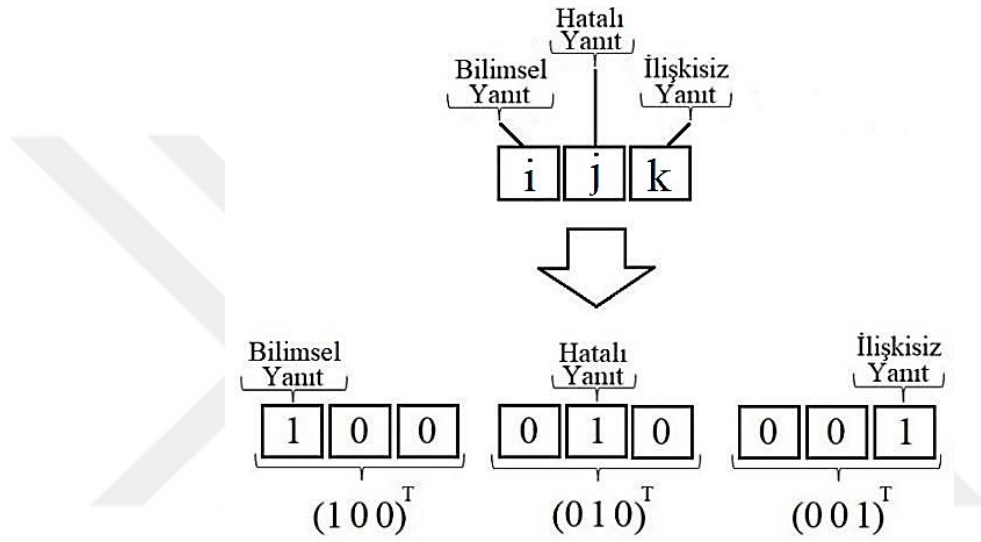
Şekil 3.3 Birim cevap vektörleri

Şekil 3.3’te verilen C_k öğrencinin cevap vektörü olup aynı konuya ait birden fazla sorunun bileşkesinde daha anlam bulmaktadır. Kurnaz (2022) iki vektöre ait iç çarpımın bir gerçel sayı olması ve bir vektörün transpozuyla iç çarpım değerinin normun karesine eşit olduğunu dikkate alarak C_K vektörü aşağıdaki gibi belirlemiştir:

$$C_K \cdot C_K = (i \cdot j \cdot k) \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} = i^2 + j^2 + k^2 \quad \rightarrow \quad C_K = \begin{pmatrix} \sqrt{i} \\ \sqrt{j} \\ \sqrt{k} \end{pmatrix} \quad \rightarrow \quad C_K = \begin{pmatrix} \sqrt{x} \\ \sqrt{y} \\ \sqrt{z} \end{pmatrix}$$

Buna göre bir öğrencinin incelenen konuya ait cevaplarından hareketle Şekil 3.3’te verilen kürenin herhangi bir noktasına orijinden çizilen bir vektör öğrencinin i^2, j^2, k^2 olasılıklarını ve TZM durumlarını tanımlar ve tüm cevap vektörlerinin toplamı, konuya dair TZM’nin bileşke vektörü olur (Kurnaz, 2012, 2018, 2019).

Nitelik olarak üç olasılıktan birine dağılabilecek öğrenci cevapları matrisle gösterilebilir ve öğrenci cevap yoğunluk matrisi, cevaplayanlara dair önemli bilgilere sahiptir. Bireysel öğrenci cevap vektörlerinin belirlenmesi amacıyla EKÖDT’de yer alan her bir soru için verilen öğrenci cevapları, birim cevap vektörü ile tespit edilir. Cevap vektörlerinin sınıflandırılmasına ilişkin tasarım, Şekil 3.4’te bulunmaktadır. Şekil 3.4’te vektör bileşenleri üzerinde ‘T’ ile ifade edilen sembol, matrislerdeki transpozunu ifade etmektedir.



Şekil 3.4 Öğrenci cevap vektörlerinin sınıflandırılması

Öğretmen adaylarının EKÖDT’de yer alan sorulara verdikleri cevapların Tablo 3.6, Tablo 3.7 ve Tablo 3.8’de bulunan hangi nitelikteki cevaba karşılık geldiğine göre temel vektörler tespit edilmiştir. Örneğin eğer öğretmen adayının cevabı “Bilimsel Cevap” ise cevap vektörü $(1\ 0\ 0)^T$, “Hatalı Cevap” ise $(0\ 1\ 0)^T$ veya “İlişkisiz Cevap” ise $(0\ 0\ 1)^T$ şeklinde kodlanmıştır. Öğretmen adaylarının soru grubuna ilişkin sınıflandırması yapıldıktan sonra verdiği cevaplar doğrultusunda bütün cevaplarına ait genel cevap vektörü belirlenmiş ve TZM vektörü olarak ifade edilmiştir. Örnek olarak 10 numaralı öğretmen adayının, “enerji çeşitleri” soru grubuna ilişkin genel cevap vektörünün nasıl elde edildiği Şekil 3.6’da sunulmuştur.

Soru No	Cevap Niteliği			Öğrenci Cevabı	Öğrenci Cevap Vektörü	Öğrenci Genel Cevap Vektörü
	Bilimsel	Hatalı	İlişkisiz			
1	E	A, B, C	D	E	(1 0 0) ^T	(7 2 1) ^T
2	E	A, B, C	D	A	(0 1 0) ^T	
3	B	A, C	D, E	C	(0 1 0) ^T	
4	A	B, C, D, E	-	A	(1 0 0) ^T	
5	C	A, B, D, E	-	C	(1 0 0) ^T	
6	A	B, C, E	D	A	(1 0 0) ^T	
8	C	A, B, D	E	C	(1 0 0) ^T	
9	E	A, B	C, D	E	(1 0 0) ^T	
10	E	A, B	C, D	E	(1 0 0) ^T	
11	A	B, C	D, E	D	(0 0 1) ^T	
Toplam=					(7 2 1) ^T	

Şekil 3.5 Öğretmen adayı-10'un enerjinin çeşitleri soru grubu genel cevap vektörü

Çalışmaya katılan bütün öğretmen adaylarının TZM vektörleri bu şekilde belirlenmiştir. Öğretmen adayı genel cevap vektörleri ' r_k ' olarak tanımlanmıştır. Çalışmaya katılan öğretmen adayı toplamı ' N ' olarak ifade edildiğinde ' r_k ' aşağıda belirtilmiştir.

$$r_k = (x_k \ y_k \ z_k)^T \rightarrow r_k = \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (3.4)$$

Başlık 2.3'te ayrıntılı ifade edildiği üzere öğretmen adaylarının TZM vektörü olarak ifade edilen ' C_k ' olasılığın genişliğini, ' ss ' ise soru sayısını ifade etmektedir.

$$C_K = \begin{pmatrix} \sqrt{x} \\ \sqrt{y} \\ \sqrt{z} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{ss}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{x_k} \\ \sqrt{y_k} \\ \sqrt{z_k} \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

10 nolu öğretmen adayının model vektörü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$C_K = \frac{1}{\sqrt{ss}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{x_k} \\ \sqrt{y_k} \\ \sqrt{z_k} \end{pmatrix} \xrightarrow{(7 \ 2 \ 1)^T} C_{010} = \frac{1}{\sqrt{10}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$$

Şekil 3.6 Öğretmen Adayı-10'un enerjinin çeşitleri soru grubu TZM model vektörü

Olasılığın genişliğinin belirlenmesinde, kendisiyle iç çarpım yapılan bir vektörün normun karesine eşitliğinden yola çıkarak C_K denklemi, transpozu ile çarpılırsa D_K matrisi elde edilmiş olur.

$$D_K = \frac{1}{ss} \cdot \begin{bmatrix} x_k & \sqrt{x_k y_k} & \sqrt{x_k z_k} \\ \sqrt{y_k x_k} & y_k & \sqrt{y_k z_k} \\ \sqrt{z_k x_k} & \sqrt{z_k y_k} & z_k \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Kurnaz (2022)'a göre D_K incelenen konuya ilişkin TZM yoğunluk matrisi olup matrisin diyagonal elamanlarından hareketle öğrencilerin konuya dair TZM durumu tespit edilebilir. Şekil 3.7'de Öğretmen Adayı-10'un enerjinin çeşitleri soru grubuna ilişkin cevap yoğunluk matrisi görülmektedir.

$$C_K = \frac{1}{\sqrt{ss}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{x_k} \\ \sqrt{y_k} \\ \sqrt{z_k} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{10}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$$

$$D_K = C_K \cdot C_K = \frac{1}{ss} \cdot \begin{bmatrix} x & \sqrt{xy} & \sqrt{xz} \\ \sqrt{yx} & y & \sqrt{yz} \\ \sqrt{zx} & \sqrt{zy} & z \end{bmatrix} \Rightarrow D_{10} = \frac{1}{10} \cdot \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{14} & \sqrt{7} \\ \sqrt{14} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{7} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 3.7 Öğretmen adayı-10'un enerjinin çeşitleri soru grubu cevap yoğunluk matrisi

Çalışmada D_k matrisinden hareketle öğretmen adaylarının TZM durumları, Tablo 2.1'de bulunan TZM sınıflandırmasına göre belirlenmiştir. Ayrıca her bir öğrenci için yapılan analizler tüm katılımcılar için birlikte de yapılmıştır. Yani D_K matrisi tüm katılımcılar için elde edilmiş ve buradan katılımcıların genel TZM eğilimi Tablo 2.2'den hareketle belirlenmiştir.

3.8.3 Derin Sinir Ağı Sınıflandırmasına Yönelik Analizler

Bu başlık altında yer verilen analizin amacı, çoktan seçmeli sorular üzerinden öğrenci cevaplarının sayısal analizi doğrultusunda derin sinir ağı sınıflandırma durumlarının değerlendirmesini yapabilmektir. Bu doğrultuda, EKÖDT'de yer alan soru gruplarına ilişkin elde edilen veriler kullanılmıştır. Öğretmen adaylarının her bir soru grubunda yer alan test maddelerine ilişkin modellerini yapay zekâ ile tahmin etmek ve

sınıflandırmak için Python (ver. 3.9) programlama dili kullanılmıştır. Python iyi yapılandırılmış, güçlü bir programlama dilidir (Bao vd., 2022; Li ve Wang, 2022; Smith, 2020; Srinath, 2017). Python dilinin sahip olduğu modüller ile temel matematik fonksiyonlarından aralıklı matrislere, simetrik olmayan matrislerin öz değer analizlerinden, sıralama, sınıflandırma, kümeleme, tahmin işlemlerine kadar ve daha birçok matematiksel ve bilimsel hesaplamalar yapılabilmekte (URL-7; URL-8) ve yapılan bu hesaplamalar gelişmiş grafiklerle (Milano, 2013) ifade edilebilmektedir. Günümüzde Python'un akademik ve bilimsel çalışmalarda, teknoloji alanında, ileri derecede teknoloji kullanan ve bu doğrultuda teknolojiyi şekillendiren şirketlerde yaygın olarak kullanılması ve üniversitelerde popüler programlama dersi olarak okutuluyor olması, Python'un popüler ve tutulan bir dil olduğunun kanıtı olarak ifade edilebilir (Ayvaz vd., 2016).

Python programlama dilinin önemli özelliklerinden birisi de mevcut kütüphaneleridir. İşlemlerimizi yapmak için uygulamamızda veri seti ile ilgili işlemler yapmak için Python (3.9.7) programlama dilinin Pandas (v.1.3.4) kütüphanesi, sayısal işlemler için Numpy (v.1.20.3) kütüphanesi ve derin öğrenme işlemleri için tasarlanan Keras (v.2.8.0) ve Tensorflow (v.2.8.0) kütüphaneleri kullanılmıştır. Gerekli kurulum işlemlerinin hızlı tamamlanması kodların yazımı, derlenmesi veri setleri ve sonuçların görüntülenmesi adına Anaconda Navigator (v.2.3.2) programı ile birlikte Spyder (v.5.1.5) editörü kullanılmıştır. Yapay zekâ ile tahmin etme konusunda Keras ve Tensorflow Kütüphaneleri kullanılarak DSA modelleri oluşturulmuştur.

DSA modeli tasarlanırken ilk olarak gizli katmanların ve bu gizli katmanlardaki nöron sayıları tespit edilmiştir. DSA'larda gizli katmanlardaki nöronların sayısı, sınıflandırma doğruluğu anlamında çok önemli bir yere sahip olduğundan dolayı gizli katman ve katmanlardaki nöronların sayılarının belirlenmesinde farklı modeller denenmiştir. Bu denemelerde 16, 32, 48 ve 64 nörona sahip 4 gizli katmanlı model geliştirilmiştir. DSA modelinin giriş katmanındaki nöronlar, soru grubundaki test maddelerine karşılık gelmektedir. Bunun yanı sıra DSA modelinin çıkış nöronları TZM'leri temsil etmektedir.

3.8.3.1 DSA modellerinin eğitilmesi

DSA modellerinin eğitiminde “aktivasyon fonksiyonu”, “optimizasyon algoritması”, “kayıp fonksiyonu” ve “epok” parametrenin belirlenmesi önemlidir (Karacı, 2020a, Putatunda, 2020). Bu bağlamda DSA modeli olası aktivasyon fonksiyonlarının, optimizasyon algoritmalarının ve kayıp fonksiyonlarının farklı eşleştirmeleri kullanılarak eğitilmiştir. Bununla birlikte farklı epok değerleri sınanarak en başarılı sınıflandırma performansı oluşturan parametreler tespitine çalışılmıştır. Bu doğrultuda çalışmada, veri seti dışarıda tutma tekniği kullanılarak %70’i eğitim ve %30’u test verisi olarak ayrılmıştır. Öncelikle veri seti, %70 ve %30 oranlarında seçkisiz (Karacı, 2022) olarak bölünmüştür. Verilerin %70’i (247 veri) DSA modelini eğitmek için kullanılmış olup %30’u (107 veri) modelin testi için kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu, optimizasyon algoritması, kayıp fonksiyonu ve epok parametreleri DSA modelinin eğitiminde belirlenmesi gerekli ve önemli unsurlardır. DSA modeli olası aktivasyon ve kayıp fonksiyonları ile optimizasyon algoritmalarının çeşitli eşleştirmeleri kullanılarak eğitilmiştir. En iyi sınıflandırma performansı gösteren parametrelerin belirlenmesi için farklı epok değerleri denenmiştir.

An vd., (2018)’e göre optimizasyon algoritması DSA eğitiminin temel bileşeni olup derin bir modelin parametrelerinin nasıl güncellendiğini tanımlamaktadır. Bunun yanında Schmidhuber (2015) öğrenme algoritmasının seçiminin aktivasyon fonksiyonunun seçiminden daha fazla önem arz ettiğini ifade etmektedir.

Bu bağlamda DSA’nın eğitiminde Adam, Adadelta, Sgd, RMSprop, Adamax ve Nadam optimizasyon algoritmaları denenmiş ve en başarılı performans sunan Adam ve Adamax optimizasyon algoritmalarına ait bulgular bu bölümde sunulmuştur.

Kayıp fonksiyonu başarıyla kurgulanmış bir ağ modelinin niteliğini yansıtmaktadır. Kızrak ve Bolata (2018) kayıp fonksiyon değerinin farklı optimizasyon yöntemleriyle 0’a yaklaşması beklendiğini belirtmiştir. Karacı (2020a)’ya göre en başarılı sınıflandırma performansına ulaşılması için DSA’nın eğitiminde farklı kayıp fonksiyonlarının kullanılması gerekmektedir. Bundan dolayı DSA eğitiminde Categorical crossentropy kayıp fonksiyonu benimsenmiştir.

Modellerin sınıflandırma performanslarının tanınmasında karmaşıklık matrislerinden; karşılaştırılmasında ise F-1 puanı, kesinlik (precision -P), hassasiyet (Recall-R) ve doğruluk (accuracy-ACC) metriklerinden faydalanılmıştır.

3.8.3.2 Sınıflandırma performans metrikleri

Karmaşıklık Matrisi

Karmaşıklık matrisi (Confusion Matrix), sınıflandırma performansını tanımlamak için sıklıkla kullanılan (Kulkarni vd., 2020; Pearce ve Ferrier, 2000; Yiğit, 2021) ve yapılan sınıflandırmanın performansını görsel olarak sunan çok popüler bir matristir (Stehman, 1997).

Tablo 3.15'te yer alan Karmaşıklık matrisi bir sınıflandırma problemine ait gerçekleşen ve tahmin edilen değerleri göstermektedir.

Tablo 3.15 Karmaşıklık matrisi tablosu

		Modelin Tahmin Ettiği Değer (Predicted Value)	
		Negatif (N)	Pozitif (P)
Gerçek Değer (Actual Value)	Negatif (N)	Doğru Negatif (TN)	Yanlış Pozitif (FP)
	Pozitif (P)	Yanlış Negatif (FN)	Doğru Pozitif (TP)

Karmaşıklık matrisleri, tahmin edilen ve gerçek/doğru sayıları temsil eder. Sınıflandırma tahminleri şu dört değerlendirmeden birine sahip olur.

- i. Doğrunun doğru olarak ifadesi (True Positive – TP) (Doğru)
- ii. Doğrunun yanlış olarak ifadesi (False Positive – FN) (Yanlış)
- iii. Yanlışın yanlış olarak ifadesi (True Negative – TN) (Doğru)
- iv. Yanlışın doğru olarak ifadesi (False Negative – FP) (Yanlış)

Benzer şekilde, hipotez testlerinde var olan Tip I ve Tip II hatalar (Zuur vd., 2010), FN ve FP ile örtüşmektedir.

Doğruluk (Accuracy–ACC)

Sınıflandırma yapılırken en sık kullanılan metriklerden biri doğruluktur. Doğru tahminlerin sayısının, tüm tahminlerin sayısına oranıdır. Karmaşıklık matrisinden faydalanılarak bir modelin doğruluğu aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır (Van Rijsbergen, 1979; Sokolova ve Lapalme, 2009).

$$\text{Doğruluk} = \frac{|TP| + |TN|}{|TP| + |TN| + |FP| + |FN|} \quad (3.8)$$

Kesinlik (Precision–P)

Pozitif belirleme ya da tahminlerin ne ölçüde doğru olduğunu ifade etmektedir (Eschner vd., 2018). Aşağıdaki formülle hesaplanır. (Van Rijsbergen, 1979; Sokolova ve Lapalme, 2009)

$$\text{Kesinlik (P)} = \frac{|TP|}{|TP| + |FP|} \quad (3.9)$$

Hassasiyet (Recall– Sensitivity)

Recall, modelin beklentileri doğrultusunda kaç tane doğru sonucun alındığını, diğer bir ifadeyle gerçek pozitiflerin ne ölçüde doğru belirlendiğini ya da tahmin edildiğini (Eschner vd., 2018) ifade eder. Aşağıdaki formülle hesaplanır (Sokolova ve Lapalme, 2009; Van Rijsbergen, 1979).

$$\text{Hassasiyet (R)} = \frac{|TP|}{|TP| + |FN|} \quad (3.10)$$

Recall ve Precision metriklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bir örnek verilecek olunursa; örneğin, enerji çeşitlerine ilişkin olarak gerçek verilerin 100 adeti BBM’e ait olsun. Makine öğrenmesi modeli 60 adet veriyi BBM olarak sınıflandırır ve bunlardan 40 tanesi gerçekten BBM (true positive), geriye kalanları TZKM ve TBOM’e (false positive) ait olursa precision=40/60, recall=40/100 olarak hesaplanabilir.

F–Score (F–1 score/ F–measure)

F–skoru, precision ve recall metriklerinin harmonic ortalaması olup değerinin 1’e yaklaşması, modelin sınıflandırma performansının yüksek olduğu anlamına gelmektedir (Sasaki 2007; Prasetijo vd., 2017; Paixão vd., 2018). Dengesiz veriler üzerinde oldukça faydalıdır. F–skoru ne kadar büyükse o kadar doğru tahminleme yapılıyor denebilir (Yiğit, 2021). F-skoru, aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (Sokolova ve Lapalme, 2009).

$$F1 = \frac{2 * (\text{precision} * \text{recall})}{(\text{precision} + \text{recall})} \quad (3.11)$$

Precision ve recall metriklerinin uyumlu olmaması durumunda accuracy (ACC) metriği anlamlı olamayacağından (Prasetijo vd., 2017) hareketle hangi modelin daha başarılı sınıflandırma yeteneğine sahip olduğunu anlamak amacıyla ilk olarak F–1 puanını dikkate almıştır. Bununla birlikte sınıflama performansının değerlendirmesinde precision ve recall metrikleri sıklıkla kullanılmaktadır (Fawcett, 2006).

3.8.3.3 Optimizasyon algoritması

Optimizasyon, en uygun hale getirmek anlamına gelmektedir. Optimizerler, DSA eğitiminin anahtar bileşenler olup derin bir modelin milyonlarca hatta milyarlarca parametresinin nasıl güncellendiğini tanımlarlar (An vd., 2018). DSA’nın oluşturacağı tahmin değeri ile gerçek değer arasında oluşabilecek farkı yani hatayı minimize etmek amacıyla optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Derin öğrenme uygulamalarında öğrenme işlemi, genel olarak bir optimizasyon problemi şeklinde ifade edilmektedir (URL-9). Derin öğrenmenin temel amacı insan faktörünün en aza indirilmesi (Terzi vd., 2022) ve öğrenme performansının artırılması amacıyla giriş verilerinin dönüştürülmesinin sağlanması ve öğrenme algoritmasını işletilmesidir (Yalçın, 2015). Makine öğrenmesinde hata oranının minimum düzeyde olması kapsamında sıklıkla kullanılan 6 optimizasyon yöntemi (SGD, Nadam, Adagrad, RMSProp, Adadelat ve Adam) bulunmaktadır (Bosch vd., 2007; Cebeci, 2020; Frome vd., 2007; Fortuner, 2019; Seyyarer vd., 2020). Optimizasyon basamaklar halinde işletilmektedir. Bu

süreçte işletilen her bir adım miktarı öğrenme katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Optimizasyon algoritmalarında öğrenme katsayısı için en uygun değerin seçilmesi modelin eğitiminde kritik bir rol oynamaktadır (Ser ve Bati, 2019). Öğrenme katsayısının küçük olması çözüm sürecinin uzamasına, büyük olması ise minimum noktanın fark edilememesine sebep olabilmektedir (Seyyarer vd., 2020). Optimizer seçimi Accuracy değerinin değişimini etkileyebildiğinden (Bayraktar, 2018) üzerinde durulması gereken önemli bir husustur.

3.8.3.4 Aktivasyon fonksiyonu

Wang vd. (2018a) aktivasyon fonksiyonunun, sinir ağlarının önemli bir bileşeni olduğunu ifade etmektedir. Bu fonksiyon, biyolojik nöronun cevap durumunu belirlemek ve nöron çıkışını elde etmek amacıyla kullanılır (Ding vd., 2018). Aktivasyon fonksiyonları çok katmanlı yapay sinir ağlarında doğrusal olmayan dönüşüm işlemlerinde kullanılmaktadır (URL-10). Sigmoid, Tanh, ReLU, Leaky ReLU, Softmax ve Elu gibi birçok aktivasyon fonksiyonu bulunmaktadır. Wang vd. (2018a)'ne göre çıkış nöronlarında Softmax aktivasyon fonksiyonunun kullanılması çok daha verimlidir. Diğer aktivasyon fonksiyonlarının çıkış nöronlarında düşük performans göstermeleri nedeniyle bu çalışmada softmax aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Ayrıca DSA'nın eğitiminde gizli katmanlarda Linear, Softsign, Sigmoid, ReLU ve Softplus gibi aktivasyon fonksiyonları test edilmiş ve yüksek performansından ötürü ReLU fonksiyonunun kullanımı benimsenmiştir. ReLU aktivasyon fonksiyonunda, tüm nöronlar aynı anda etkinleştirilmediğinden, bir seferde belirli sayıda nöron etkinleştirildiğinden dolayı ReLU, diğer fonksiyonlara göre daha verimlidir (Dang vd., 2022; Hong vd., 2022; Sharma vd., 2020) ve günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır (Butt vd., 2022; Dang vd., 2022; He, 2022; Zhang vd., 2022).

Kayıp Fonksiyonu

Kayıp fonksiyonu başarılı bir biçimde tasarlanmış bir DSA modelinin başarımlar düzeyini ortaya koymaktadır (Karacı, 2020a). Bu fonksiyonun değerinin uygun optimizasyon teknikleri kullanılarak sıfıra yaklaşması hedeflenmektedir (Kızrak ve Bolat, 2018). DSA'nın eğitiminde farklı kayıp fonksiyonlarının kullanılması, en

başarılı sınıflandırma performansının elde edilmesi anlamında önemli bir yere sahiptir (Karacı, 2020a). Bu kapsamda DSA eğitiminde Categorical crossentropy, Mean absolute error, Mean square error kayıp fonksiyonları kullanılmıştır.

Epok Sayısı Seçimi

DSA modeli eğitimde verilerin belli sayıda parçalara ayrılmak suretiyle eğitime alınır. İlk parça eğitilerek model performansı test edilir. Performansa göre geriye yayılım (backpropagation) ile ağırlıklar yeniden yapılandırılır. Ardından yeni eğitim kümesi ile model tekrar eğitilip ağırlıklar tekrar güncellenir. Bu süreç her bir eğitim basamağında tekrarlanır ve modelin en uygun ağırlık değerine ulaşılması sağlanır. Bu eğitim adımlarının her birisi “epok” olarak adlandırılmaktadır. Farklı epok değerleri denenerek en iyi sınıflandırma performansını veren parametreler tespit edilmeye çalışılmaktadır. Derin öğrenmede problemi çözecek en uygun değerler kademeli olarak hesaplandığı için ilk epok’larda performans düşük olabilmektedir.

Çalışmaya konu olan enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumuna ilişkin olarak derin sinir ağı modellemesinde kullanılan nöron sayıları, katman sayıları, aktivasyon fonksiyonları, öğrenme döngüsü ve kayıp fonksiyonları ve kullanılan optimizasyon yöntemleri aşağıda belirtilmiştir. Bu doğrultuda 3 farklı model oluşturularak sınıflandırma yapılmıştır. Enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin DSA modelinin gerek oluşturulması gerekse eğitilmesinde kullanılan parametreler Tablo 3.16’da yer almaktadır.

Tablo 3.16 Enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin DSA modelinin parametreleri

Parametreler	Değerler
Giriş katmanı nöron sayısı	10
Gizli katman sayısı	4
Gizli katman-1’deki nöron sayısı	16
Gizli katman-2’deki nöron sayısı	32
Gizli katman-3’deki nöron sayısı	48
Gizli katman-4’deki nöron sayısı	64
Çıkış katmanındaki nöron sayısı	3
Gizli katmanların aktivasyon fonksiyonları	ReLU
Çıkış katmanı aktivasyon fonksiyonu	Softmax
Öğrenme Döngüsü	200 Epok
Kayıp Fonksiyonları	Categorical crossentropy
Öğrenme Algoritmaları (Optimizers)	Adam

Enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin DSA modelinin gerek oluşturulması gerekse eğitilmesinde kullanılan parametreler Tablo 3.17’de yer almaktadır.

Tablo 3.17 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin DSA modelinin parametreleri

Parametreler	Değerler
Giriş katmanı nöron sayısı	7
Gizli katman sayısı	4
Gizli katman-1’deki nöron sayısı	16
Gizli katman-2’deki nöron sayısı	32
Gizli katman-3’deki nöron sayısı	48
Gizli katman-4’deki nöron sayısı	64
Çıkış katmanındaki nöron sayısı	3
Gizli katmanların aktivasyon fonksiyonları	ReLU
Çıkış katmanı aktivasyon fonksiyonu	Softmax
Öğrenme Döngüsü	200 Epok
Kayıp Fonksiyonları	Categorical crossentropy
Öğrenme Algoritmaları (Optimizers)	Adamax

Enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin DSA modelinin gerek oluşturulması gerekse eğitilmesinde kullanılan parametreler Tablo 3.18’de yer almaktadır.

Tablo 3.18 Enerjinin korunumu soru grubuna ilişkin DSA modelinin parametreleri

Parametreler	Değerler
Giriş katmanı nöron sayısı	5
Gizli katman sayısı	4
Gizli katman-1’deki nöron sayısı	16
Gizli katman-2’deki nöron sayısı	32
Gizli katman-3’deki nöron sayısı	48
Gizli katman-4’deki nöron sayısı	64
Çıkış katmanındaki nöron sayısı	3
Gizli katmanların aktivasyon fonksiyonları	ReLU
Çıkış katmanı aktivasyon fonksiyonu	Softmax
Öğrenme Döngüsü	200 Epok
Kayıp Fonksiyonları	Categorical crossentropy
Öğrenme Algoritmaları (Optimizers)	Adam

Bir sonraki bölümde bulgulara yer verilmektedir.

4. BULGULAR

Araştırmanın problem ve alt problemleri doğrultusunda elde edilen bulgular bu bölümde yer almaktadır. Yapılan analizlerle paralel şekilde öncelikle skor, yoğunlaşma faktörü ve yoğunluk sapmalarının bulunduğu sınıflandırmalar ve grafikler sunulmaktadır. Sonrasında, öğretmen adaylarının TZM durumları matrislerle sunulmuştur. Bu esnada öncelikle öğretmen adaylarının bireysel sonuçları verilmiş ve devamında tüm katılımcıların TZM eğilimi aktarılmıştır. Son olarak ise elde edilen verilerden yola çıkarak yapay zekâ modellemesi kapsamında derin sinir ağı kullanılarak modelleme oluşturulmuştur. Modellerin performansları, test verilerine ait doğruluk (test accuracy) ve hata değerlerine (test loss) göre irdelenmiştir.

4.1 Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Sınıflandırılması

Öğretmen adaylarının EKÖDT uygulamasında verdikleri cevaplarının yoğunlaşma analizi sonuçları, yoğunlaşma faktörü (C) ve skoru (S) açısından Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Öğretmen adaylarının skor ve yoğunlaşma faktörü ile elde edilen öğrenme durumları

Soru	S	C	Desen (S – C)*
1	0,71	0,51	YY
2	0,58	0,32	OO
3	0,31	0,22	DO
4	0,69	0,48	OO
5	0,67	0,44	OO
6	0,74	0,55	YY
7	0,65	0,41	OO
8	0,60	0,35	OO
9	0,67	0,44	OO
10	0,52	0,24	OO
11	0,61	0,36	OO
12	0,63	0,39	OO
13	0,46	0,19	OD
14	0,49	0,21	OO
15	0,65	0,42	OO
16	0,45	0,18	OD
17	0,37	0,10	DD
18	0,46	0,16	OD

Tablo 4.1'in devamı

19	0,50	0,22	OO
20	0,50	0,24	OO
21	0,40	0,07	OD
22	0,62	0,37	OO

*D: Düşük, O: Orta, Y: Yüksek

Tablo 4.1'de EKÖDT'deki 22 soru için oluşturulmuş olan S, C değerleri ve desen kodlamaları yer almaktadır. Tablodan S – C sınıflandırılması incelendiğinde, öğretmen adaylarına ait cevapların beş kategoride gruplandığı görülmektedir. Öğretmen adaylarının 14 soruda OO, dört soruda OD, 2 soruda YY, 1 soruda DO ve 1 soruda DD tipinde dağılımı olduğu anlaşılmaktadır. Buradan, -seçeneklerden birisi doğru cevap olmak üzere- adayların iki seçenek üzerinde yoğunlaşmış oldukları anlaşılmaktadır. DO tipine ait bir soru (3. soru) ve DD tipinin olduğu bir soru (17. soru) belirlenmiştir.

S – C sınıflandırmasının hangi soruları kapsadığını ve yüzdelikleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Soruların S – C desenleri

Desen (S – C)	Soru No	%
DD	17	4,55
DY	-	0
YY	1, 6	9,09
DO	3	4,55
OO	2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 19, 20, 22	63,64
OD	13, 16, 18, 21	18,18

Tablo 4.2'den EKÖDT'deki öğretmen adaylarının cevaplarının yaklaşık %9,09'u uzman nitelik durumunda yani yüksek yoğunlaşma ile yüksek puanların olduğu (YY) anlaşılmaktadır. Cevapların %63,64'ü orta yoğunlaşmayla birlikte orta puanları (OO); %4,55'i orta yoğunlaşmayla birlikte düşük puanları belirtirken (DO); öğretmen adaylarının rastgele cevaplar verdikleri düşük yoğunlaşmayla birlikte düşük puanların (DD) %4,55; orta seviye puanlarla birlikte düşük yoğunlaşma içeren soruların oranının (OD) %18,18 olduğu görülmektedir.

Öğretmen adaylarının EKÖDT uygulamasında verdikleri cevapların skor (S) ve yoğunluk sapması (Γ) bakımından elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.3’de sunulmuştur.

Tablo 4.3 Öğretmen adaylarının skor ve yoğunluk sapmalarını ile elde edilen öğrenme durumları

Soru	S	Γ	Nitelik (S – Γ)
1	0,71	0,11	YD
2	0,58	0,08	OD
3	0,31	0,38	DO
4	0,69	0,16	OD
5	0,67	0,05	OD
6	0,74	0,05	YD
7	0,65	0,03	OD
8	0,60	0,12	OD
9	0,67	0,02	OD
10	0,52	0,09	OD
11	0,61	0,09	OD
12	0,63	0,02	OD
13	0,46	0,15	OD
14	0,49	0,09	OD
15	0,65	0,14	OD
16	0,45	0,14	OD
17	0,37	0,09	DD
18	0,46	0,01	OD
19	0,50	0,08	OD
20	0,50	0,18	OD
21	0,40	0,01	OD
22	0,62	0,05	OD

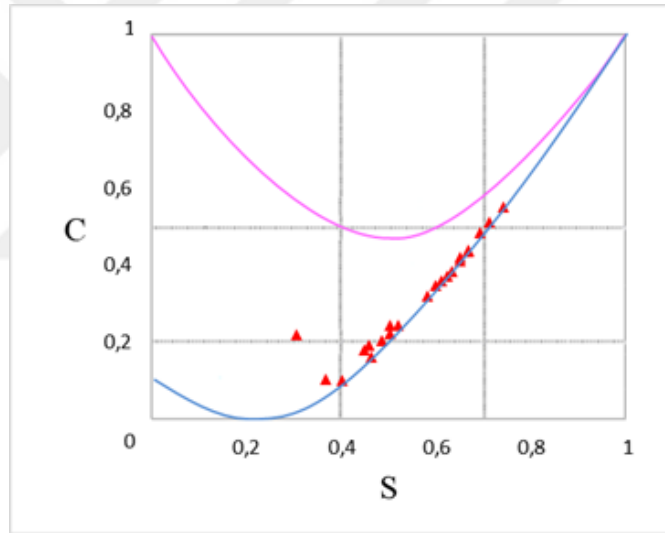
Tablo 4.3’te S – Γ sınıflandırılması incelendiğinde, öğretmen adaylarının cevaplarının dört kategoride gruplandığı görülmektedir. Sorularda yaygın olarak (18 soruda) öğretmen adaylarının OD tipinde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 1 soruda (17.soru) DD tipi, 1 soruda (3.soru) DO ve 2 soruda (1 ve 6. sorular) YD tipi bulunmaktadır. Oransal anlamda incelendiğinde öğretmen adaylarının rastgele cevaplar (DD) verdikleri soruların %4,55 olduğu, düşük puanları ve orta yoğunlaşmayı (DO) içeren cevapların %4,55 olduğu, orta seviye puanlarla birlikte düşük yoğunlaşma içeren soruların (OD) oranının %81,82 olduğu ve cevapların %9,09’unun yüksek performans ve düşük yoğunluk (YD) durumunda yer aldığı belirlenmiştir.

4.1.1 Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Grafik Sunumları

Elde edilen verilerin okunabilirliğini kolaylaştırmak için $S - C$ ve $S - \Gamma$ grafikleri kullanılmıştır. EKÖDT'ye verilen cevaplar doğrultusunda elde edilen bu veriler, ortalama ve değişimi gösterecek şekilde grafikler üzerinde simgeler ve işaretler kullanılarak sunulmuştur.

4.1.2 $S - C$ Grafik Analizleri

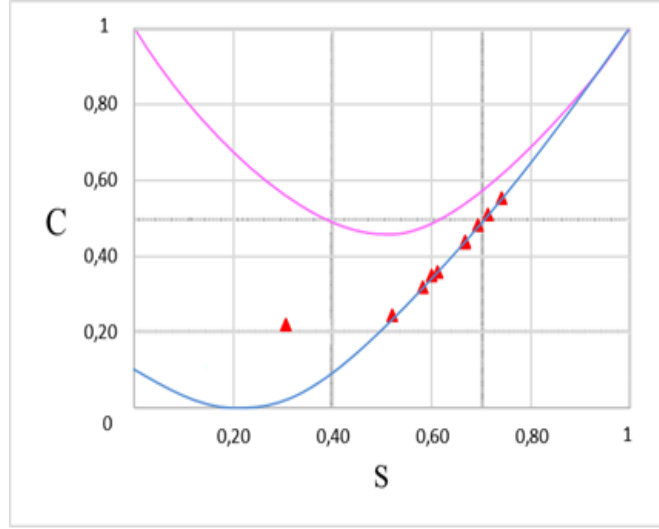
Öğretmen adaylarının EKÖDT uygulamasında verdikleri cevapların yoğunlaşma faktörü ve skoru açısından grafiklerle gösterimi aşağıda sunulmuştur.



Grafik 4.1 EKÖDT'deki 22 soruya yönelik $S - C$ grafiği

Grafik 4.1 incelendiğinde, öğretmen adaylarının cevaplarının çoğunlukla OO bölgesinde yoğunlaştığı, bunu DO, DD ve YY bölgelerindeki yoğunlaşmaların takip ettiği görülmektedir. Bu anlamda öğretmen adaylarının kavrama ilişkin iyi sonuçlar gösterdikleri belirlenmiştir.

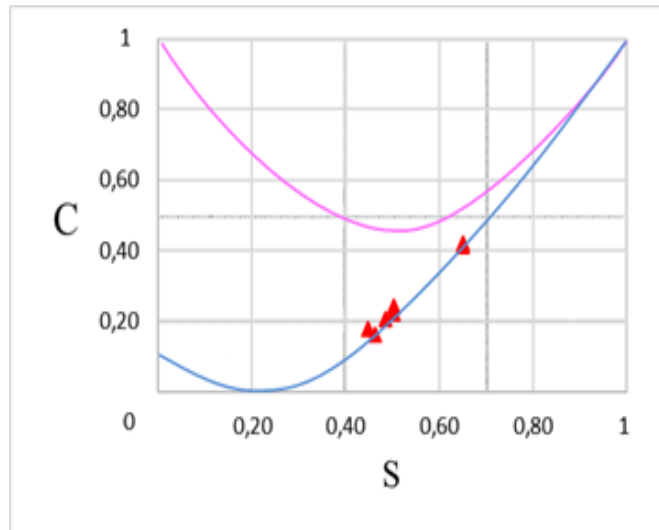
Alt kavram gruplarında (enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumu) yer alan soruların öğretmen adaylarının durumlarındaki detaylı incelemesi aşağıdaki grafiklerde ayrıntılı şekilde sunulmuştur. Enerji çeşitleri soru grubuna (10 soru) verilen cevaplara yönelik $S - C$ değişimini gösteren grafiğe aşağıda yer verilmiştir.



Grafik 4.2 Enerji çeşitleri soru grubuna ait S – C grafiği

Grafik 4.2 incelendiğinde, öğretmen adaylarının test puanlarının OO bölgesinde yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra öğretmen adaylarının iki soruda iki eğim çizgisinin birleştiği noktalara yakın olan YY bölgesinde performans sergiledikleri anlaşılmaktadır. Test uygulamasına göre S – C grafiği sırasıyla DD bölgesinde 1 soru (3.soru), OO bölgesinde 7 soru (2., 3., 4., 5., 8., 9., 10. ve 11. sorular) ve YY bölgesinde 2 soru (1. ve 6. sorular) olarak tespit edilmiştir. 3. soruda öğretmen adaylarının DD deseninde kalmaları ortalamayı olumsuz anlamda etkilemiştir.

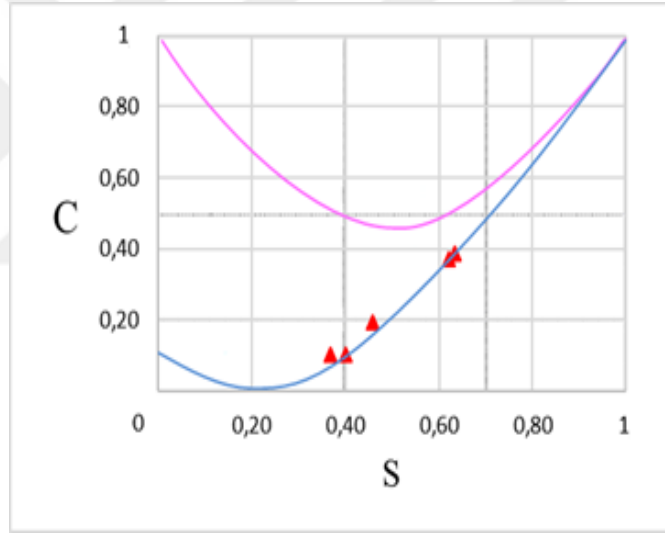
Enerji dönüşümü soru grubuna (7 soru) verilen cevaplara yönelik S – C değişimini gösteren grafiğe aşağıda yer verilmiştir.



Grafik 4.3 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait S – C grafiği

Grafik 4.3 incelendiğinde, öğretmen adaylarının test puanlarının OO bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra öğretmen adaylarının iki soruda iki eğim çizgisinin birleştiği noktalara yakın olan YY bölgesinde performans sergileyemedikleri anlaşılmaktadır. Test uygulamasına göre S – C grafiği enerjinin dönüşümü soru grubunda yer alan tüm 7 sorunun (7., 14., 15., 16., 18., 19. ve 20. sorular) OO bölgesinde yer aldığı belirlenmiştir. Bu bölgede yer alan 7. sorunun S – C puanının, diğer sorulardan daha fazla olduğu görülmektedir. Bu anlamda öğretmen adaylarının enerjinin dönüşümü konularına ilişkin iyi performans gösteremedikleri tespit edilmiştir.

Enerji korunumu soru grubuna (5 soru) verilen cevaplara yönelik S – C değişimini gösteren grafiğe aşağıda yer verilmiştir.

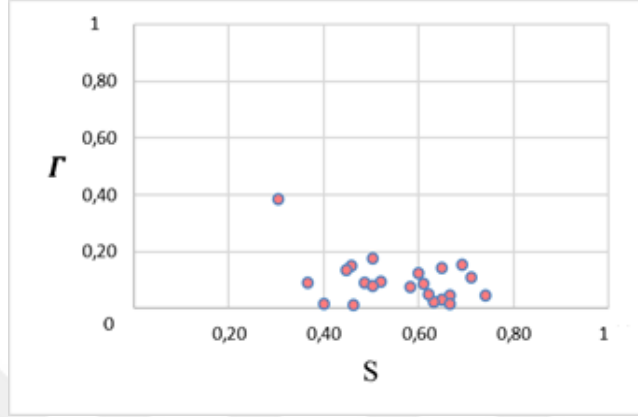


Grafik 4.4 Enerjinin korunumu soru grubuna ait S – C grafiği

Grafik 4.4 incelendiğinde, öğretmen adaylarının test puanlarının OO ve DD bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra öğretmen adaylarının iki eğim çizgisinin birleştiği noktalara yakın olan YY bölgesinde performans sergileyemedikleri anlaşılmaktadır. Test uygulamasına göre S – C grafiği sırasıyla OO bölgesinde 3 soru (12., 13. ve 22. sorular) ve DD bölgesinde 2 soru (17. ve 21. sorular) olarak tespit edilmiştir. Bu anlamda öğretmen adaylarının enerjinin korunumu konularına ilişkin iyi performans gösteremedikleri tespit edilmiştir.

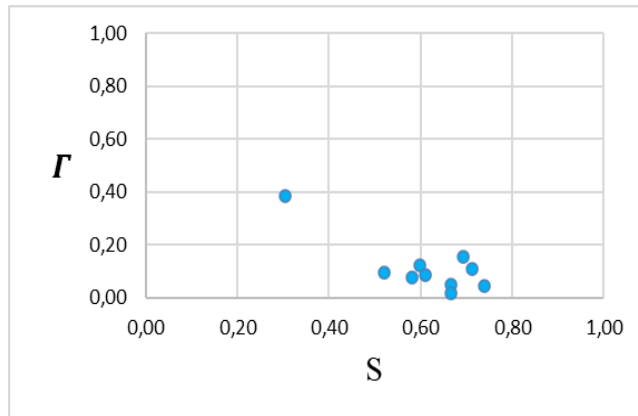
4.1.3 S – Γ Grafik Analizleri

Öğretmen adaylarının EKÖDT uygulamasında verdikleri cevapların yoğunluk sapması ve skoru açısından grafikte gösterimi aşağıda sunulmuştur.



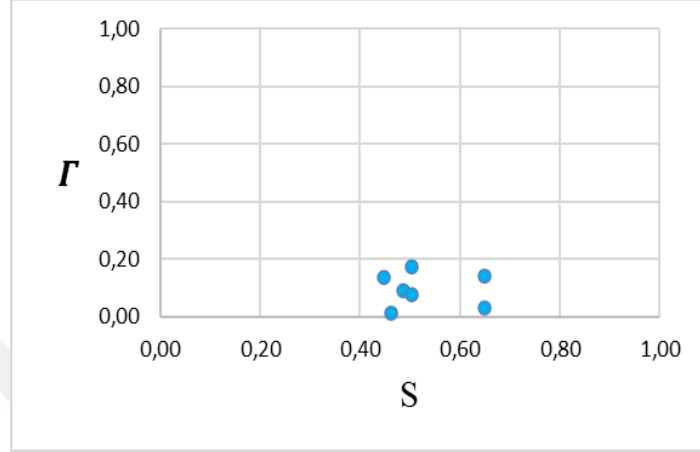
Grafik 4.5 EKÖDT’deki 22 soruya yönelik S – Γ grafiği

Grafik 4.5’te öğretmen adaylarının tüm test sorularına ilişkin vermiş oldukları cevaplara ait dağılım incelendiğinde, elde edilen S değerlerinin çoğunlukla O kategorisine yer aldığı, bununla birlikte D ve Y kategorilerinde de dağılım gerçekleştiği görülmektedir. Γ değerleri bakımından cevapların çoğunlukla D kategorisinde bulunduğu, 1 soruda (3.soru) ise O kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Uygulama verilerinden elde edilen çoğunlukla düşük ve orta Γ ’lerle birlikte orta puanların çoğunlukta olduğu ve düşük ve yüksek puanların da yer aldığı belirlenmiştir.



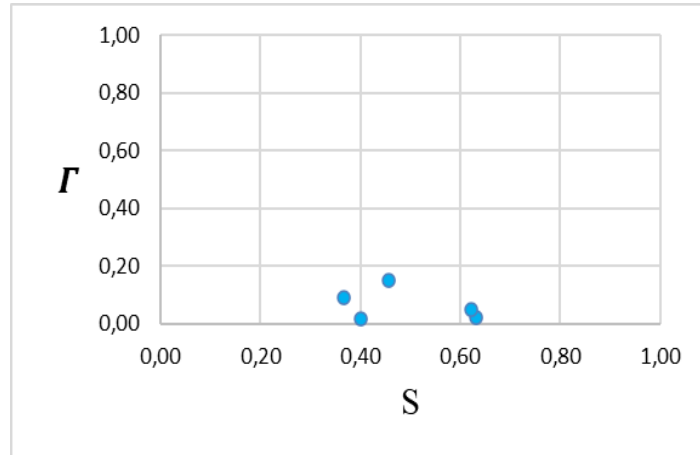
Grafik 4.6 Enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin S – Γ değişim grafiği

Grafik 4.6 incelendiğinde enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin öğretmen adaylarının S değerlerinin çoğunlukla O seviyesinde olmakla birlikte Y seviyesinde de cevapların bulunduğu görülmektedir. Γ değerleri bakımından cevapların çoğunlukla D kategorisinde bulunduğu, 1 soruda (3.soru) ise O kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir.



Grafik 4.7 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin S – Γ değişim grafiği

Grafik 4.7 incelendiğinde enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin öğretmen adaylarının cevaplarının S değerleri bakımından tamamının O kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Γ değerleri bakımından cevapların tamamının D kategorisinde bulunduğu görülmektedir.



Grafik 4.8 Enerjinin korunumu soru grubuna ilişkin S – Γ değişim grafiği

Grafik 4.8 incelendiğinde enerjinin korunumu soru grubuna soru grubuna ilişkin öğretmen adaylarının cevaplarının S değerleri bakımından 1 soru (17.soru) D kategorisinde yer alırken diğer cevapların O kategorisinde yer aldığı görülmektedir.

Γ değeri bakımından cevapların tamamının D kategorisinde bulunduğu anlaşılmaktadır.

4.2 Öğretmen Adaylarının TZM'lerine Dair Bulgular

4.2.1 Öğretmen Adaylarına Ait Bireysel Olasılık Vektörleri

Her bir öğretmen adayının (N=354) tüm sorular için cevaplarının temel vektör bileşenleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Elde edilen temel vektör bileşenleri Tablo 4.4'te sunulmuştur.

Tablo 4.4 Farklı soru gruplarına ait öğretmen adaylarının vektörü bileşenleri

Öğretmen Adayı	Enerji Çeşitleri	Enerjinin Dönüşümü	Enerjinin Korunumu	Öğretmen Adayı	Enerji Çeşitleri	Enerjinin Dönüşümü	Enerjinin Korunumu
Ö1	(8 2 0)	(5 2 0)	(2 2 1)	Ö178	(6 2 2)	(2 4 1)	(3 1 1)
Ö2	(8 1 1)	(3 3 1)	(3 2 0)	Ö179	(2 8 0)	(0 5 2)	(0 4 1)
Ö3	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 1 1)	Ö180	(2 6 2)	(1 6 0)	(2 3 0)
Ö4	(6 2 2)	(3 2 2)	(5 0 0)	Ö181	(7 2 1)	(1 5 1)	(2 3 0)
Ö5	(3 7 0)	(1 6 0)	(1 4 0)	Ö182	(9 1 0)	(5 2 0)	(5 0 0)
Ö6	(2 6 2)	(0 2 5)	(0 1 4)	Ö183	(1 8 1)	(2 4 1)	(0 5 0)
Ö7	(8 2 0)	(5 2 0)	(4 1 0)	Ö184	(3 7 0)	(2 5 0)	(1 4 0)
Ö8	(4 4 2)	(5 2 0)	(3 2 0)	Ö185	(4 6 0)	(4 3 0)	(3 1 1)
Ö9	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö186	(7 2 1)	(5 1 1)	(3 2 0)
Ö10	(7 2 1)	(5 2 0)	(2 3 0)	Ö187	(4 0 6)	(0 6 1)	(2 3 0)
Ö11	(9 1 0)	(5 2 0)	(5 0 0)	Ö188	(1 6 3)	(2 4 1)	(1 4 0)
Ö12	(3 6 1)	(2 5 0)	(0 4 1)	Ö189	(8 1 1)	(2 3 2)	(1 4 0)
Ö13	(8 2 0)	(4 3 0)	(3 2 0)	Ö190	(1 6 3)	(4 1 2)	(3 0 2)
Ö14	(2 5 3)	(3 4 0)	(0 2 3)	Ö191	(8 2 0)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö15	(2 6 2)	(1 6 0)	(1 3 1)	Ö192	(5 4 1)	(4 3 0)	(1 4 0)
Ö16	(10 0 0)	(2 4 1)	(1 4 0)	Ö193	(7 2 1)	(1 5 1)	(2 3 0)
Ö17	(2 7 1)	(2 5 0)	(1 3 1)	Ö194	(7 2 1)	(2 5 0)	(2 3 0)
Ö18	(6 0 4)	(3 3 1)	(1 2 2)	Ö195	(3 3 4)	(2 2 3)	(0 3 2)
Ö19	(2 5 3)	(2 3 2)	(1 3 1)	Ö196	(4 4 2)	(6 1 0)	(1 4 0)
Ö20	(10 0 0)	(3 4 0)	(2 1 2)	Ö197	(4 5 1)	(1 6 0)	(1 2 2)
Ö21	(3 6 1)	(2 5 0)	(2 3 0)	Ö198	(9 1 0)	(5 2 0)	(4 0 1)
Ö22	(8 1 1)	(4 3 0)	(3 2 0)	Ö199	(6 4 0)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö23	(7 2 1)	(5 2 0)	(2 3 0)	Ö200	(6 3 1)	(5 2 0)	(4 1 0)
Ö24	(6 4 0)	(3 3 1)	(4 1 0)	Ö201	(5 3 2)	(3 3 1)	(3 2 0)
Ö25	(9 1 0)	(4 1 2)	(3 0 2)	Ö202	(4 4 2)	(3 3 1)	(13 1)
Ö26	(2 6 2)	(0 2 5)	(0 1 4)	Ö203	(5 2 3)	(1 3 3)	(0 5 0)
Ö27	(8 2 0)	(5 2 0)	(4 1 0)	Ö204	(9 1 0)	(6 1 0)	(50 0)
Ö28	(8 2 0)	(6 1 0)	(4 1 0)	Ö205	(8 1 1)	(2 1 4)	(2 3 0)

Tablo 4.4'ün devamı

Ö29	(3 6 1)	(2 3 2)	(1 3 1)	Ö206	(9 0 1)	(4 3 0)	(4 0 1)
Ö30	(6 0 4)	(3 3 1)	(1 2 2)	Ö207	(9 1 0)	(4 2 1)	(4 1 0)
Ö31	(7 1 2)	(3 3 1)	(2 3 0)	Ö208	(3 4 3)	(1 5 1)	(1 4 0)
Ö32	(10 0 0)	(2 4 1)	(1 4 0)	Ö209	(5 3 2)	(4 2 1)	(3 2 0)
Ö33	(7 3 0)	(4 3 0)	(2 3 0)	Ö210	(9 1 0)	(4 2 1)	(2 2 1)
Ö34	(5 3 2)	(3 3 1)	(3 2 0)	Ö211	(9 1 0)	(1 6 0)	(0 5 0)
Ö35	(9 1 0)	(5 2 0)	(5 0 0)	Ö212	(7 2 1)	(4 2 1)	(2 3 0)
Ö36	(5 4 1)	(4 3 0)	(1 4 0)	Ö213	(8 1 1)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö37	(10 0 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö214	(6 2 2)	(3 2 2)	(5 0 0)
Ö38	(9 1 0)	(4 3 0)	(4 1 0)	Ö215	(3 7 0)	(1 4 2)	(2 3 0)
Ö39	(7 1 2)	(2 4 1)	(0 3 2)	Ö216	(2 8 0)	(0 5 2)	(0 4 1)
Ö40	(2 5 3)	(3 4 0)	(0 2 3)	Ö217	(9 1 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö41	(8 2 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö218	(5 3 2)	(4 2 1)	(0 4 1)
Ö42	(9 1 0)	(6 1 0)	(5 0 0)	Ö219	(10 0 0)	(5 2 0)	(3 2 0)
Ö43	(4 5 1)	(1 6 0)	(1 2 2)	Ö220	(2 5 3)	(1 5 1)	(2 2 1)
Ö44	(1 6 3)	(3 3 1)	(0 3 2)	Ö221	(4 2 4)	(2 4 1)	(0 4 1)
Ö45	(8 1 1)	(6 0 1)	(4 1 0)	Ö222	(3 5 2)	(2 3 2)	(0 4 1)
Ö46	(10 0 0)	(5 2 0)	(2 2 1)	Ö223	(5 2 3)	(4 1 2)	(2 1 2)
Ö47	(7 2 1)	(3 3 1)	(3 1 1)	Ö224	(3 7 0)	(1 5 1)	(1 4 0)
Ö48	(7 1 2)	(2 4 1)	(0 3 2)	Ö225	(9 1 0)	(6 1 0)	(4 1 0)
Ö49	(5 3 2)	(4 2 1)	(0 4 1)	Ö226	(0 9 1)	(2 4 1)	(1 3 1)
Ö50	(9 1 0)	(6 1 0)	(5 0 0)	Ö227	(8 2 0)	(7 0 0)	(2 3 0)
Ö51	(6 2 2)	(2 4 1)	(3 1 1)	Ö228	(4 4 2)	(5 2 0)	(3 2 0)
Ö52	(2 5 3)	(1 5 1)	(2 2 1)	Ö229	(10 0 0)	(4 2 1)	(1 4 0)
Ö53	(7 2 1)	(5 2 0)	(2 3 0)	Ö230	(10 0 0)	(5 2 0)	(3 2 0)
Ö54	(0 9 1)	(2 4 1)	(1 3 1)	Ö231	(6 1 3)	(4 3 0)	(4 1 0)
Ö55	(7 2 1)	(5 2 0)	(2 3 0)	Ö232	(9 1 0)	(6 0 1)	(4 1 0)
Ö56	(1 7 2)	(1 6 0)	(2 3 0)	Ö233	(9 1 0)	(4 2 1)	(4 1 0)
Ö57	(4 6 0)	(3 4 0)	(2 3 0)	Ö234	(9 1 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö58	(9 1 0)	(7 0 0)	(5 0 0)	Ö235	(4 4 2)	(3 3 1)	(1 4 0)
Ö59	(0 7 3)	(1 6 0)	(1 2 2)	Ö236	(8 2 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö60	(8 2 0)	(5 2 0)	(2 2 1)	Ö237	(3 3 4)	(0 3 4)	(0 1 4)
Ö61	(5 5 0)	(6 1 0)	(3 0 2)	Ö238	(1 8 1)	(2 4 1)	(1 3 1)
Ö62	(4 5 1)	(0 5 2)	(0 3 2)	Ö239	(3 7 0)	(1 6 0)	(0 4 1)
Ö63	(6 3 1)	(5 0 2)	(3 2 0)	Ö240	(9 0 1)	(6 0 1)	(5 0 0)
Ö64	(6 1 3)	(4 3 0)	(4 1 0)	Ö241	(7 3 0)	(2 3 2)	(0 5 0)
Ö65	(8 2 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö242	(4 6 0)	(4 3 0)	(3 1 1)
Ö66	(4 0 6)	(0 6 1)	(2 3 0)	Ö243	(6 3 1)	(5 1 1)	(0 3 2)
Ö67	(9 1 0)	(6 0 1)	(4 1 0)	Ö244	(8 2 0)	(5 2 0)	(3 2 0)
Ö68	(9 1 0)	(7 0 0)	(3 1 1)	Ö245	(3 5 2)	(0 7 0)	(0 2 3)
Ö69	(9 0 1)	(6 0 1)	(5 0 0)	Ö246	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 1 1)
Ö70	(3 7 0)	(1 6 0)	(1 3 1)	Ö247	(7 1 2)	(3 3 1)	(2 3 0)
Ö71	(4 3 3)	(2 2 3)	(2 2 1)	Ö248	(3 6 1)	(2 5 0)	(0 4 1)
Ö72	(1 7 2)	(1 4 2)	(1 3 1)	Ö249	(8 1 1)	(7 0 0)	(4 1 0)
Ö73	(7 3 0)	(5 1 1)	(4 1 0)	Ö250	(1 8 1)	(1 5 1)	(0 4 1)
Ö74	(10 0 0)	(4 2 1)	(1 4 0)	Ö251	(3 5 2)	(2 3 2)	(0 4 1)
Ö75	(7 2 1)	(4 1 2)	(3 2 0)	Ö252	(5 5 0)	(6 1 0)	(3 0 2)

Tablo 4.4'ün devamı

Ö76	(8 1 1)	(3 3 1)	(3 2 0)	Ö253	(6 3 1)	(5 2 0)	(4 1 0)
Ö77	(3 4 3)	(2 5 0)	(0 4 1)	Ö254	(1 7 2)	(2 5 0)	(1 1 3)
Ö78	(7 3 0)	(5 2 0)	(4 1 0)	Ö255	(4 5 1)	(0 5 2)	(0 3 2)
Ö79	(10 0 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö256	(8 2 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö80	(7 2 1)	(2 5 0)	(2 3 0)	Ö257	(5 4 1)	(7 0 0)	(3 2 0)
Ö81	(8 1 1)	(2 1 4)	(2 3 0)	Ö258	(7 3 0)	(4 2 1)	(5 0 0)
Ö82	(8 2 0)	(6 1 0)	(4 0 1)	Ö259	(8 2 0)	(5 2 0)	(2 3 0)
Ö83	(6 2 2)	(1 5 1)	(2 2 1)	Ö260	(09 1)	(2 5 0)	(0 4 1)
Ö84	(1 7 2)	(1 4 2)	(1 3 1)	Ö261	(8 0 2)	(4 2 1)	(2 2 1)
Ö85	(7 2 1)	(4 3 0)	(3 2 0)	Ö262	(6 3 1)	(2 4 1)	(2 2 1)
Ö86	(4 4 2)	(6 1 0)	(1 4 0)	Ö263	(10 0 0)	(5 2 0)	(4 1 0)
Ö87	(8 2 0)	(6 1 0)	(4 1 0)	Ö264	(1 6 3)	(3 3 1)	(0 3 2)
Ö88	(2 7 1)	(1 4 2)	(0 5 0)	Ö265	(8 1 1)	(7 0 0)	(4 1 0)
Ö89	(8 2 0)	(6 1 0)	(5 0 0)	Ö266	(7 2 1)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö90	(7 3 0)	(2 3 2)	(0 5 0)	Ö267	(6 3 1)	(5 0 2)	(3 2 0)
Ö91	(9 1 0)	(5 2 0)	(5 0 0)	Ö268	(8 1 1)	(4 3 0)	(3 2 0)
Ö92	(9 1 0)	(5 2 0)	(5 0 0)	Ö269	(7 2 1)	(2 4 1)	(4 1 0)
Ö93	(0 9 1)	(1 5 1)	(1 4 0)	Ö270	(7 3 0)	(4 3 0)	(2 3 0)
Ö94	(2 5 3)	(1 5 1)	(0 4 1)	Ö271	(9 1 0)	(5 2 0)	(4 1 0)
Ö95	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö272	(4 6 0)	(2 4 1)	(3 1 1)
Ö96	(9 1 0)	(7 0 0)	(5 0 0)	Ö273	(1 5 4)	(1 4 2)	(0 4 1)
Ö97	(8 2 0)	(6 1 0)	(5 0 0)	Ö274	(4 4 2)	(3 3 1)	(1 4 0)
Ö98	(10 0 0)	(6 0 1)	(5 0 0)	Ö275	(2 7 1)	(1 4 2)	(0 5 0)
Ö99	(3 7 0)	(1 6 0)	(1 4 0)	Ö276	(6 2 2)	(1 5 1)	(2 2 1)
Ö100	(3 4 3)	(2 5 0)	(0 4 1)	Ö277	(0 7 3)	(1 6 0)	(12 2)
Ö101	(10 0 0)	(5 1 1)	(3 2 0)	Ö278	(2 6 2)	(0 6 1)	(2 3 0)
Ö102	(9 1 0)	(5 2 0)	(5 0 0)	Ö279	(8 2 0)	(6 1 0)	(3 2 0)
Ö103	(10 0 0)	(4 3 0)	(4 1 0)	Ö280	(9 1 0)	(5 2 0)	(4 0 1)
Ö104	(2 5 3)	(3 4 0)	(2 3 0)	Ö281	(1 5 4)	(1 5 1)	(0 4 1)
Ö105	(4 6 0)	(2 4 1)	(3 1 1)	Ö282	(2 6 2)	(1 6 0)	(1 3 1)
Ö106	(9 1 0)	(6 0 1)	(4 1 0)	Ö283	(2 6 2)	(1 6 0)	(2 3 0)
Ö107	(7 2 1)	(6 1 0)	(5 0 0)	Ö284	(1 5 4)	(0 6 1)	(1 4 0)
Ö108	(10 0 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö285	(10 0 0)	(5 0 2)	(3 0 2)
Ö109	(7 1 2)	(4 1 2)	(4 1 0)	Ö286	(10 0 0)	(6 1 0)	(4 1 0)
Ö110	(10 0 0)	(5 2 0)	(3 2 0)	Ö287	(3 7 0)	(1 5 1)	(1 4 0)
Ö111	(8 1 1)	(2 3 2)	(1 4 0)	Ö288	(1 8 1)	(1 5 1)	(2 1 2)
Ö112	(3 7 0)	(1 6 0)	(1 3 1)	Ö289	(1 5 4)	(0 6 1)	(1 4 0)
Ö113	(8 2 0)	(5 2 0)	(3 2 0)	Ö290	(10 0 0)	(5 2 0)	(5 0 0)
Ö114	(5 4 1)	(7 0 0)	(3 2 0)	Ö291	(6 3 1)	(2 4 1)	(2 2 1)
Ö115	(3 3 4)	(0 3 4)	(0 1 4)	Ö292	(10 0 0)	(3 4 0)	(2 1 2)
Ö116	(9 1 0)	(6 0 1)	(3 1 1)	Ö293	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 2 0)
Ö117	(9 1 0)	(5 2 0)	(4 1 0)	Ö294	(10 0 0)	(6 0 1)	(5 0 0)
Ö118	(5 2 3)	(1 3 3)	(0 5 0)	Ö295	(8 0 2)	(4 2 1)	(2 2 1)
Ö119	(3 6 1)	(2 5 0)	(2 3 0)	Ö296	(10 0 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö120	(4 3 3)	(2 2 3)	(2 2 1)	Ö297	(3 6 1)	(3 2 2)	(0 5 0)
Ö121	(8 2 0)	(4 3 0)	(2 3 0)	Ö298	(10 0 0)	(4 3 0)	(4 1 0)
Ö122	(10 0 0)	(6 1 0)	(32 0)	Ö299	(8 2 0)	(6 1 0)	(3 2 0)

Tablo 4.4'ün devamı

Ö123	(2 5 3)	(1 5 1)	(0 2 3)	Ö300	(7 2 1)	(4 1 2)	(3 2 0)
Ö124	(7 3 0)	(3 4 0)	(2 3 0)	Ö301	(6 4 0)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö125	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö302	(7 2 1)	(2 4 1)	(4 1 0)
Ö126	(7 2 1)	(3 3 1)	(3 1 1)	Ö303	(8 1 1)	(6 0 1)	(4 1 0)
Ö127	(9 1 0)	(7 0 0)	(4 1 0)	Ö304	(8 2 0)	(5 2 0)	(2 3 0)
Ö128	(7 3 0)	(5 1 1)	(4 1 0)	Ö305	(9 1 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö129	(9 1 0)	(6 1 0)	(4 1 0)	Ö306	(1 8 1)	(1 5 1)	(2 1 2)
Ö130	(10 0 0)	(5 1 1)	(3 2 0)	Ö307	(9 1 0)	(6 1 0)	(4 1 0)
Ö131	(9 1 0)	(1 6 0)	(0 5 0)	Ö308	(10 0 0)	(5 2 0)	(4 1 0)
Ö132	(10 0 0)	(5 2 0)	(2 2 1)	Ö309	(8 2 0)	(6 1 0)	(4 1 0)
Ö133	(5 4 1)	(1 5 1)	(4 0 1)	Ö310	(2 7 1)	(2 5 0)	(1 3 1)
Ö134	(10 0 0)	(5 2 0)	(5 0 0)	Ö311	(8 2 0)	(5 2 0)	(4 1 0)
Ö135	(7 2 1)	(4 2 1)	(2 3 0)	Ö312	(2 5 3)	(1 5 1)	(0 4 1)
Ö136	(2 6 2)	(0 6 1)	(2 3 0)	Ö313	(8 1 1)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö137	(3 4 3)	(1 5 1)	(1 4 0)	Ö314	(5 3 2)	(4 2 1)	(3 2 0)
Ö138	(8 2 0)	(6 1 0)	(5 0 0)	Ö315	(10 0 0)	(6 1 0)	(4 1 0)
Ö139	(7 1 2)	(4 1 2)	(4 1 0)	Ö316	(8 2 0)	(6 1 0)	(3 2 0)
Ö140	(7 2 1)	(5 1 1)	(3 2 0)	Ö317	(3 7 0)	(1 6 0)	(0 4 1)
Ö141	(3 6 1)	(3 2 2)	(0 5 0)	Ö318	(8 2 0)	(6 1 0)	(4 1 0)
Ö142	(7 2 1)	(4 3 0)	(3 2 0)	Ö319	(0 9 1)	(1 5 1)	(1 4 0)
Ö143	(8 2 0)	(6 1 0)	(5 0 0)	Ö320	(9 0 1)	(4 3 0)	(4 0 1)
Ö144	(9 1 0)	(4 3 0)	(4 1 0)	Ö321	(10 0 0)	(5 2 0)	(3 2 0)
Ö145	(8 2 0)	(7 0 0)	(2 3 0)	Ö322	(1 8 1)	(15 1)	(0 4 1)
Ö146	(1 8 1)	(2 4 1)	(0 5 0)	Ö323	(1 6 3)	(2 4 1)	(1 4 0)
Ö147	(9 1 0)	(6 1 0)	(4 1 0)	Ö324	(3 7 0)	(1 4 2)	(2 3 0)
Ö148	(1 8 1)	(2 4 1)	(2 3 0)	Ö325	(8 1 1)	(5 2 0)	(2 2 1)
Ö149	(10 0 0)	(5 0 2)	(3 0 2)	Ö326	(3 5 2)	(2 4 1)	(0 2 3)
Ö150	(8 2 0)	(4 3 0)	(2 3 0)	Ö327	(4 4 2)	(3 3 1)	(1 3 1)
Ö151	(3 6 1)	(2 3 2)	(1 3 1)	Ö328	(6 4 0)	(3 3 1)	(4 1 0)
Ö152	(2 5 3)	(3 4 0)	(2 3 0)	Ö329	(10 0 0)	(5 2 0)	(5 0 0)
Ö153	(1 5 4)	(1 5 1)	(0 4 1)	Ö330	(5 2 3)	(4 1 2)	(2 1 2)
Ö154	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö331	(9 1 0)	(4 3 0)	(4 1 0)
Ö155	(10 0 0)	(7 0 0)	(4 1 0)	Ö332	(10 0 0)	(5 2 0)	(3 2 0)
Ö156	(9 1 0)	(6 1 0)	(3 2 0)	Ö333	(8 2 0)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö157	(1 8 1)	(2 4 1)	(1 3 1)	Ö334	(1 7 2)	(2 5 0)	(1 1 3)
Ö158	(9 1 0)	(4 1 2)	(3 0 2)	Ö335	(8 2 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö159	(4 6 0)	(3 4 0)	(2 3 0)	Ö336	(1 8 1)	(2 4 1)	(2 3 0)
Ö160	(2 5 3)	(1 5 1)	(0 2 3)	Ö337	(8 2 0)	(7 0 0)	(1 3 1)
Ö161	(10 0 0)	(7 0 0)	(5 0 0)	Ö338	(8 2 0)	(6 1 0)	(4 0 1)
Ö162	(3 5 2)	(0 7 0)	(0 2 3)	Ö339	(6 3 1)	(5 1 1)	(0 3 2)
Ö163	(0 8 2)	(2 5 0)	(0 4 1)	Ö340	(9 1 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö164	(8 1 1)	(5 2 0)	(2 2 1)	Ö341	(5 4 1)	(1 5 1)	(4 0 1)
Ö165	(9 1 0)	(7 0 0)	(4 1 0)	Ö342	(9 1 0)	(6 1 0)	(5 0 0)
Ö166	(9 1 0)	(4 3 0)	(4 1 0)	Ö343	(1 7 2)	(1 6 0)	(2 3 0)
Ö167	(1 6 3)	(4 1 2)	(3 0 2)	Ö344	(10 0 0)	(7 0 0)	(4 1 0)
Ö168	(3 3 4)	(2 2 3)	(0 3 2)	Ö345	(3 7 0)	(2 5 0)	(1 4 0)
Ö169	(7 3 0)	(4 2 1)	(5 0 0)	Ö346	(10 0 0)	(5 2 0)	(3 2 0)

Tablo 4.4'ün devamı

Ö170	(8 2 0)	(5 2 0)	(4 1 0)	Ö347	(4 2 4)	(2 4 1)	(0 4 1)
Ö171	(7 3 0)	(5 2 0)	(4 1 0)	Ö348	(9 1 0)	(7 0 0)	(3 1 1)
Ö172	(1 5 4)	(1 4 2)	(0 4 1)	Ö349	(8 2 0)	(6 1 0)	(3 2 0)
Ö173	(9 1 0)	(6 0 1)	(4 1 0)	Ö350	(9 1 0)	(6 0 1)	(3 1 1)
Ö174	(8 2 0)	(4 3 0)	(3 2 0)	Ö351	(8 2 0)	(7 0 0)	(5 0 0)
Ö175	(8 2 0)	(7 0 0)	(1 3 1)	Ö352	(7 3 0)	(3 4 0)	(2 3 0)
Ö176	(3 5 2)	(2 4 1)	(0 2 3)	Ö353	(9 1 0)	(4 2 1)	(2 2 1)
Ö177	(10 0 0)	(5 2 0)	(5 0 0)	Ö354	(2 5 3)	(2 3 2)	(1 3 1)

Tablo 4.4 incelendiğinde her bir öğretmen adayının verdiği cevapların vektör bileşenleri görülmektedir. Enerji çeşitleri soru grubunda yer alan maddelere yönelik olarak her bir öğretmen adayının verdiği cevapların cevap vektörüne dönüştürülmüş durumları incelenmiştir. Buna göre; öğretmen adaylarının test cevaplarının çoğunlukla (n=234) "Bilimsel Cevap" durumunda olduğu saptanmıştır. "Hatalı Cevap" durumunda 101 öğretmen adayının olduğu, 7 öğretmen adayının ise "İlişkisiz Cevap" durumunda olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte 12 öğretmen adayının "Bilimsel Cevap" ve "Hatalı Cevap" durumları eşittir. Enerjinin dönüşümü soru grubu için bireysel cevap vektörleri incelendiğinde cevaplarının çoğunlukla (n=200) "Bilimsel Cevap" durumunda olduğu belirlenmiştir. "Hatalı Cevap" durumunda 124 öğretmen adayının ve 10 öğretmen adayın da "İlişkisiz Cevap" durumunda olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte 20 öğretmen adayının "Bilimsel Cevapları" ile "Hatalı Cevapları" eşittir. Enerjinin korunumu soru grubu için bireysel cevap vektörleri incelendiğinde, cevaplarının çoğunlukla (n=176) "Bilimsel Cevap" durumunda olduğu belirlenmiştir. "Hatalı Cevap" durumunda 134 öğretmen adayının olduğu, 14 öğretmen adayının ise "İlişkisiz Cevap" durumunda olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 30 öğretmen adayının "Bilimsel Cevap" ve "Hatalı Cevap" durumları eşittir.

4.2.2 Öğretmen Adaylarına Ait Bileşke Cevap Vektörü Model Vektörü

Öğretmen adaylarının TZM yoğunluk matrislerinin oluşturulması amacıyla öncelikle öğretmen adaylarının bireysel bileşke cevap vektörlerinin hesaplanması gerekmektedir. Öğretmen adayların ait bireysel bileşke cevap vektörü, Tablo 4.4'de yer alan vektör bileşenleri dikkate alınarak hesaplanmış ve enerji çeşitleri soru grubuna ait bulgular Tablo 4.5'de sunulmuştur.

Tablo 4.5'in devamı

Ö16	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö134	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö252	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ -\sqrt{5} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö17	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{7} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö135	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö253	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö18	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	Ö136	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö254	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{7} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö19	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö137	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö255	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö20	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö138	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö256	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö21	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö139	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö257	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö22	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö140	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö258	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö23	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö141	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö259	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö24	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö142	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö260	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ -\sqrt{9} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö25	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö143	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö261	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö26	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö144	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö262	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö27	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö145	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö263	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö28	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö146	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{8} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö264	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$
Ö29	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö147	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö265	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö30	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	Ö148	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{8} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö266	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$

Tablo 4.5'in devamı

Ö31	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö149	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö267	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö32	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö150	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö268	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö33	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö151	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö269	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö34	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö152	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö270	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö35	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö153	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	Ö271	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö36	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö154	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö272	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö37	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö155	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö273	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$
Ö38	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö156	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö274	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö39	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö157	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{8} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö275	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{7} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö40	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö158	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö276	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö41	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö159	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö277	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{7} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$
Ö42	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö160	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö278	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö43	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö161	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö279	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö44	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö162	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö280	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö45	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö163	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{8} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö281	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$

	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö51		Ö169	
	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö52		Ö170	
	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö53		Ö171	

	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö51		Ö169	
	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö52		Ö170	
	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö53		Ö171	

Tablo 4.5'in devamı

Ö62	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö180	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö298	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö63	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö181	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö299	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö64	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö182	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö300	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö65	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö183	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{8} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö301	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö66	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{6} \end{pmatrix}$	Ö184	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{7} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö302	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö67	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö185	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö303	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö68	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö186	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö304	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö69	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö187	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{6} \end{pmatrix}$	Ö305	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö70	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{7} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö188	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö306	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{8} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö71	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö189	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö307	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö72	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{7} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö190	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö308	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö73	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö191	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö309	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö74	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö192	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö310	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{7} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö75	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö193	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö311	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö76	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö194	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö312	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$
Ö77	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö195	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	Ö313	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$

Ö83	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö201	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö84	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö202	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö85	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö203	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$

Ö83	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö201	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö84	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö202	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö85	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö203	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$

Ö99	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö217	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö100	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö218	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö101	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö219	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

Ö99	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö217	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö100	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö218	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö101	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö219	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

Tablo 4.5'in devamı

Ö110	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö228	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö346	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö111	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö229	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö347	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$
Ö112	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{7} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö230	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{10} \\ -\sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö348	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö113	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö231	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö349	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö114	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö232	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö350	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö115	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	Ö233	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö351	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö116	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö234	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö352	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö117	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö235	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö353	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{9} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö118	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö236	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{8} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö354	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{5} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$

Tablo 4.5'te, enerji çeşitleri soru gruplarına ilişkin her bir öğretmen adayının olasılıklar üzerindeki tahminleri görülmektedir.

Tablo 4.6 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait öğretmen adaylarının bileşke cevap vektörleri

Enerjinin Dönüşümü					
Öğretmen Adayı	Model Vektörü	Öğretmen Adayı	Model Vektörü	Öğretmen Adayı	Model Vektörü
Ö1	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö119	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{5} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö237	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$
Ö2	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö120	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö238	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ -\sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö3	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ -\sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö121	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ -\sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö239	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ -\sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö9		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö127		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö245
	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö10		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö128		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö246
	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö11		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö129		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö247

	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö9	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö127	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö245	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö10	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö128	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö246	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö11	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö129	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö247	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

Ö25	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö143	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö26	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{5} \end{pmatrix}$	Ö144	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö27	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö145	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

Ö25	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö143	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö26	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{5} \end{pmatrix}$	Ö144	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö27	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö145	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö41	Ö159	Ö277
$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö42	Ö160	Ö278
$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö43	Ö161	Ö279

$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö41	Ö159	Ö277
$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö42	Ö160	Ö278
$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö43	Ö161	Ö279

	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}}$
Ö57	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö175	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö293	$\frac{1}{\sqrt{7}}$
	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}}$
Ö58	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö176	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö294	$\frac{1}{\sqrt{7}}$
	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{7}}$
Ö59	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö177	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö295	$\frac{1}{\sqrt{7}}$

	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{7}}$
Ö57	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö175	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö58	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö176	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö59	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö177	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
	$\frac{1}{\sqrt{7}}$	Ö293	$\frac{1}{\sqrt{7}}$
	$\frac{1}{\sqrt{7}}$	Ö294	$\frac{1}{\sqrt{7}}$
	$\frac{1}{\sqrt{7}}$	Ö295	$\frac{1}{\sqrt{7}}$

Ö73	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö191	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö74	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö192	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö75	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö193	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$

Ö73	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö191	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö74	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö192	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö75	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö193	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$

Ö89	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö207	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö90	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö208	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö91	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö209	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$

Ö89	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö207	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö90	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$	Ö208	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö91	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö209	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$

Tablo 4.6'nın devamı

Ö116	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{6} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö234	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö352	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö117	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö235	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö353	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö118	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö236	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{7} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö354	$\frac{1}{\sqrt{7}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$

Tablo 4.6'da enerjinin dönüşümü soru gruplarına ilişkin her bir öğretmen adayının olasılıklar üzerindeki tahminleri görülmektedir.

Tablo 4.7 Enerjinin korunumu soru grubuna ait öğretmen adaylarının bileşke cevap vektörleri

Enerjinin Korunumu					
Öğretmen Adayı	Model Vektörü	Öğretmen Adayı	Model Vektörü	Öğretmen Adayı	Model Vektörü
Ö1	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö119	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö237	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$
Ö2	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö120	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö238	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö3	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö121	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö239	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö4	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö122	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö240	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö5	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö123	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$	Ö241	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö6	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	Ö124	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö242	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö7	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö125	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö243	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$
Ö8	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö126	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö244	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö9	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö127	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö245	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$

Tablo 4.7'nin devamı

[illegible]

Tablo 4.7'nin devamı

[illegible]

Tablo 4.7'nin devamı

[illegible]

$\mathbf{\ddot{O}63} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}181} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}207} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}64} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}182} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}208} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}65} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}183} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}209} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

$\mathbf{\ddot{O}63} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}181} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}201} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}64} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}182} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}202} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}65} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}183} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}203} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

Tablo 4.7'nin devamı

[illegible]

$\mathbf{\ddot{O}95} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}213} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}96} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}214} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}97} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}215} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

$\mathbf{\ddot{O}95} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}213} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}96} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}214} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
$\mathbf{\ddot{O}97} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	$\mathbf{\ddot{O}215} \quad \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$

Tablo 4.7'nin devamı

Ö106	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö224	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö342	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö107	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö225	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö343	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö108	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö226	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö344	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö109	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö227	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö345	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö110	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö228	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö346	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö111	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö229	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö347	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö112	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö230	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö348	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö113	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö231	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö349	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö114	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö232	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö350	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö115	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	Ö233	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö351	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö116	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$	Ö234	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö352	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$
Ö117	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ \sqrt{1} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö235	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{4} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö353	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$
Ö118	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{0} \\ \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö236	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{5} \\ \sqrt{0} \\ \sqrt{0} \end{pmatrix}$	Ö354	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} \sqrt{1} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$

Tablo 4.7’de enerjinin korunumu soru gruplarına ilişkin her bir öğretmen adayının olasılıklar üzerindeki tahminleri görülmektedir.

4.2.3 Öğretmen Adaylarına Ait TZM Yoğunluk Matrisi

Öğretmen adaylarının bileşke cevap vektörlerinden yararlanılarak oluşturulan TZM yoğunluk matrisleri aşağıda yer almaktadır. İlk olarak enerji çeşitleri soru grubuna ait her bir öğretmen adayının cevaplarından oluşturulan TZM yoğunluk matrisleri Tablo 4.8’de sunulmuştur.

Tablo 4.8 Enerji çeşitleri soru grubuna ait öğretmen adaylarının model yoğunluk matrisleri

Enerji Çeşitleri					
Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi	Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi	Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi
Ö1	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} \sqrt{8} & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \end{bmatrix}$	Ö119	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{18} & \sqrt{3} \\ \sqrt{18} & 6 & \sqrt{6} \\ \sqrt{3} & \sqrt{6} & 1 \end{bmatrix}$	Ö237	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{9} & \sqrt{12} \\ \sqrt{9} & 3 & \sqrt{12} \\ \sqrt{12} & \sqrt{12} & 4 \end{bmatrix}$
Ö2	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{8} & \sqrt{8} \\ \sqrt{8} & 1 & \sqrt{1} \\ \sqrt{8} & \sqrt{1} & 1 \end{bmatrix}$	Ö120	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{12} & \sqrt{12} \\ \sqrt{12} & 3 & \sqrt{9} \\ \sqrt{12} & \sqrt{9} & 3 \end{bmatrix}$	Ö238	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{8} & \sqrt{1} \\ \sqrt{8} & 8 & \sqrt{8} \\ \sqrt{1} & \sqrt{8} & 1 \end{bmatrix}$
Ö3	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \end{bmatrix}$	Ö121	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö239	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 7 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö4	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} \sqrt{6} & \sqrt{12} & \sqrt{12} \\ \sqrt{12} & 2 & \sqrt{4} \\ \sqrt{12} & \sqrt{4} & 2 \end{bmatrix}$	Ö122	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 10 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö240	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{0} & \sqrt{9} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & \sqrt{0} & 1 \end{bmatrix}$
Ö5	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 7 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \end{bmatrix}$	Ö123	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{10} & \sqrt{6} \\ \sqrt{10} & 5 & \sqrt{15} \\ \sqrt{6} & \sqrt{15} & 3 \end{bmatrix}$	Ö241	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö6	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{12} & \sqrt{4} \\ \sqrt{12} & 6 & \sqrt{12} \\ \sqrt{4} & \sqrt{12} & 2 \end{bmatrix}$	Ö124	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö242	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{24} & \sqrt{0} \\ \sqrt{24} & 6 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö7	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \end{bmatrix}$	Ö125	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö243	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{18} & \sqrt{6} \\ \sqrt{18} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{6} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$
Ö8	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{16} & \sqrt{8} \\ \sqrt{16} & 4 & \sqrt{8} \\ \sqrt{8} & \sqrt{8} & \sqrt{2} \end{bmatrix}$	Ö126	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{14} & \sqrt{7} \\ \sqrt{14} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{7} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$	Ö244	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö9	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & \sqrt{1} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö127	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö245	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{15} & \sqrt{6} \\ \sqrt{15} & 5 & \sqrt{10} \\ \sqrt{6} & \sqrt{10} & 2 \end{bmatrix}$
Ö10	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{14} & \sqrt{7} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \end{bmatrix}$	Ö128	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö246	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö11	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \end{bmatrix}$	Ö129	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö247	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{7} & \sqrt{14} \\ \sqrt{7} & 1 & \sqrt{2} \\ \sqrt{14} & \sqrt{2} & 2 \end{bmatrix}$
Ö12	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{18} & \sqrt{3} \\ \sqrt{18} & 6 & \sqrt{6} \\ \sqrt{3} & \sqrt{6} & \sqrt{1} \end{bmatrix}$	Ö130	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 10 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö248	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{18} & \sqrt{3} \\ \sqrt{18} & 6 & \sqrt{6} \\ \sqrt{3} & \sqrt{6} & 1 \end{bmatrix}$

[illegible]

Ö30	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{0} & \sqrt{24} \\ \sqrt{24} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 4 \end{bmatrix}$	Ö148	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{8} & \sqrt{1} \\ \sqrt{8} & 8 & \sqrt{8} \\ \sqrt{1} & \sqrt{8} & 1 \end{bmatrix}$	Ö266	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{14} & \sqrt{7} \\ \sqrt{14} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{7} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$
Ö31	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} \sqrt{7} & \sqrt{7} & \sqrt{14} \\ \sqrt{7} & \sqrt{1} & \sqrt{2} \\ \sqrt{14} & \sqrt{2} & 2 \end{bmatrix}$	Ö149	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 10 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö267	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{18} & \sqrt{6} \\ \sqrt{18} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{6} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$
Ö32	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} \sqrt{10} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö150	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö268	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{8} & \sqrt{8} \\ \sqrt{8} & 1 & \sqrt{1} \\ \sqrt{8} & \sqrt{1} & 1 \end{bmatrix}$
Ö33	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö151	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{18} & \sqrt{3} \\ \sqrt{18} & 6 & \sqrt{6} \\ \sqrt{3} & \sqrt{6} & 1 \end{bmatrix}$	Ö269	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{14} & \sqrt{7} \\ \sqrt{14} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{7} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$
Ö34	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{15} & \sqrt{10} \\ \sqrt{15} & 3 & \sqrt{6} \\ \sqrt{10} & \sqrt{6} & 2 \end{bmatrix}$	Ö152	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{10} & \sqrt{6} \\ \sqrt{10} & 5 & \sqrt{15} \\ \sqrt{6} & \sqrt{15} & 3 \end{bmatrix}$	Ö270	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö35	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö153	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{5} & \sqrt{4} \\ \sqrt{5} & 5 & \sqrt{20} \\ \sqrt{4} & \sqrt{20} & 4 \end{bmatrix}$	Ö271	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö36	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{20} & \sqrt{5} \\ \sqrt{20} & 4 & \sqrt{4} \\ \sqrt{5} & \sqrt{4} & 1 \end{bmatrix}$	Ö154	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö272	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{24} & \sqrt{0} \\ \sqrt{24} & 6 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö37	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 10 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & \sqrt{0} \end{bmatrix}$	Ö155	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 10 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö273	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{5} & \sqrt{4} \\ \sqrt{5} & 5 & \sqrt{20} \\ \sqrt{4} & \sqrt{20} & 4 \end{bmatrix}$
Ö38	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö156	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö274	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{16} & \sqrt{8} \\ \sqrt{16} & 4 & \sqrt{8} \\ \sqrt{8} & \sqrt{8} & 2 \end{bmatrix}$
Ö39	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{7} & \sqrt{14} \\ \sqrt{7} & 1 & \sqrt{2} \\ \sqrt{14} & \sqrt{15} & 3 \end{bmatrix}$	Ö157	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{8} & \sqrt{1} \\ \sqrt{8} & 8 & \sqrt{8} \\ \sqrt{1} & \sqrt{8} & 1 \end{bmatrix}$	Ö275	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{14} & \sqrt{2} \\ \sqrt{14} & 7 & \sqrt{7} \\ \sqrt{2} & \sqrt{7} & 1 \end{bmatrix}$
Ö40	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{10} & \sqrt{6} \\ \sqrt{10} & 5 & \sqrt{15} \\ \sqrt{6} & \sqrt{15} & \sqrt{3} \end{bmatrix}$	Ö158	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö276	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{12} & \sqrt{12} \\ \sqrt{12} & 2 & \sqrt{4} \\ \sqrt{12} & \sqrt{4} & 2 \end{bmatrix}$
Ö41	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö159	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{24} & \sqrt{0} \\ \sqrt{24} & 6 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö277	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 7 & \sqrt{21} \\ \sqrt{0} & \sqrt{21} & 3 \end{bmatrix}$
Ö42	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö160	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{10} & \sqrt{6} \\ \sqrt{10} & 5 & \sqrt{15} \\ \sqrt{6} & \sqrt{15} & 3 \end{bmatrix}$	Ö278	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{12} & \sqrt{4} \\ \sqrt{12} & 6 & \sqrt{12} \\ \sqrt{4} & \sqrt{12} & 2 \end{bmatrix}$
Ö43	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{20} & \sqrt{4} \\ \sqrt{20} & 5 & \sqrt{5} \\ \sqrt{4} & \sqrt{5} & 1 \end{bmatrix}$	Ö161	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 10 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö279	$\frac{1}{10} \begin{$

[illegible]

Tablo 4.8'in devamı

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Tablo 4.8'in devamı

Ö115	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{9} & \sqrt{12} \\ \sqrt{9} & 3 & \sqrt{12} \\ \sqrt{12} & \sqrt{12} & 4 \end{bmatrix}$	Ö233	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö351	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö116	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö234	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö352	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{21} & \sqrt{0} \\ \sqrt{21} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö117	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö235	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{16} & \sqrt{8} \\ \sqrt{16} & 4 & \sqrt{8} \\ \sqrt{8} & \sqrt{8} & 2 \end{bmatrix}$	Ö353	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 9 & \sqrt{9} & \sqrt{0} \\ \sqrt{9} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö118	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{15} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{6} \\ \sqrt{15} & \sqrt{6} & 3 \end{bmatrix}$	Ö236	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 8 & \sqrt{16} & \sqrt{0} \\ \sqrt{16} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö354	$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{10} & \sqrt{6} \\ \sqrt{10} & 5 & \sqrt{15} \\ \sqrt{6} & \sqrt{15} & 3 \end{bmatrix}$

Tablo 4.8'e bakıldığında, bileşke cevap vektörü öğelerinden yararlanılarak oluşturulan enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin TZM yoğunluk matrisler görülmektedir. Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait TZM yoğunluk matrisleri ise Tablo 4.9'da sunulmuştur.

Tablo 4.9 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait TZM yoğunluk matrisleri

Enerjinin Dönüşümü					
Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi	Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi	Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi
Ö1	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö119	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 5 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö237	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 3 & \sqrt{12} \\ \sqrt{0} & \sqrt{12} & 4 \end{bmatrix}$
Ö2	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{9} & \sqrt{3} \\ \sqrt{9} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$	Ö120	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{4} & \sqrt{6} \\ \sqrt{4} & 2 & \sqrt{6} \\ \sqrt{6} & \sqrt{6} & 3 \end{bmatrix}$	Ö238	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{8} & \sqrt{2} \\ \sqrt{8} & 4 & \sqrt{4} \\ \sqrt{2} & \sqrt{4} & 1 \end{bmatrix}$
Ö3	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö121	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{12} & \sqrt{0} \\ \sqrt{12} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö239	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 6 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö4	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{6} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{4} \\ \sqrt{6} & \sqrt{4} & 2 \end{bmatrix}$	Ö122	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö240	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{0} & \sqrt{6} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & \sqrt{0} & 1 \end{bmatrix}$
Ö5	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 6 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö123	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{5} & \sqrt{1} \\ \sqrt{5} & 5 & \sqrt{5} \\ \sqrt{1} & \sqrt{5} & 1 \end{bmatrix}$	Ö241	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{4} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{6} \\ \sqrt{4} & \sqrt{6} & 2 \end{bmatrix}$
Ö6	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 2 & \sqrt{10} \\ \sqrt{0} & \sqrt{10} & 5 \end{bmatrix}$	Ö124	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{12} & \sqrt{0} \\ \sqrt{12} & 4 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö242	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{12} & \sqrt{0} \\ \sqrt{12} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö7	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö125	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö243	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{5} & \sqrt{5} \\ \sqrt{5} & 1 & \sqrt{1} \\ \sqrt{5} & \sqrt{1} & 1 \end{bmatrix}$
Ö8	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö126	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{9} & \sqrt{3} \\ \sqrt{9} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$	Ö244	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$

Tablo 4.9'un devamı

[illegible]

Tablo 4.9'un devamı

[illegible]

Tablo 4.9'un devamı

[illegible]

Tablo 4.9'un devamı

[illegible]

Tablo 4.9'un devamı

[illegible]

Tablo 4.9'un devamı

[illegible]

Tablo 4.9'un devamı

Ö111	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{4} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{6} \\ \sqrt{4} & \sqrt{6} & 2 \end{bmatrix}$	Ö229	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{8} & \sqrt{4} \\ \sqrt{8} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{4} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$	Ö347	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{8} & \sqrt{2} \\ \sqrt{8} & 4 & \sqrt{4} \\ \sqrt{2} & \sqrt{4} & 1 \end{bmatrix}$
Ö112	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 6 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö230	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö348	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö113	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö231	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{12} & \sqrt{0} \\ \sqrt{12} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö349	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö114	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö232	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{0} & \sqrt{6} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & \sqrt{0} & 1 \end{bmatrix}$	Ö350	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{0} & \sqrt{6} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & \sqrt{0} & 1 \end{bmatrix}$
Ö115	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 3 & \sqrt{12} \\ \sqrt{0} & \sqrt{12} & 4 \end{bmatrix}$	Ö233	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{8} & \sqrt{4} \\ \sqrt{8} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{4} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$	Ö351	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö116	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 6 & \sqrt{0} & \sqrt{6} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & \sqrt{0} & 1 \end{bmatrix}$	Ö234	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö352	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{12} & \sqrt{0} \\ \sqrt{12} & 4 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö117	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{10} & \sqrt{0} \\ \sqrt{10} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö235	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{9} & \sqrt{3} \\ \sqrt{9} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$	Ö353	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{8} & \sqrt{4} \\ \sqrt{8} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{4} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$
Ö118	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{3} & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 3 & \sqrt{9} \\ \sqrt{3} & \sqrt{9} & 3 \end{bmatrix}$	Ö236	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 7 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö354	$\frac{1}{7} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{4} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{6} \\ \sqrt{4} & \sqrt{6} & 2 \end{bmatrix}$

Tablo 4.9'a bakıldığında, bileşke cevap vektörü kullanılarak oluşturulan TZM matrisleri görülmektedir. Enerjinin korunumu soru grubuna ait TZM yoğunluk matrisleri Tablo 4.10'da sunulmuştur.

Tablo 4.10 Enerjinin korunumu soru grubuna ait TZM yoğunluk matrisleri

Enerjinin Korunumu					
Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi	Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi	Öğrt. Adayı	Yoğunluk Matrisi
Ö1	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{4} & \sqrt{2} \\ \sqrt{4} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$	Ö119	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö237	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 1 & \sqrt{4} \\ \sqrt{0} & \sqrt{4} & 4 \end{bmatrix}$
Ö2	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$	Ö120	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{4} & \sqrt{2} \\ \sqrt{4} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$	Ö238	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{3} & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{1} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$
Ö3	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{3} & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 1 & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & \sqrt{1} & 1 \end{bmatrix}$	Ö121	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö239	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 4 & \sqrt{4} \\ \sqrt{0} & \sqrt{4} & 1 \end{bmatrix}$
Ö4	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö122	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö240	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$

Tablo 4.10'un devamı

[illegible]

Tablo 4.10'un devamı

[illegible]

Tablo 4.10'un devamı

[illegible]

Tablo 4.10'un devamı

[illegible]

Tablo 4.10'un devamı

[illegible]

Tablo 4.10'un devamı

Ö107	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö225	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö343	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö108	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö226	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{3} & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{1} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$	Ö344	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö109	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö227	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö345	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 4 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö110	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö228	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö346	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö111	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 4 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö229	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 4 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö347	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 4 & \sqrt{4} \\ \sqrt{0} & \sqrt{4} & 1 \end{bmatrix}$
Ö112	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{3} & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{1} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$	Ö230	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö348	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{3} & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 1 & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & \sqrt{1} & 1 \end{bmatrix}$
Ö113	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö231	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö349	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö114	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 2 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö232	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö350	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{3} & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 1 & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & \sqrt{1} & 1 \end{bmatrix}$
Ö115	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 1 & \sqrt{4} \\ \sqrt{0} & \sqrt{4} & 4 \end{bmatrix}$	Ö233	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö351	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö116	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{3} & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 1 & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & \sqrt{1} & 1 \end{bmatrix}$	Ö234	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö352	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{6} & \sqrt{0} \\ \sqrt{6} & 3 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$
Ö117	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 4 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 1 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö235	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{4} & \sqrt{0} \\ \sqrt{4} & 4 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö353	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & \sqrt{4} & \sqrt{2} \\ \sqrt{4} & 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$
Ö118	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 5 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö236	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 5 & \sqrt{0} & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & 0 & \sqrt{0} \\ \sqrt{0} & \sqrt{0} & 0 \end{bmatrix}$	Ö354	$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{3} & \sqrt{1} \\ \sqrt{3} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{1} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix}$

Tablo 4.10 incelendiğinde, bileşke cevap vektörü öğeleri tarafından oluşturulan TZM yoğunluk matrisleri görülmektedir.

4.2.4 Öğretmen Adaylarının Bireysel TZM Durumları

Öğretmen adaylarının TZM yoğunluk matrisinden elde edilen bulgular doğrultusunda belirlenen TZM durumları aşağıda sunulmuştur. İlk olarak enerji çeşitlerine ilişkin belirlenen TZM durumları Tablo 4.11'de yer almaktadır.

Tablo 4.11 Öğretmen adaylarının enerji çeşitleri için TZM durumları

Enerji Çeşitleri							
Öğrt. Adayı	TBOM	TZKM	BBM	Öğrt. Adayı	TBOM	TZKM	BBM
Ö1			✓	Ö178		✓	
Ö2		✓		Ö179	✓		
Ö3			✓	Ö180		✓	
Ö4		✓		Ö181		✓	
Ö5	✓			Ö182			✓
Ö6		✓		Ö183		✓	
Ö7			✓	Ö184	✓		
Ö8		✓		Ö185	✓		
Ö9			✓	Ö186		✓	
Ö10		✓		Ö187		✓	
Ö11			✓	Ö188		✓	
Ö12		✓		Ö189		✓	
Ö13			✓	Ö190		✓	
Ö14		✓		Ö191			✓
Ö15		✓		Ö192		✓	
Ö16			✓	Ö193		✓	
Ö17		✓		Ö194		✓	
Ö18		✓		Ö195		✓	
Ö19		✓		Ö196		✓	
Ö20			✓	Ö197		✓	
Ö21		✓		Ö198			✓
Ö22		✓		Ö199			✓
Ö23		✓		Ö200		✓	
Ö24			✓	Ö201		✓	
Ö25			✓	Ö202		✓	
Ö26		✓		Ö203		✓	
Ö27			✓	Ö204			✓
Ö28			✓	Ö205		✓	
Ö29		✓		Ö206		✓	
Ö30		✓		Ö207			✓
Ö31		✓		Ö208		✓	
Ö32			✓	Ö209		✓	
Ö33			✓	Ö210			✓
Ö34		✓		Ö211			✓
Ö35			✓	Ö212		✓	
Ö36		✓		Ö213		✓	
Ö37			✓	Ö214		✓	
Ö38			✓	Ö215	✓		
Ö39		✓		Ö216	✓		
Ö40		✓		Ö217			✓
Ö41			✓	Ö218		✓	
Ö42			✓	Ö219			✓
Ö43		✓		Ö220		✓	
Ö44		✓		Ö221		✓	
Ö45		✓		Ö222		✓	
Ö46			✓	Ö223		✓	

Tablo 4.11'in devamı

Ö47	✓		Ö224	✓	
Ö48	✓		Ö225		✓
Ö49	✓		Ö226	✓	
Ö50		✓	Ö227		✓
Ö51	✓		Ö228	✓	
Ö52	✓		Ö229		✓
Ö53	✓		Ö230		✓
Ö54	✓		Ö231	✓	
Ö55	✓		Ö232		✓
Ö56	✓		Ö233		✓
Ö57	✓		Ö234		✓
Ö58		✓	Ö235	✓	
Ö59	✓		Ö236		✓
Ö60		✓	Ö237	✓	
Ö61	✓		Ö238	✓	
Ö62	✓		Ö239	✓	
Ö63	✓		Ö240	✓	
Ö64	✓		Ö241		✓
Ö65		✓	Ö242	✓	
Ö66	✓		Ö243	✓	
Ö67		✓	Ö244		✓
Ö68		✓	Ö245	✓	
Ö69	✓		Ö246		✓
Ö70	✓		Ö247	✓	
Ö71	✓		Ö248	✓	
Ö72	✓		Ö249	✓	
Ö73		✓	Ö250	✓	
Ö74		✓	Ö251	✓	
Ö75	✓		Ö252	✓	
Ö76	✓		Ö253	✓	
Ö77	✓		Ö254	✓	
Ö78		✓	Ö255	✓	
Ö79		✓	Ö256		✓
Ö80	✓		Ö257	✓	
Ö81	✓		Ö258		✓
Ö82		✓	Ö259		✓
Ö83	✓		Ö260	✓	
Ö84	✓		Ö261	✓	
Ö85	✓		Ö262	✓	
Ö86	✓		Ö263		✓
Ö87		✓	Ö264	✓	
Ö88	✓		Ö265	✓	
Ö89		✓	Ö266	✓	
Ö90		✓	Ö267	✓	
Ö91		✓	Ö268	✓	
Ö92		✓	Ö269	✓	
Ö93	✓		Ö270		✓
Ö94	✓		Ö271		✓
Ö95		✓	Ö272	✓	

Tablo 4.11'in devamı

Ö96			✓	Ö273	✓	
Ö97			✓	Ö274	✓	
Ö98			✓	Ö275	✓	
Ö99	✓			Ö276	✓	
Ö100		✓		Ö277	✓	
Ö101			✓	Ö278	✓	
Ö102			✓	Ö279		✓
Ö103			✓	Ö280		✓
Ö104		✓		Ö281	✓	
Ö105	✓			Ö282	✓	
Ö106			✓	Ö283	✓	
Ö107		✓		Ö284	✓	
Ö108			✓	Ö285		✓
Ö109		✓		Ö286		✓
Ö110			✓	Ö287	✓	
Ö111		✓		Ö288	✓	
Ö112	✓			Ö289	✓	
Ö113			✓	Ö290		✓
Ö114		✓		Ö291	✓	
Ö115		✓		Ö292		✓
Ö116			✓	Ö293		✓
Ö117			✓	Ö294		✓
Ö118		✓		Ö295	✓	
Ö119		✓		Ö296		✓
Ö120		✓		Ö297	✓	
Ö121			✓	Ö298		✓
Ö122			✓	Ö299		✓
Ö123		✓		Ö300	✓	
Ö124			✓	Ö301		✓
Ö125			✓	Ö302	✓	
Ö126		✓		Ö303	✓	
Ö127			✓	Ö304		✓
Ö128			✓	Ö305		✓
Ö129			✓	Ö306	✓	
Ö130			✓	Ö307		✓
Ö131			✓	Ö308		✓
Ö132			✓	Ö309		✓
Ö133		✓		Ö310	✓	
Ö134			✓	Ö311		✓
Ö135		✓		Ö312	✓	
Ö136		✓		Ö313	✓	
Ö137		✓		Ö314	✓	
Ö138			✓	Ö315		✓
Ö139		✓		Ö316		✓
Ö140		✓		Ö317	✓	
Ö141		✓		Ö318		✓
Ö142		✓		Ö319	✓	
Ö143			✓	Ö320	✓	
Ö144			✓	Ö321		✓

Tablo 4.11'in devamı

Ö145		✓	Ö322		✓	
Ö146	✓		Ö323		✓	
Ö147		✓	Ö324	✓		
Ö148	✓		Ö325		✓	
Ö149		✓	Ö326		✓	
Ö150		✓	Ö327		✓	
Ö151	✓		Ö328			✓
Ö152	✓		Ö329			✓
Ö153	✓		Ö330		✓	
Ö154		✓	Ö331			✓
Ö155		✓	Ö332			✓
Ö156		✓	Ö333			✓
Ö157	✓		Ö334		✓	
Ö158		✓	Ö335			✓
Ö159	✓		Ö336		✓	
Ö160	✓		Ö337			✓
Ö161		✓	Ö338			✓
Ö162	✓		Ö339		✓	
Ö163	✓		Ö340			✓
Ö164	✓		Ö341		✓	
Ö165		✓	Ö342			✓
Ö166		✓	Ö343		✓	
Ö167	✓		Ö344			✓
Ö168	✓		Ö345	✓		
Ö169		✓	Ö346			✓
Ö170		✓	Ö347		✓	
Ö171		✓	Ö348			✓
Ö172	✓		Ö349			✓
Ö173		✓	Ö350			✓
Ö174		✓	Ö351			✓
Ö175		✓	Ö352			✓
Ö176	✓		Ö353			✓
Ö177		✓	Ö354		✓	

TBOM: Tutarlı Bilimsel Olmayan Baskın Model, TZKM: Tutsuz Karma Model, BBM: Bilimsel Baskın Model

Tablo 4.11'de öğretmen adaylarının sahip oldukları TZM'ler incelendiğinde enerji çeşitlerine ilişkin en fazla TZKM durumunda olan öğretmen adaylarının (n=186) bulunduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla BBM durumunda 148 öğrenci ve TBOM durumunda olan 20 öğrenci takip etmektedir. İM durumunda olan öğrenci bulunmamaktadır.

Tablo 4.12'de öğretmen adaylarının enerjinin dönüşümü için TZM durumları görülmektedir.

Tablo 4.12 Öğretmen adaylarının enerjinin dönüşümü için TZM durumları

Enerjinin Dönüşümü							
Öğrt. Adayı	TBOM	TZKM	BBM	Öğrt. Adayı	TBOM	TZKM	BBM
Ö1			✓	Ö178		✓	
Ö2		✓		Ö179		✓	
Ö3			✓	Ö180	✓		
Ö4		✓		Ö181		✓	
Ö5	✓			Ö182			✓
Ö6		✓		Ö183		✓	
Ö7			✓	Ö184	✓		
Ö8			✓	Ö185			✓
Ö9			✓	Ö186		✓	
Ö10			✓	Ö187		✓	
Ö11			✓	Ö188		✓	
Ö12	✓			Ö189		✓	
Ö13			✓	Ö190		✓	
Ö14	✓			Ö191			✓
Ö15	✓			Ö192			✓
Ö16		✓		Ö193		✓	
Ö17	✓			Ö194	✓		
Ö18		✓		Ö195		✓	
Ö19		✓		Ö196			✓
Ö20	✓			Ö197	✓		
Ö21	✓			Ö198			✓
Ö22			✓	Ö199			✓
Ö23			✓	Ö200			✓
Ö24		✓		Ö201		✓	
Ö25		✓		Ö202		✓	
Ö26		✓		Ö203		✓	
Ö27			✓	Ö204			✓
Ö28			✓	Ö205		✓	
Ö29		✓		Ö206			✓
Ö30		✓		Ö207		✓	
Ö31		✓		Ö208		✓	
Ö32		✓		Ö209		✓	
Ö33			✓	Ö210		✓	
Ö34		✓		Ö211	✓		
Ö35			✓	Ö212		✓	
Ö36			✓	Ö213			✓
Ö37			✓	Ö214		✓	
Ö38			✓	Ö215		✓	
Ö39		✓		Ö216		✓	
Ö40	✓			Ö217			✓
Ö41			✓	Ö218		✓	
Ö42			✓	Ö219			✓
Ö43	✓			Ö220		✓	
Ö44		✓		Ö221		✓	
Ö45		✓		Ö222		✓	
Ö46			✓	Ö223		✓	

Tablo 4.12'nin devamı

Ö47		✓		Ö224		✓	
Ö48		✓		Ö225			✓
Ö49		✓		Ö226		✓	
Ö50			✓	Ö227			✓
Ö51		✓		Ö228			✓
Ö52		✓		Ö229		✓	
Ö53			✓	Ö230			✓
Ö54		✓		Ö231			✓
Ö55			✓	Ö232		✓	
Ö56	✓			Ö233		✓	
Ö57	✓			Ö234			✓
Ö58			✓	Ö235		✓	
Ö59	✓			Ö236			✓
Ö60			✓	Ö237		✓	
Ö61			✓	Ö238		✓	
Ö62		✓		Ö239	✓		
Ö63		✓		Ö240		✓	
Ö64			✓	Ö241		✓	
Ö65			✓	Ö242			✓
Ö66		✓		Ö243		✓	
Ö67		✓		Ö244			✓
Ö68			✓	Ö245	✓		
Ö69		✓		Ö246			✓
Ö70	✓			Ö247		✓	
Ö71		✓		Ö248	✓		
Ö72		✓		Ö249			✓
Ö73		✓		Ö250		✓	
Ö74		✓		Ö251		✓	
Ö75		✓		Ö252			✓
Ö76		✓		Ö253			✓
Ö77	✓			Ö254	✓		
Ö78			✓	Ö255		✓	
Ö79			✓	Ö256			✓
Ö80	✓			Ö257			✓
Ö81		✓		Ö258		✓	
Ö82			✓	Ö259			✓
Ö83		✓		Ö260	✓		
Ö84		✓		Ö261		✓	
Ö85			✓	Ö262		✓	
Ö86			✓	Ö263			✓
Ö87			✓	Ö264		✓	
Ö88		✓		Ö265			✓
Ö89			✓	Ö266			✓
Ö90		✓		Ö267		✓	
Ö91			✓	Ö268			✓
Ö92			✓	Ö269		✓	
Ö93		✓		Ö270			✓
Ö94		✓		Ö271			✓
Ö95			✓	Ö272		✓	

Tablo 4.12'nin devamı

Ö96			✓	Ö273		✓	
Ö97			✓	Ö274		✓	
Ö98		✓		Ö275		✓	
Ö99	✓			Ö276		✓	
Ö100	✓			Ö277	✓		
Ö101		✓		Ö278		✓	
Ö102			✓	Ö279			✓
Ö103			✓	Ö280			✓
Ö104	✓			Ö281		✓	
Ö105		✓		Ö282	✓		
Ö106		✓		Ö283	✓		
Ö107			✓	Ö284		✓	
Ö108			✓	Ö285		✓	
Ö109		✓		Ö286			✓
Ö110			✓	Ö287		✓	
Ö111		✓		Ö288		✓	
Ö112	✓			Ö289		✓	
Ö113			✓	Ö290			✓
Ö114			✓	Ö291		✓	
Ö115		✓		Ö292	✓		
Ö116		✓		Ö293			✓
Ö117			✓	Ö294		✓	
Ö118		✓		Ö295		✓	
Ö119	✓			Ö296			✓
Ö120		✓		Ö297		✓	
Ö121			✓	Ö298			✓
Ö122			✓	Ö299			✓
Ö123		✓		Ö300		✓	
Ö124	✓			Ö301			✓
Ö125			✓	Ö302		✓	
Ö126		✓		Ö303		✓	
Ö127			✓	Ö304			✓
Ö128		✓		Ö305			✓
Ö129			✓	Ö306		✓	
Ö130		✓		Ö307			✓
Ö131	✓			Ö308			✓
Ö132			✓	Ö309			✓
Ö133		✓		Ö310	✓		
Ö134			✓	Ö311			✓
Ö135		✓		Ö312		✓	
Ö136		✓		Ö313			✓
Ö137		✓		Ö314		✓	
Ö138			✓	Ö315			✓
Ö139		✓		Ö316			✓
Ö140		✓		Ö317	✓		
Ö141		✓		Ö318			✓
Ö142			✓	Ö319		✓	
Ö143			✓	Ö320			✓
Ö144			✓	Ö321			✓

Tablo 4.12'nin devamı

Ö145			✓	Ö322		✓	
Ö146		✓		Ö323		✓	
Ö147			✓	Ö324		✓	
Ö148		✓		Ö325			✓
Ö149		✓		Ö326		✓	
Ö150			✓	Ö327		✓	
Ö151		✓		Ö328		✓	
Ö152	✓			Ö329			✓
Ö153		✓		Ö330		✓	
Ö154			✓	Ö331			✓
Ö155			✓	Ö332			✓
Ö156			✓	Ö333			✓
Ö157		✓		Ö334	✓		
Ö158		✓		Ö335			✓
Ö159	✓			Ö336		✓	
Ö160		✓		Ö337			✓
Ö161			✓	Ö338			✓
Ö162	✓			Ö339		✓	
Ö163	✓			Ö340			✓
Ö164			✓	Ö341		✓	
Ö165			✓	Ö342			✓
Ö166			✓	Ö343	✓		
Ö167		✓		Ö344			✓
Ö168		✓		Ö345	✓		
Ö169		✓		Ö346			✓
Ö170			✓	Ö347		✓	
Ö171			✓	Ö348			✓
Ö172		✓		Ö349			✓
Ö173		✓		Ö350		✓	
Ö174			✓	Ö351			✓
Ö175			✓	Ö352	✓		
Ö176		✓		Ö353		✓	
Ö177			✓	Ö354		✓	

Tablo 4.12’de öğretmen adaylarının sahip oldukları TZM’ler incelendiğinde enerjinin dönüşümüne ilişkin en fazla TZKM durumunda olan öğretmen adaylarının (n=162) bulunduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla BBM durumunda 146 öğrenci ve TBOM durumunda olan 46 öğrenci takip etmektedir.

Tablo 4.13 Öğretmen adaylarının enerjinin korunumu için TZM durumları

Enerjinin Korunumu							
Öğrt. Adayı	TBOM	TZKM	BBM	Öğrt. Adayı	TBOM	TZKM	BBM
Ö1		✓		Ö178		✓	
Ö2			✓	Ö179		✓	
Ö3		✓		Ö180	✓		

Tablo 4.13'ün devamı

Ö4			✓	Ö181	✓		
Ö5	✓			Ö182			✓
Ö6		✓		Ö183	✓		
Ö7			✓	Ö184	✓		
Ö8			✓	Ö185		✓	
Ö9			✓	Ö186			✓
Ö10	✓			Ö187	✓		
Ö11			✓	Ö188	✓		
Ö12		✓		Ö189	✓		
Ö13			✓	Ö190		✓	
Ö14		✓		Ö191			✓
Ö15		✓		Ö192	✓		
Ö16	✓			Ö193	✓		
Ö17		✓		Ö194	✓		
Ö18		✓		Ö195		✓	
Ö19		✓		Ö196	✓		
Ö20		✓		Ö197		✓	
Ö21	✓			Ö198		✓	
Ö22			✓	Ö199			✓
Ö23	✓			Ö200			✓
Ö24			✓	Ö201			✓
Ö25		✓		Ö202		✓	
Ö26		✓		Ö203	✓		
Ö27			✓	Ö204			✓
Ö28			✓	Ö205	✓		
Ö29		✓		Ö206		✓	
Ö30		✓		Ö207			✓
Ö31	✓			Ö208	✓		
Ö32	✓			Ö209			✓
Ö33	✓			Ö210		✓	
Ö34			✓	Ö211	✓		
Ö35			✓	Ö212	✓		
Ö36	✓			Ö213			✓
Ö37			✓	Ö214			✓
Ö38			✓	Ö215	✓		
Ö39		✓		Ö216		✓	
Ö40		✓		Ö217			✓
Ö41			✓	Ö218		✓	
Ö42			✓	Ö219			✓
Ö43		✓		Ö220		✓	
Ö44		✓		Ö221		✓	
Ö45			✓	Ö222		✓	
Ö46		✓		Ö223		✓	
Ö47		✓		Ö224	✓		
Ö48		✓		Ö225			✓
Ö49		✓		Ö226		✓	
Ö50			✓	Ö227	✓		
Ö51		✓		Ö228			✓
Ö52		✓		Ö229	✓		

Tablo 4.13'ün devamı

Ö53	✓			Ö230			✓
Ö54		✓		Ö231			✓
Ö55	✓			Ö232			✓
Ö56	✓			Ö233			✓
Ö57	✓			Ö234			✓
Ö58			✓	Ö235	✓		
Ö59		✓		Ö236			✓
Ö60		✓		Ö237		✓	
Ö61		✓		Ö238		✓	
Ö62		✓		Ö239		✓	
Ö63			✓	Ö240			✓
Ö64			✓	Ö241	✓		
Ö65			✓	Ö242		✓	
Ö66	✓			Ö243		✓	
Ö67			✓	Ö244			✓
Ö68		✓		Ö245		✓	
Ö69			✓	Ö246		✓	
Ö70		✓		Ö247	✓		
Ö71		✓		Ö248		✓	
Ö72		✓		Ö249			✓
Ö73			✓	Ö250		✓	
Ö74	✓			Ö251		✓	
Ö75			✓	Ö252		✓	
Ö76			✓	Ö253			✓
Ö77		✓		Ö254		✓	
Ö78			✓	Ö255		✓	
Ö79			✓	Ö256			✓
Ö80	✓			Ö257			✓
Ö81	✓			Ö258			✓
Ö82		✓		Ö259	✓		
Ö83		✓		Ö260		✓	
Ö84		✓		Ö261		✓	
Ö85			✓	Ö262		✓	
Ö86	✓			Ö263			✓
Ö87			✓	Ö264		✓	
Ö88	✓			Ö265			✓
Ö89			✓	Ö266			✓
Ö90	✓			Ö267			✓
Ö91			✓	Ö268			✓
Ö92			✓	Ö269			✓
Ö93	✓			Ö270	✓		
Ö94		✓		Ö271			✓
Ö95			✓	Ö272		✓	
Ö96			✓	Ö273		✓	
Ö97			✓	Ö274	✓		
Ö98			✓	Ö275	✓		
Ö99	✓			Ö276		✓	
Ö100		✓		Ö277		✓	
Ö101			✓	Ö278	✓		

Tablo 4.13'ün devamı

Ö102			✓	Ö279		✓
Ö103			✓	Ö280	✓	
Ö104	✓			Ö281	✓	
Ö105		✓		Ö282	✓	
Ö106			✓	Ö283	✓	
Ö107			✓	Ö284	✓	
Ö108			✓	Ö285		✓
Ö109			✓	Ö286		✓
Ö110			✓	Ö287	✓	
Ö111	✓			Ö288		✓
Ö112		✓		Ö289	✓	
Ö113			✓	Ö290		✓
Ö114			✓	Ö291		✓
Ö115		✓		Ö292	✓	
Ö116		✓		Ö293		✓
Ö117			✓	Ö294		✓
Ö118	✓			Ö295	✓	
Ö119	✓			Ö296		✓
Ö120		✓		Ö297	✓	
Ö121	✓			Ö298		✓
Ö122			✓	Ö299		✓
Ö123		✓		Ö300		✓
Ö124	✓			Ö301		✓
Ö125			✓	Ö302		✓
Ö126		✓		Ö303		✓
Ö127			✓	Ö304	✓	
Ö128			✓	Ö305		✓
Ö129			✓	Ö306	✓	
Ö130			✓	Ö307		✓
Ö131	✓			Ö308		✓
Ö132		✓		Ö309		✓
Ö133		✓		Ö310	✓	
Ö134			✓	Ö311		✓
Ö135	✓			Ö312	✓	
Ö136	✓			Ö313		✓
Ö137	✓			Ö314		✓
Ö138			✓	Ö315		✓
Ö139			✓	Ö316		✓
Ö140			✓	Ö317	✓	
Ö141	✓			Ö318		✓
Ö142			✓	Ö319	✓	
Ö143			✓	Ö320	✓	
Ö144			✓	Ö321		✓
Ö145	✓			Ö322	✓	
Ö146	✓			Ö323	✓	
Ö147			✓	Ö324	✓	
Ö148	✓			Ö325	✓	
Ö149		✓		Ö326	✓	
Ö150	✓			Ö327	✓	

Tablo 4.13'ün devamı

Ö151		✓		Ö328		✓
Ö152	✓			Ö329		✓
Ö153		✓		Ö330	✓	
Ö154			✓	Ö331		✓
Ö155			✓	Ö332		✓
Ö156			✓	Ö333		✓
Ö157		✓		Ö334	✓	
Ö158		✓		Ö335		✓
Ö159	✓			Ö336	✓	
Ö160		✓		Ö337	✓	
Ö161			✓	Ö338	✓	
Ö162		✓		Ö339	✓	
Ö163		✓		Ö340		✓
Ö164		✓		Ö341	✓	
Ö165			✓	Ö342		✓
Ö166			✓	Ö343	✓	
Ö167		✓		Ö344		✓
Ö168		✓		Ö345	✓	
Ö169			✓	Ö346		✓
Ö170			✓	Ö347	✓	
Ö171			✓	Ö348	✓	
Ö172		✓		Ö349		✓
Ö173			✓	Ö350	✓	
Ö174			✓	Ö351		✓
Ö175		✓		Ö352	✓	
Ö176		✓		Ö353	✓	
Ö177			✓	Ö354	✓	

Tablo 4.13'te öğretmen adaylarının sahip oldukları TZM'ler incelendiğinde enerjinin korunumuna ilişkin en fazla BBM durumunda olan öğretmen adaylarının (n=146) bulunduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla TZKM durumunda 128 öğrenci ve TBOM durumunda olan 80 öğrenci takip etmektedir. İM durumunda öğrenci bulunmadığı görülmüştür.

4.2.5 Katılımcıların Yoğunluk Matrisi Eğilimlerinin İncelenmesi

Katılımcıların yoğunluk matrisleri birbirinden farklı türlerdeki eğilimlerini kapsayacak biçimde belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının Tablo 4.14'te enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin katılımcı yoğunluk matrisleri sunulmuştur.

Tablo 4.14 Enerjinin çeşitleri soru grubuna ait katılımcı yoğunluk matrisleri

Enerji Çeşitleri		
0,60	0,30	0,13
0,30	0,30	0,13
0,13	0,13	0,10

Tablo 4.14 incelendiğinde, öğretmen adaylarının TZM'lerinin farklı olduğu ve bu bağlamda katılımcıların eğiliminin Tutarsız Karma Eğilim durumunda olduğu görülmektedir. Buradan öğretmen adaylarının tutarlı eğilim ve bilimsel cevapta ($a_{11}:0,60$) yoğunlaştığı görülse de diyagonal elemanların tamamında dağılım bulunmaktadır. Bu durum öğrencilerin TZM kullanımında gerçekte tutarsız bir eğilim olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte hatalı cevapta ($a_{22}:0,30$) ve ilişkisiz cevapta ($a_{33}:0,10$) öğretmen adayların olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 4.15 Enerjinin dönüşümü soru grubuna ait katılımcı yoğunluk matrisleri

Enerjinin Dönüşümü		
0,53	0,33	0,11
0,33	0,38	0,12
0,11	0,12	0,09

Tablo 4.15 incelendiğinde, öğretmen adaylarının TZM'lerinin farklı olduğu ve bu bağlamda katılımcıların eğiliminin Tutarsız Karma Eğilim durumunda olduğu görülmektedir. Tablodan öğretmen adaylarının tutarlı eğilim ve bilimsel cevapta ($a_{11}:0,53$) yoğunlaştığı görülse de diyagonal elemanların tamamında dağılım bulunmaktadır. Buna göre öğrenciler TZM kullanımında tutarsız bir eğilim göstermektedir. Bununla birlikte hatalı cevapta ($a_{22}:0,38$) ve ilişkisiz cevapta ($a_{33}:0,09$) sahip öğretmen adayların olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 4.16 Enerjinin korunumu soru grubuna ait katılımcı yoğunluk matrisleri

Enerjinin Korunumu		
0,49	0,28	0,07
0,28	0,40	0,11
0,07	0,11	0,11

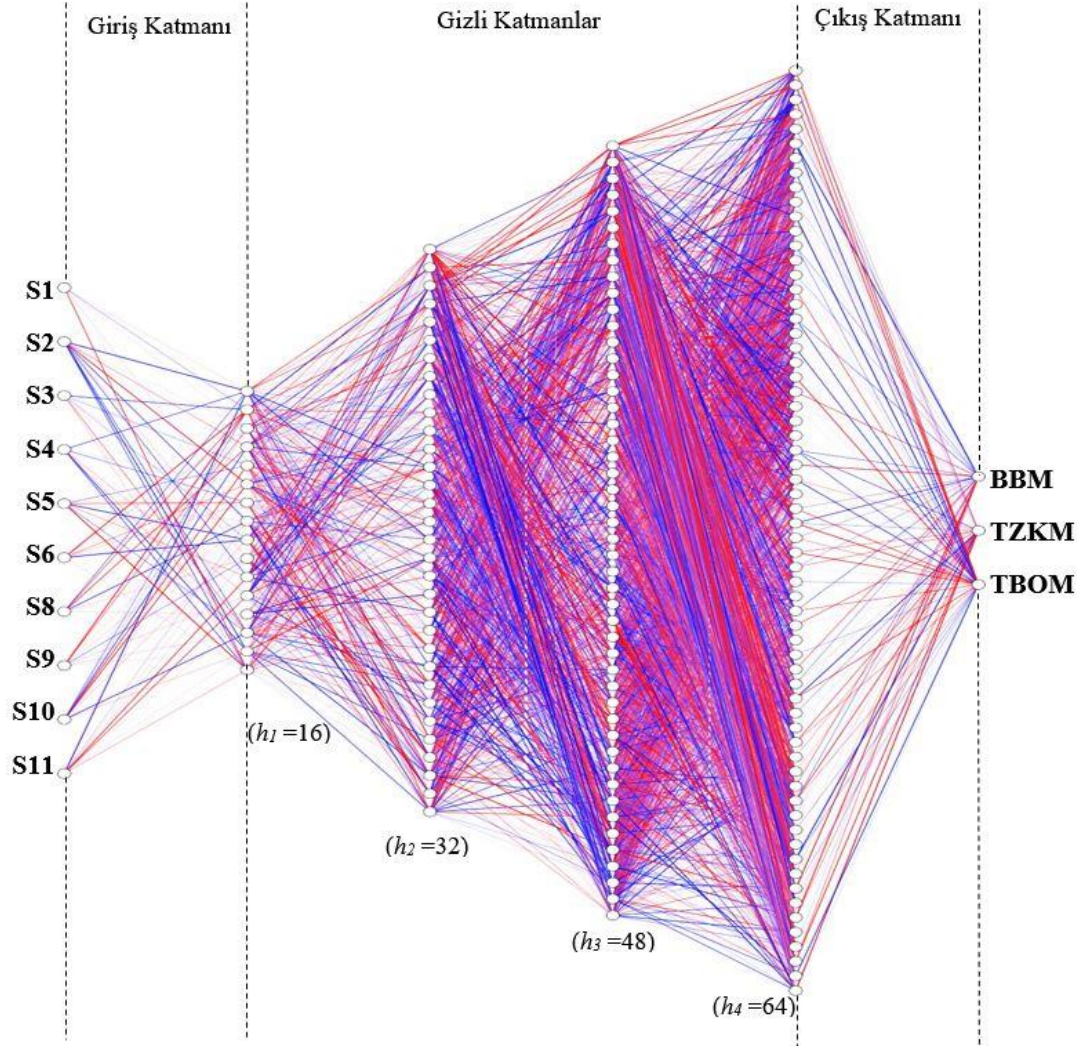
Tablo 4.16 incelendiğinde, öğretmen adaylarının TZM'lerinin farklı olduğu ve bu bağlamda katılımcıların eğiliminin Tutarsız Karma Eğilim durumunda olduğu görülmektedir. Buradan öğretmen adaylarının tutarlı eğilim ve bilimsel cevapta ($a_{11}:0,49$) yoğunlaştığı görülse de diyagonal elemanların tamamında dağılım bulunmaktadır. Bu durum öğrencilerin TZM kullanımında gerçekte tutarsız bir eğilim olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte hatalı cevapta ($a_{22}:0,40$) ve ilişkisiz cevapta ($a_{33}:0,11$) öğretmen adayların olduğu dikkat çekmektedir.

4.3 Derin Sinir Ağı Uygulamasına İlişkin Bulgular

Bu başlık altında geliştirilen EKÖDT maddelerine ilişkin analizleri daha hızlı ve pratik şekilde yapabilmek adına, TZM'leri yapay zekâ ile tahmin etme konusunda ulaşılan bulgulara yer verilmiştir. Yapay zekâ ile tahmin etme konusunda Python dilinin Keras ve Tensorflow Kütüphaneleri kullanılarak DSA modelleri oluşturulmuştur. DSA modeli oluşturulurken öncelikle gizli katmanların ve bu gizli katmanlardaki nöron sayıları belirlenmiştir. DSA'larda gizli katmanlardaki nöronların sayısı, sınıflandırma doğruluğunda hayati bir rol oynadığından dolayı gizli katman ve katmanlardaki nöronların sayısı belirlenirken farklı modeller denenmiştir. Bu denemelerde 16, 32, 48 ve 64 nörona sahip 4 gizli katmanlı model oluşturulmuştur. Öncelikle veri seti, %70 ve %30 oranlarında seçkisiz olarak bölünmüştür. Verilerin %70'i (247 veri) DSA modelini eğitmek için kullanılmış olup %30'u (107 veri) modelin testi için kullanılmıştır. Aşağıda her bir soru grubuna ait bulgular ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

4.3.1 Enerji Çeşitlerine İlişkin Derin Sinir Ağı Bulguları

Enerji çeşitlerine ilişkin DSA modelinin giriş katmanı 10 nörondan oluşmaktadır. Bu nöronlar, ilgili test maddelerine karşılık gelmektedir. Bunun yanı sıra DSA modelinin çıkışı 3 nörondan oluşmaktadır. Bu nöronlar TZM'leri temsil etmektedir. Şekil 4.1'de enerji çeşitlerine ait modellemenin yapay sinir ağı mimarisinde yorumlanmasının temsili görülmektedir.



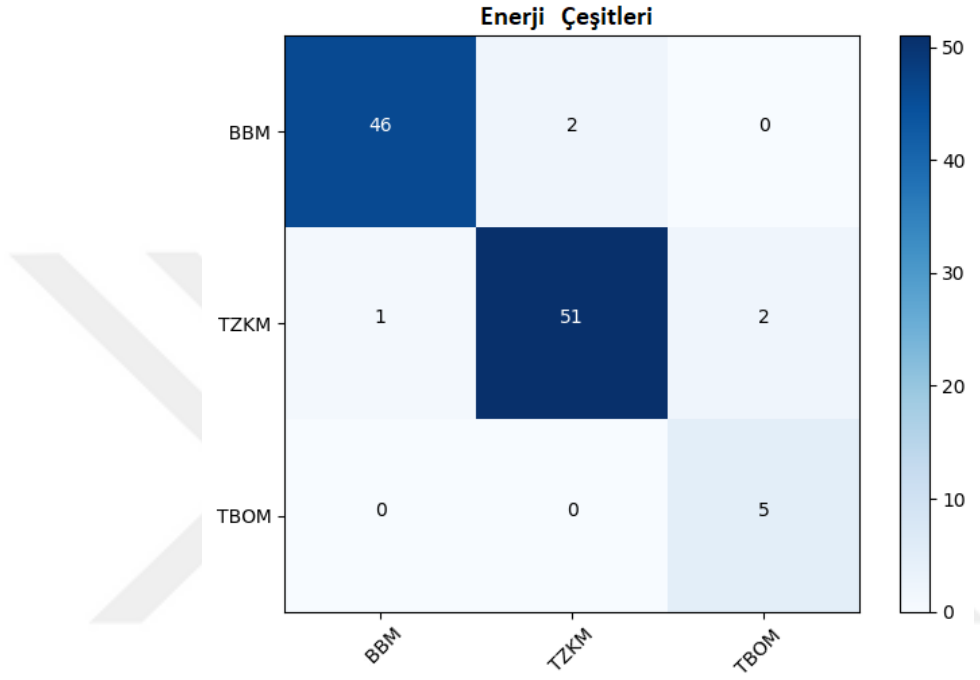
Şekil 4.1 Enerji çeşitlerine ilişkin yapay sinir ağı mimarisi

Bu kapsamda elde edilen veriler Tablo 4.17’de belirtilmiştir.

Tablo 4.17 DSA modellerinin parametreleri ve sınıflandırma performansları

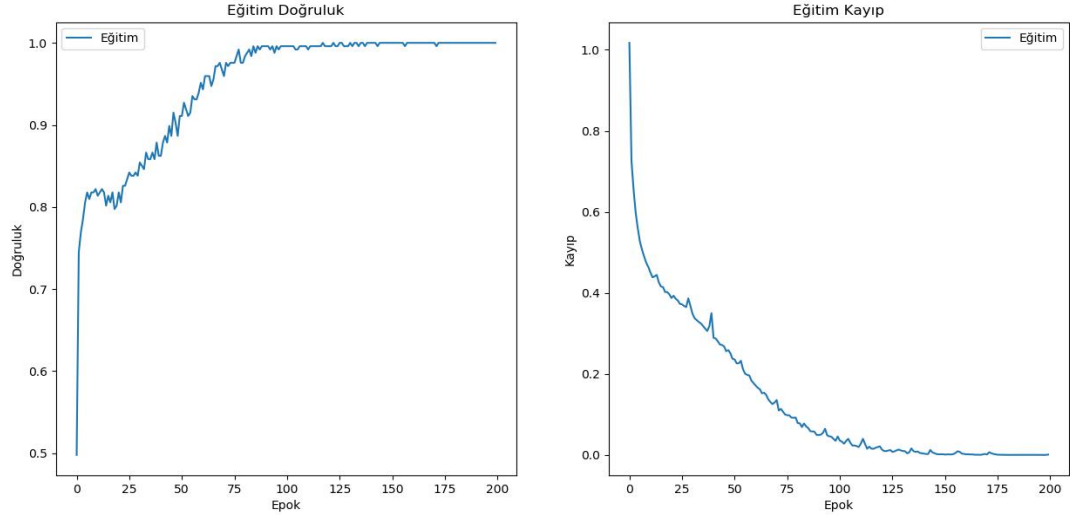
Model Adı	Optimizasyon Algoritması	Aktivasyon Fonksiyonu	Kayıp Fonksiyonu	Kesinlik	Hassasiyet	F1-Skoru	Support	Doğruluk	Epok
BBM	Adam	ReLU	Categorical Crossentropy	0,9787	0,9583	0,9684	48	0,9533	200
TZKM				0,9623	0,9444	0,9533	54		
TBOM				0,7143	1,0000	0,8333	5		

Tablo 4.17’ye göre enerji çeşitlerine ilişkin recall metriğine göre DSA modeli, üç sınıfı da %90’nın üzerinde doğru sınıflandırmıştır. BBM durumu için bu oran %95,83, TZKM durumu için %94,44 ve TBOM durumu için %100 şeklindedir. DSA modeli, bütün model durumlarını yüksek oranda doğru sınıflandırmaktadır. Modelin ortalama sınıflandırma doğruluğunun (accuracy–ACC) ise %95,33 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2 Enerji çeşitlerine ilişkin DSA karmaşıklık matrisi

Şekil 4.2’de yer alan karmaşıklık matrisine göre bir değerlendirme yapıldığında DSA modeli, 48 BBM durumundan 46 tanesini doğru sınıflandırırken, 2 tanesini TZKM olarak sınıflandırmıştır. TZKM durumu için ise 54 veriden 51 tanesi doğru sınıflandırırken 1 tane BBM ve 2 tane TBOM olarak yanlış sınıflandırma saptanmıştır. TBOM durumunda 5 veriden tamamı doğru sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.3 Enerji çeşitlerine ilişkin DSA epok değerleri

Şekil 4.3 incelendiğinde enerji çeşitlerine ilişkin gerek doğruluk epok değerinin gerekse kayıp epok değerinin 200 olduğu görülmektedir. DSA modelinin eğitilmesinde doğruluk değerinin yaklaşık olarak 175-200 epok değeri aralığında optimum düzeye ulaştığı saptanmıştır. Bununla birlikte DSA modelinin eğitilmesinde kayıp değeri de benzer epok aralığında sıfıra yaklaşarak optimum düzeye ulaşmaktadır.

Enerji çeşitlerine ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu Tablo 4.18’de görülmektedir.

Tablo 4.18 Enerji çeşitlerine ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu

Öğretmen Adayı	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S8	S9	S10	S11	DeneySEL	Tahmini	Hata
72	2	2	2	4	1	4	5	1	1	2	1	1	0
289	4	1	4	2	0	1	1	3	1	2	1	2	-1
149	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
274	4	1	3	2	5	1	3	5	4	1	1	1	0
136	5	1	2	2	4	4	2	2	4	2	1	1	0
56	3	1	1	5	5	3	3	3	2	5	1	1	0
133	5	5	2	2	3	1	4	1	1	5	1	1	0
40	5	3	3	1	1	5	2	4	4	5	1	1	0
263	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
185	5	2	3	1	3	5	3	2	2	3	2	2	0
115	5	4	1	0	5	3	3	3	5	4	1	1	0
8	5	1	3	2	3	1	5	2	5	5	1	1	0
91	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
143	5	5	3	1	1	1	3	5	5	1	0	0	0
203	5	5	1	0	3	1	5	1	4	1	1	1	0

Tablo 4.18'in devamı

19	4	5	3	2	2	3	2	3	4	1	1	1	0
62	5	1	1	3	3	1	5	5	1	2	1	1	0
252	3	5	3	1	3	1	1	5	1	3	1	1	0
77	5	5	1	1	5	3	5	3	1	4	1	1	0
230	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
128	5	1	3	1	3	1	3	5	5	3	0	0	0
166	5	1	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
154	5	5	1	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
284	4	1	4	2	0	1	1	3	1	2	1	2	-1
339	5	2	3	1	5	1	3	5	4	1	1	1	0
215	5	1	1	2	2	1	4	1	5	3	2	2	0
321	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
74	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
22	5	5	1	1	3	1	5	5	5	1	1	1	0
298	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
15	3	2	3	1	5	5	3	3	2	4	1	1	0
148	3	4	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	0
304	1	5	2	1	3	1	2	5	5	1	0	0	0
227	5	5	3	1	3	1	1	5	5	1	0	0	0
103	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
24	5	5	1	4	3	5	3	2	5	1	0	0	0
278	5	1	2	2	4	4	2	2	4	2	1	1	0
261	4	5	2	1	3	1	5	5	5	1	1	1	0
334	2	3	4	4	1	5	3	1	1	4	1	1	0
105	5	2	1	2	5	1	3	1	5	3	2	2	0
167	5	2	4	2	1	3	2	4	4	3	1	1	0
236	5	1	2	1	3	1	1	5	5	1	0	0	0
194	5	4	3	2	3	1	3	5	5	1	1	1	0
320	5	5	2	1	3	1	3	5	4	1	1	1	0
209	4	5	3	1	4	1	5	5	5	3	1	1	0
85	5	5	3	1	3	1	2	5	4	1	1	1	0
189	5	5	3	1	3	1	3	5	4	1	1	1	0
117	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
97	5	2	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
110	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
332	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
247	5	4	2	1	5	1	3	5	4	1	1	1	0
270	5	5	3	1	3	1	3	5	1	2	0	1	-1
1	5	5	3	1	3	1	1	5	5	1	0	0	0
27	5	5	3	1	3	1	3	5	2	1	0	0	0
248	5	5	2	2	2	3	4	3	2	3	1	1	0
245	5	2	4	2	5	1	1	3	5	2	1	1	0
187	5	5	2	0	0	4	5	5	3	5	1	1	0
196	4	2	3	1	3	1	2	5	4	3	1	1	0
153	2	3	2	3	1	4	1	4	4	5	1	1	0
38	5	5	2	1	3	1	1	5	5	1	0	0	0
353	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
4	5	2	1	1	0	1	3	5	5	5	1	0	1
161	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
144	5	1	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
308	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
249	5	5	3	1	3	1	5	5	5	1	1	1	0

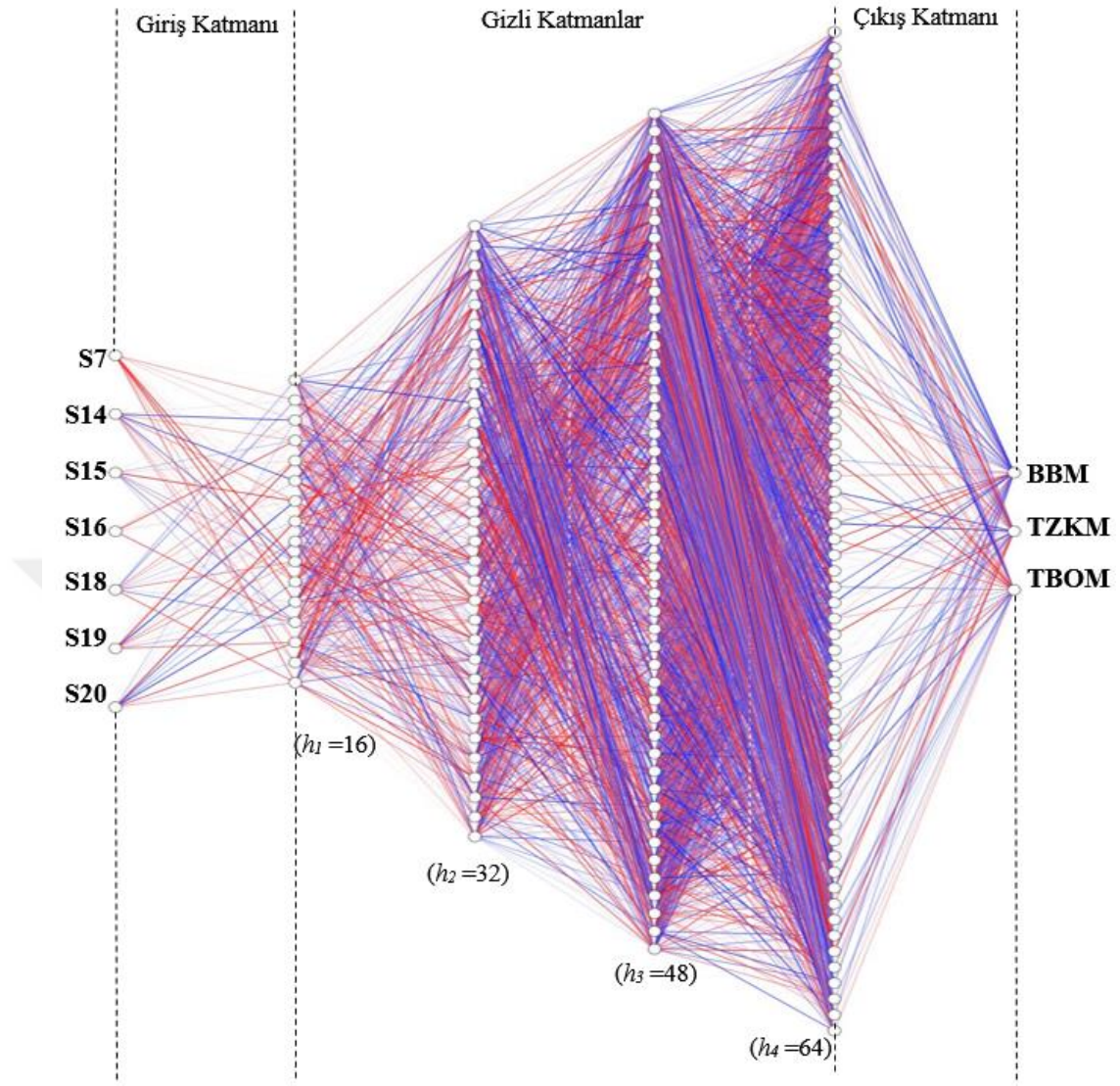
Tablo 4.18'in devamı

37	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
34	5	4	4	1	3	5	3	5	1	3	1	1	0
3	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
211	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
63	3	1	1	1	3	1	5	5	5	1	1	1	0
145	5	5	3	1	3	1	1	5	5	1	0	0	0
92	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
76	5	5	2	1	3	1	3	5	4	3	1	1	0
231	5	2	2	1	3	1	5	4	5	4	1	1	0
125	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
61	3	5	3	1	3	1	1	5	1	3	1	1	0
305	5	5	2	1	3	1	2	5	5	1	0	0	0
333	5	2	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
182	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
147	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
243	5	2	3	1	5	1	3	5	4	1	1	1	0
207	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
314	4	5	3	1	4	1	5	5	5	3	1	1	0
287	5	1	3	4	1	1	3	1	2	3	2	2	0
324	5	1	1	2	2	1	4	1	5	3	2	2	0
123	4	1	4	5	3	3	2	3	2	1	1	1	0
131	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
140	5	5	3	1	5	1	3	5	4	1	1	1	0
264	2	3	4	4	4	1	5	2	3	3	1	1	0
104	2	5	3	3	2	2	3	4	3	4	1	1	0
258	3	5	1	2	3	1	3	5	5	1	0	0	0
43	2	1	3	1	3	1	5	1	2	1	1	1	0
122	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
95	5	5	1	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
312	3	1	4	1	4	1	5	4	1	3	1	1	0
173	5	5	3	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
201	5	4	4	1	3	5	3	5	1	3	1	1	0
234	5	5	2	1	3	1	2	5	5	1	0	0	0
223	3	4	4	1	5	1	3	5	4	1	1	1	0
163	3	3	1	5	4	3	5	2	4	2	1	1	0
152	2	5	3	3	2	2	3	4	3	4	1	1	0
315	5	5	2	1	3	1	3	5	5	1	0	0	0
33	5	5	3	1	3	1	3	5	1	2	0	1	-1
279	5	5	3	1	3	5	3	5	5	1	0	0	0
21	4	2	2	1	2	1	4	1	2	3	1	1	0

Tablo 4.18 incelendiğinde 5 adet model sınıflandırmasının yanlış sınıflandırıldığı, diğer verilerin doğru sınıflandırıldığı görülmektedir.

4.3.2 Enerjinin Dönüşümüne İlişkin Derin Sinir Ağı Bulguları

Şekil 4.4'te Enerjinin dönüşümüne ait modellemenin yapay sinir ağı mimarisinde yorumlanmasının temsili görülmektedir.



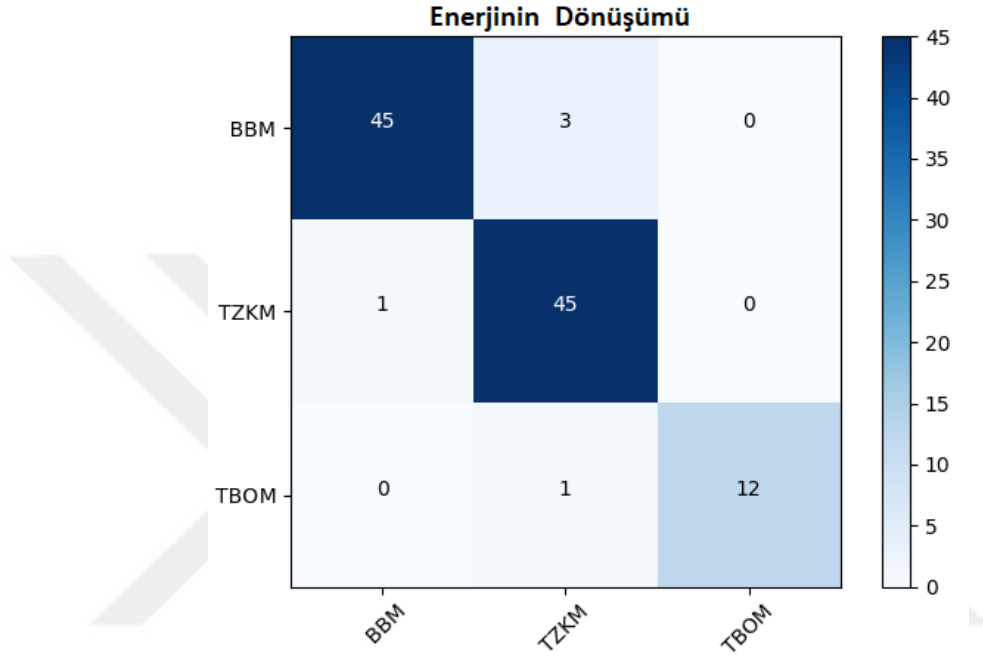
Şekil 4.4 Enerjinin dönüşümüne ilişkin yapay sinir ağı mimarisi

Bu kapsamda elde edilen veriler Tablo 4.19’da belirtilmiştir.

Tablo 4.19 DSA modellerinin parametreleri ve sınıflandırma performansları

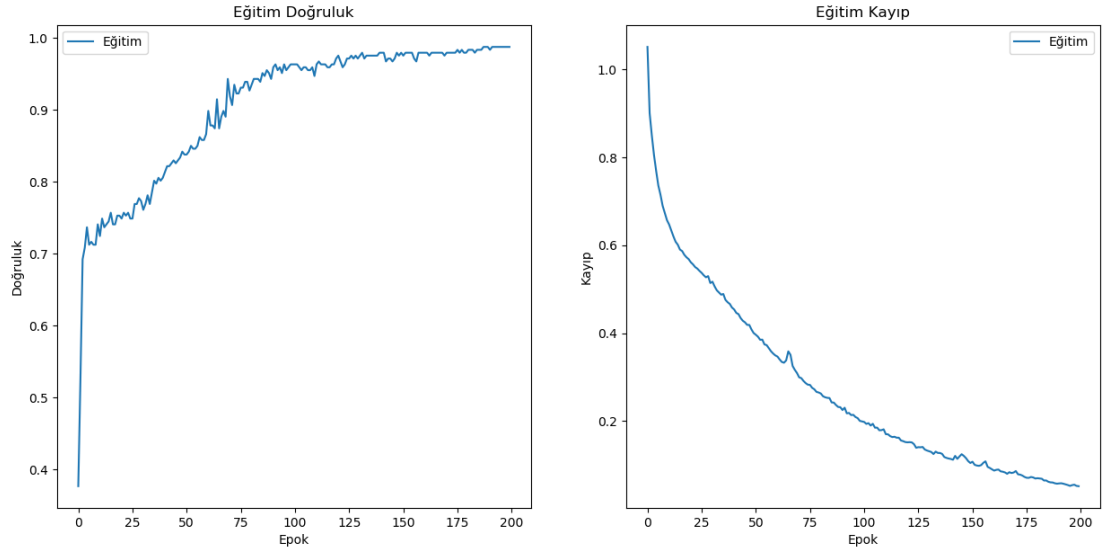
Model Adı	Optimizasyon Algoritması	Aktivasyon Fonksiyonu	Kayıp Fonksiyonu	Kesinlik	Hassasiyet	F1-Skoru	Support	Doğruluk	Epok
BBM	Adamax	ReLU	Categorical crossentropy	0,9783	0,9375	0,9574	48	0,9533	200
TZKM				0,9184	0,9783	0,9474	46		
TBOM				1.000	0,9231	0,96	13		

Tablo 4.19’a göre enerjinin dönüşümüne ilişkin recall metriğine göre DSA modeli üç sınıfı da %90’nın üzerinde doğru sınıflandırmıştır. BBM durumu için bu oran %93,75, TZKM durumu için %97,83 ve TBOM durumu için %92,31 şeklindedir. DSA modeli, bütün model durumlarını yüksek oranda sınıflandırmaktadır. Modelin ortalama sınıflandırma doğruluğunun (accuracy–ACC) ise %95,33 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5 Enerjinin dönüşümüne ilişkin DSA karmaşıklık matrisi

Şekil 4.5’te yer alan karmaşıklık matrisine göre bir değerlendirme yapıldığında DSA modeli, 48 BBM durumundan 45 tanesini doğru sınıflandırırken, 3 tanesini TZKM olarak sınıflandırmıştır. TZKM durumu için ise 46 veriden 45 tanesi doğru sınıflandırılmış olup yalnızca 1 tanesi BBM olarak yanlış sınıflandırılmıştır. TBOM durumunda 13 veriden 1 tanesi TZKM olarak yanlış diğerleri doğru sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.6 Enerjinin dönüşümüne ilişkin DSA epok değerleri

Şekil 4.6 incelendiğinde enerjinin dönüşümüne ilişkin gerek doğruluk epok değerinin gerekse kayıp epok değerinin 200 olduğu görülmektedir. DSA modelinin eğitilmesinde doğruluk epok değerinin 200’de optimum düzeye ulaştığı saptanmıştır.

Enerjinin dönüşümüne ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu Tablo 4.20’de görülmektedir.

Tablo 4.20 Enerjinin dönüşümüne ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu

Öğretmen Adayı	S7	S14	S15	S16	S18	S19	S20	Deneyssel	Tahmini	Hata
72	1	1	4	2	4	5	3	1	1	0
289	4	5	4	3	3	3	4	1	1	0
149	4	1	4	2	4	3	4	0	0	0
274	4	2	2	1	5	3	2	1	1	0
136	1	1	4	4	4	3	1	0	1	-1
56	3	2	1	2	5	2	4	1	1	0
133	5	1	1	3	4	3	4	0	0	0
40	2	2	4	1	4	2	1	2	2	0
263	5	3	2	3	2	2	3	2	2	0
185	4	1	4	2	1	3	4	0	0	0
115	4	5	4	3	4	3	4	0	1	-1
8	1	2	5	5	5	1	4	1	1	0
91	4	4	1	3	5	3	4	1	1	0
143	4	1	4	3	3	2	3	1	1	0
203	5	2	4	4	4	4	4	2	1	1
19	3	4	4	2	4	2	2	1	1	0
62	4	1	4	3	4	4	3	0	0	0

Tablo 4.20'nin devamı

252	4	1	2	3	5	2	1	1	1	0
77	4	1	4	3	3	3	4	1	1	0
230	2	2	4	2	3	2	4	1	1	0
128	4	3	4	2	2	1	2	2	2	0
166	4	4	4	3	5	3	4	1	1	0
154	5	5	4	3	5	3	4	1	1	0
284	4	1	3	2	3	5	5	1	1	0
339	3	1	3	4	3	2	3	1	0	1
215	3	4	4	3	4	1	4	1	1	0
321	4	2	4	2	4	3	5	1	1	0
74	4	1	4	2	4	3	3	0	0	0
22	1	1	4	4	4	3	1	0	1	-1
298	4	2	1	5	1	2	5	1	1	0
15	4	1	4	5	4	2	3	0	0	0
148	2	3	1	3	4	2	1	2	2	0
304	4	1	4	3	2	3	4	0	0	0
227	4	2	4	2	4	3	3	0	0	0
103	2	2	3	0	5	5	5	1	1	0
24	4	1	4	3	4	3	3	0	0	0
278	4	4	4	3	4	3	4	1	1	0
261	5	4	4	3	2	4	3	1	1	0
334	1	1	4	3	4	1	3	0	0	0
105	4	1	4	4	2	3	4	0	0	0
167	4	1	4	2	2	3	4	0	0	0
236	4	3	4	3	4	3	4	0	0	0
194	1	1	1	1	1	5	3	1	1	0
320	2	1	5	1	2	1	2	2	2	0
209	4	3	2	2	3	2	3	1	1	0
85	4	2	4	5	3	1	4	1	1	0
189	4	1	4	2	2	3	4	0	0	0
117	2	3	1	1	3	2	4	1	1	0
97	5	3	1	4	3	3	4	1	1	0
110	2	2	2	2	4	2	5	1	1	0
332	4	1	4	5	4	3	4	0	0	0
247	4	2	4	3	4	3	3	0	0	0
270	4	1	4	4	4	3	4	0	0	0
1	4	1	2	3	4	3	4	0	0	0
27	1	1	3	1	3	1	3	1	1	0
248	4	2	4	3	4	3	3	0	0	0
245	2	5	4	2	3	1	4	1	1	0
187	3	5	2	5	4	2	1	1	1	0
196	4	1	4	3	4	4	3	0	0	0
153	4	1	4	3	4	3	4	0	0	0
38	3	4	4	3	4	1	4	1	1	0
353	4	1	4	2	4	3	3	0	0	0
4	4	1	4	3	4	3	3	0	0	0
161	4	1	4	3	4	3	4	0	0	0
144	4	2	4	5	3	1	4	1	1	0
308	2	2	2	2	4	2	5	1	1	0
249	4	5	4	2	1	2	1	2	2	0
37	4	4	4	3	4	3	4	1	1	0
34	4	1	4	4	4	1	4	0	0	0

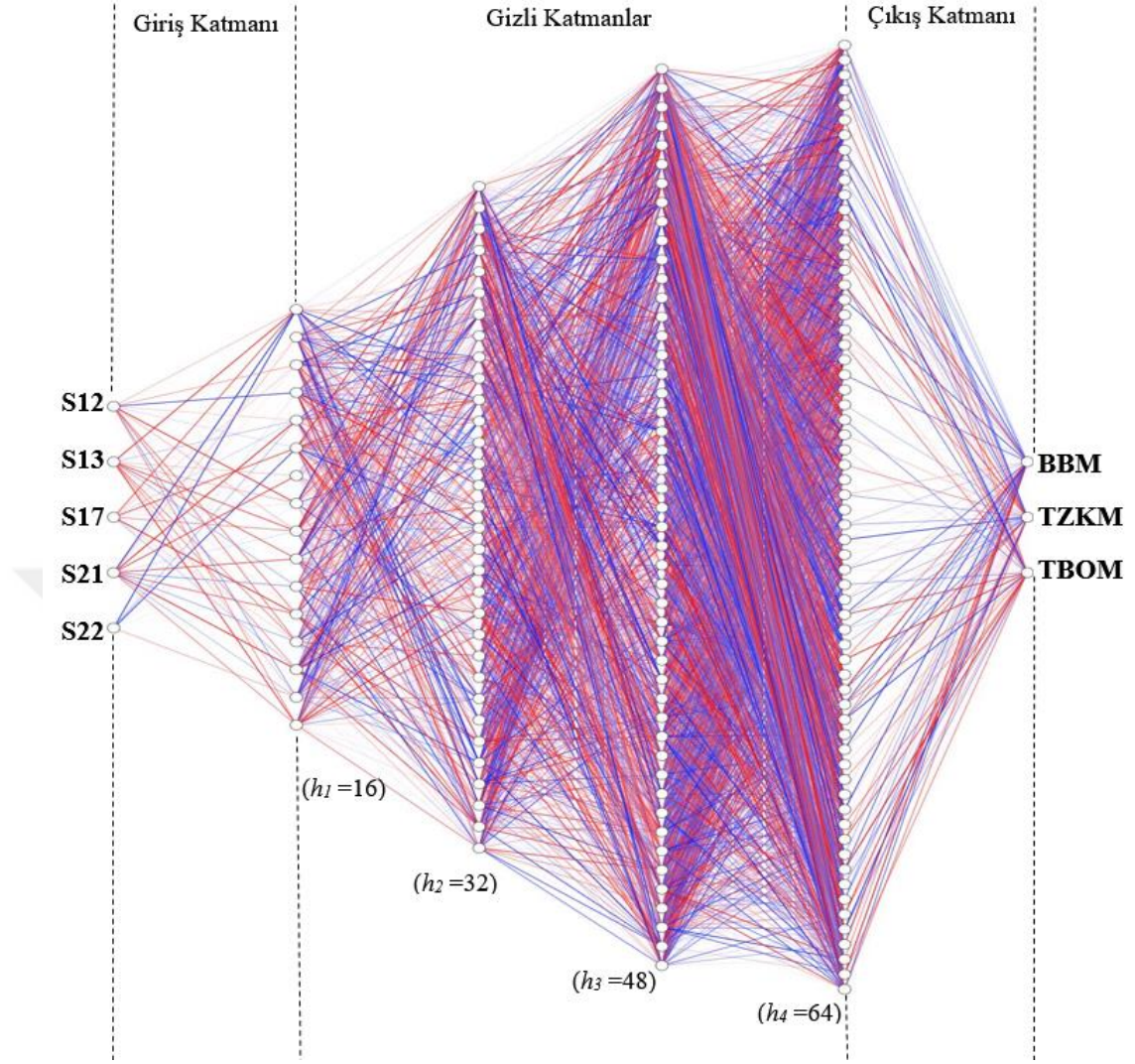
Tablo 4.20'nin devamı

3	4	4	4	4	1	3	4	1	1	0
211	4	1	4	3	4	3	4	0	0	0
63	4	1	4	2	5	3	3	1	1	0
145	4	1	4	3	4	1	3	0	0	0
92	4	4	3	2	2	4	4	1	1	0
76	4	1	4	3	1	3	4	0	0	0
231	4	2	4	2	4	3	4	0	0	0
125	3	2	1	2	5	2	4	1	1	0
61	4	1	4	3	4	3	3	0	0	0
305	1	2	1	1	4	2	1	2	2	0
333	2	3	1	1	3	2	4	1	1	0
182	4	1	1	2	1	2	1	2	2	0
147	4	1	4	3	4	3	4	0	0	0
243	4	1	4	3	4	5	3	1	1	0
207	4	5	4	2	1	3	4	0	0	0
314	5	2	4	5	3	3	3	1	1	0
287	2	2	2	4	1	4	4	2	2	0
324	4	1	4	2	2	3	4	0	0	0
123	4	2	4	2	4	3	4	0	0	0
131	2	5	4	2	1	3	4	2	2	0
140	4	3	4	3	3	3	3	1	1	0
264	4	1	4	3	4	1	3	0	0	0
104	4	1	4	2	2	3	4	0	0	0
258	4	2	4	3	3	3	5	1	1	0
43	4	1	4	3	4	1	3	0	0	0
122	4	2	2	2	2	2	2	2	2	0
95	4	2	4	2	4	3	3	0	0	0
312	1	1	5	2	2	3	4	2	2	0
173	4	1	4	2	4	3	3	0	0	0
201	4	1	4	3	4	4	4	0	0	0
234	4	2	1	2	3	1	3	1	1	0
223	4	1	4	3	4	3	4	0	0	0
163	4	1	4	3	4	3	4	0	0	0
152	4	4	4	2	5	2	4	1	1	0
315	4	1	4	3	1	3	4	0	0	0
33	4	4	3	3	5	4	1	1	1	0
279	4	2	4	3	4	3	4	0	0	0
21	4	1	4	3	4	3	3	0	0	0

Tablo 4.20 incelendiğinde 5 adet model sınıflandırmasının yanlış sınıflandırıldığı, diğer verilerin doğru sınıflandırıldığı görülmektedir.

4.3.3 Enerjinin Korunumuna İlişkin Derin Sinir Ağı Bulguları

Şekil 4.7'de Enerjinin Korunumuna ait modellemenin yapay sinir ağı mimarisinde yorumlanmasının temsili görülmektedir.



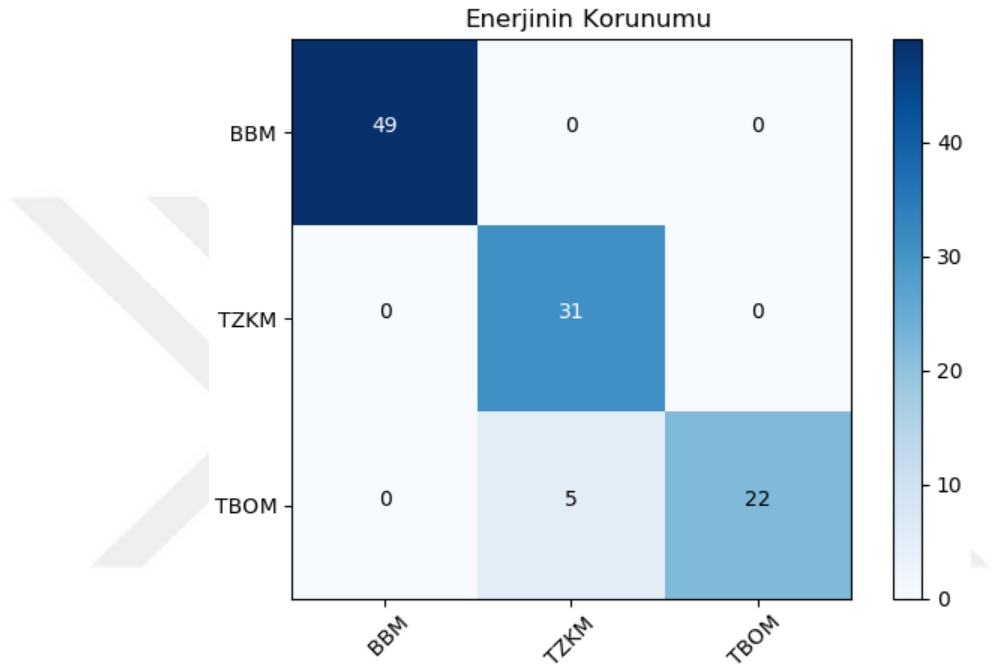
Şekil 4.7 Enerjinin korunumuna ilişkin yapay sinir ağı mimarisi

Bu kapsamda elde edilen veriler Tablo 4.21’de belirtilmiştir.

Tablo 4.21 DSA modellerinin parametreleri ve sınıflandırma performansları

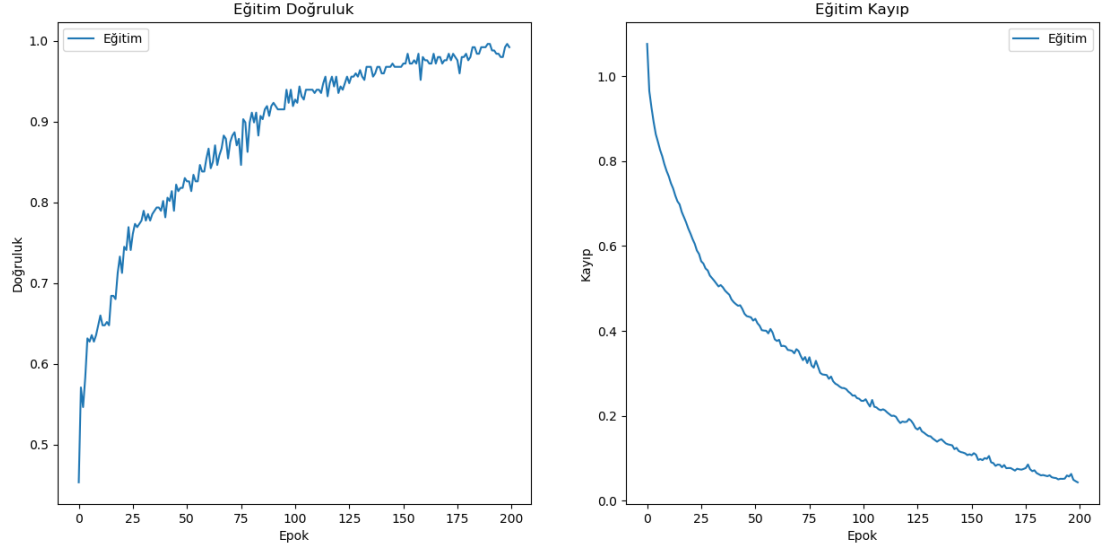
Model Adı	Optimizasyon Algoritması	Aktivasyon Fonksiyonu	Kayıp Fonksiyonu	Kesinlik	Hassasiyet	F1-Skoru	Support	Doğruluk	Epok
BBM	Adamax	ReLU	Categorical crossentropy	1,000	1,000	1,000	49	0,9533	200
TZKM				0,9184	1,000	0,9254	31		
TBOM				1,000	0,8148	0,8980	27		

Tablo 4.21'e göre enerjinin korunumuna ilişkin recall metriğindeki oranlar sırasıyla BBM durumu için %100, TZKM durumu için %100 ve TBOM durumu için %81,48 şeklindedir. Bu bulgulara göre BBM %100, TZKM %100 ve TBOM %81,48 oranında doğru sınıflandırılmıştır. DSA modeli, bütün model durumlarını yüksek oranda sınıflandırmaktadır. Modelin ortalama sınıflandırma doğruluğunun (accuracy-ACC) ise %95,33 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8 Enerjinin korunumuna ilişkin DSA karmaşıklık matrisi

Şekil 4.8'de yer alan karmaşıklık matrisine göre bir değerlendirme yapıldığında 49 BBM durumunun tamamının ve 31 TZKM durumunun tamamının doğru sınıflandırıldığı görülmektedir. TBOM durumunda 27 veriden 5 tanesi TZKM olarak yanlış olup diğer durumlar doğru sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.9 Enerjinin korunumuna ilişkin DSA epok değerleri

Şekil 4.9 incelendiğinde enerjinin dönüşümüne ilişkin gerek doğruluk epok değerinin gerekse kayıp epok değerinin 200 olduğu görülmektedir. DSA modelinin eğitilmesinde doğruluk epok değerinin 200’de optimum düzeye ulaştığı saptanmıştır.

Enerjinin korunumuna ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu Tablo 4.22’de görülmektedir.

Tablo 4.22 Enerjinin korunumuna ilişkin ayrıntılı tahmin sonucu

Öğretmen Adayı	S12	S13	S17	S21	S22	Deneyisel Tahmini	Hata		Öğretmen Adayı	S12	S13	S17	S21	S22	Deneyisel Tahmini	Hata
72	3	3	1	2	3	1	1	0	27	3	4	5	3	4	0	0
289	5	1	1	1	4	2	2	0	248	5	3	2	2	2	1	1
149	3	4	5	5	1	1	1	0	245	4	3	1	1	1	1	1
274	3	2	3	1	3	2	1	1	187	2	5	5	4	5	2	2
136	3	1	1	3	4	2	2	0	196	1	5	5	3	5	2	2
56	3	2	5	2	3	2	2	0	153	5	1	4	1	3	1	1
133	3	4	4	4	4	1	1	0	38	3	4	1	4	4	0	0
40	4	5	4	5	2	1	1	0	353	1	4	3	5	4	1	1
263	3	5	5	4	4	0	0	0	4	3	4	5	4	4	0	0
185	3	4	3	5	4	1	1	0	161	3	4	5	4	4	0	0
115	4	5	4	5	1	1	1	0	144	3	4	5	3	4	0	0
8	3	1	3	4	4	0	0	0	308	3	5	5	4	4	0	0
91	3	4	5	4	4	0	0	0	249	3	5	5	4	4	0	0
143	3	4	5	4	4	0	0	0	37	3	4	3	1	4	0	0
203	5	5	1	1	3	2	2	0	34	3	4	3	3	4	0	0
19	3	3	3	2	3	1	1	0	3	3	4	3	5	4	1	1

Tablo 4.22'nin devamı

62	5	3	4	1	5	1	1	0	211	2	2	2	2	2	2	2	0
252	3	4	4	5	4	1	1	0	63	3	5	3	4	4	0	0	0
77	4	5	1	3	2	1	1	0	145	1	5	3	4	4	2	2	0
230	3	5	3	4	4	0	0	0	92	3	4	5	4	4	0	0	0
128	3	4	5	3	4	0	0	0	76	3	2	3	4	4	0	0	0
166	3	4	5	3	4	0	0	0	231	3	1	5	4	4	0	0	0
154	3	5	1	4	4	0	0	0	125	3	4	3	3	4	0	0	0
284	5	1	1	1	4	2	2	0	61	3	4	4	5	4	1	1	0
339	5	5	4	5	3	1	1	0	305	3	4	5	4	4	0	0	0
215	3	1	3	4	3	2	1	1	333	3	4	5	4	4	0	0	0
321	3	5	3	4	4	0	0	0	182	3	4	5	4	4	0	0	0
74	3	5	1	3	2	2	2	0	147	3	2	5	4	4	0	0	0
22	1	4	5	2	4	0	0	0	243	5	5	4	5	3	1	1	0
298	3	4	5	3	4	0	0	0	207	3	4	1	4	4	0	0	0
15	5	5	4	2	4	1	1	0	314	3	4	5	3	5	0	0	0
148	3	5	3	3	4	2	2	0	287	5	5	2	4	2	2	2	0
304	3	2	1	3	4	2	2	0	324	3	1	3	4	3	2	1	1
227	1	5	3	4	4	2	2	0	123	4	3	3	2	1	1	1	0
103	3	4	5	3	4	0	0	0	131	2	2	2	2	2	2	2	0
24	3	4	5	4	2	0	0	0	140	3	5	3	4	4	0	0	0
278	3	1	1	3	4	2	2	0	264	4	2	4	2	3	1	1	0
261	1	4	3	5	4	1	1	0	104	3	2	2	4	3	2	1	1
334	4	4	1	5	1	1	1	0	258	3	4	5	4	4	0	0	0
105	3	3	5	4	5	1	1	0	43	1	4	4	5	3	1	1	0
167	3	4	5	5	1	1	1	0	122	3	4	3	3	4	0	0	0
236	3	4	5	4	4	0	0	0	95	3	4	3	3	4	0	0	0
194	1	5	3	4	4	2	2	0	312	1	1	4	1	2	1	1	0
320	3	4	5	5	4	1	1	0	173	3	4	1	4	4	0	0	0
209	3	4	5	3	5	0	0	0	201	3	4	3	3	4	0	0	0
85	1	4	5	3	4	0	0	0	234	3	4	5	4	4	0	0	0
189	3	5	1	1	2	2	2	0	223	3	2	4	5	4	1	1	0
117	3	4	3	4	4	0	0	0	163	2	3	1	2	2	1	1	0
97	3	4	5	4	4	0	0	0	152	3	2	2	4	3	2	1	1
110	1	5	5	4	4	0	0	0	315	3	4	3	4	4	0	0	0
332	1	5	5	4	4	0	0	0	33	3	4	1	2	2	2	2	0
247	1	4	3	3	4	2	2	0	279	1	4	3	4	4	0	0	0
270	3	4	1	2	2	2	2	0	21	3	2	1	3	4	2	2	0
1	1	4	1	5	4	1	1	0									

Tablo 4.22 incelendiğinde 5 adet model sınıflandırmasının yanlış sınıflandırıldığı, diğer verilerin doğru sınıflandırıldığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Öğretmen adaylarının "Enerji Çeşitleri", "Enerjinin Dönüşümü" ve "Enerjinin Korunumu" kavramlarına ilişkin TZM'lerini belirlemek amacıyla Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi uygulamıştır. Bu kapsamda elde edilen veriler bulgular bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu bölümde ise araştırmanın bulguları literatürle ilişkilendirilerek "Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Dağılımı", "Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların TZM Durumları" ve "Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Yapay Zekâ Uygulaması" bağlamında tartışılmıştır.

5.1 Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Dağılımına İlişkin Tartışma

Öğretmen adaylarının, uygulanan EKÖDT'ye verdikleri cevapların yoğunlaşma analizi sonuçları ilk olarak skor (S) ve yoğunlaşma faktörü (C) bakımından değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda öğretmen adaylarının soruların genelinde OO tipi desende cevaplar verdikleri ve alternatif fikir bulunduran cevap/cevaplara karşılık gelen "Hatalı Cevap" durumunda bulundukları saptanmıştır. Bu durumun nedeni olarak, öğretmen adaylarının enerji kavramına ilişkin olarak yaygın alternatif fikirlere sahip oldukları söylenebilir. Alanyazın incelendiğinde öğrencilerin enerji çeşitleri, enerjinin korunumu ve enerjinin dönüşümü konularında alternatif fikirlerinin tespit edildiği çalışmalar görülmektedir (Örn. Çekiç Toroslu, 2011; Dalaklıoğlu vd., 2015; Duit 1984; Fatima, 2022; Finegold ve Trumper 1989; Goldring ve Osborne 1994; Halilovic vd., 2022; Küçük vd., 2005; Nelson vd., 2020; Nicholls ve Ogborn 1993; Prince vd., 2012; Soeharto ve Csapó, 2021; Shidik vd., 2022; Trumper 1998; Watts 1983; Yeh vd., 2017; Zhang vd., 2019). Yapılan çalışmada öğretmen adaylarının OO tipi desenlerinin daha çok olması (%63,64), yaygın hatalı cevap lehine eğilimlerinin daha fazla olduğunu yansıtmaktadır. Literatür incelendiğinde, "S" ve "C" puanları saptanarak öğrencilerin eksikliklerinin tespit edilebileceği ve buna ilişkin ders tasarımı yapılabileceği belirtilmektedir. (Bao, 1999; Bozdemir vd., 2018; Dega ve Govender, 2016; Yüzbaşıoğlu, 2022). Öğretmen adaylarının yalnızca 2 soruda "Y" deseninde S

ve C değerleri elde etmiş olmaları, öğretmen adayı performanslarının yeterince yüksek olmadığını göstermektedir. Literatürde enerji konusunun öğrenciler tarafından zor öğrenilen konulardan birisi olduğu sıklıkla ifade edilmektedir (Coştu vd., 2003; Değirmenci vd., 2021; Günbatar ve Sarı, 2005; Kaptan, 1999; Sağlam Arslan, 2010; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009, 2011; Takaoğlu, 2018). Mevcut çalışmada öğretmen adaylarının gösterdikleri düşük performanslar enerjinin öğrenilmesi zor bir konu olması hususunu destekler niteliktedir.

Dega (2012) yapmış olduğu çalışmasında elektrik potansiyeli ve enerji ile elektromanyetik indüksiyon kavramlarına ilişkin öğrenci cevaplarının %90'ının DD tipi desende olduğunu; Ezberci Çevik ve Kurnaz (2019) kuvvet kavram envanterine (FCI) ilişkin yapmış oldukları çalışmalarında öğretmen adaylarının kuvvet kavramına ilişkin %58,6 oranında DD tipi desende olduğunu; Yüzbaşıoğlu (2022) ise yaptığı çalışmasında deney grubu öğrencilerinin %65,22 oranında DD tipi desende bulunduklarını tespit etmiştir. Yürütülen bu çalışmalarda öğrencilerin ya da öğretmen adaylarının akademik yeterliliklerinin yalnızca düşük veya yüksek olarak belirlenmediği, bunun da ilerisine geçildiği görülmektedir. İlgili çalışmalarda ve mevcut çalışmada bireylerin sorulara verdikleri cevaplar ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Çünkü katılımcıların belli bir soruyu nasıl yanlış cevaplandırıdıklarına ilişkin bilgilere yalnızca puanların durumuna bakılarak ulaşılmaz (Bao ve Redish, 2001).

Öğretmen adaylarının EKÖDT uygulamasında verdikleri cevaplar, skor ve yoğunluk sapması bağlamında incelendiğinde; yüksek Γ değerinde bulunan soruların düşük veya orta seviyede puanlara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Öğretmen adaylarının Γ değerlerinin yüksek S değerlerinin ise düşük veya orta seviyede olması benzer güçlü çeldiriciyi seçme eğiliminde olduklarının ispatıdır (Bao, 1999). Tercih edilebilecek tüm cevap şıklarının, farklı model durumlarını yansıtacak biçimde tasarlanması sayesinde öğretmen adaylarının tercih ettiği yanlış cevaplar dikkat dağıtan bir sözcük veya ifadenin basit bir kullanımı değil, katılımcının sahip olduğu TZM'nin bir yansımasıdır (Kurnaz, 2012, 2018, 2019). Mevcut çalışma da bu duruma paralel biçimde EKÖDT'de bulunan cevap seçenekleri öğretmen adaylarının akıl yürütmesine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmış ve böylece öğretmen adaylarının TZM'leri belirlenmiştir. Katılımcıların verdiği cevapların sayısının artması ya da azalması

bağlamında kısa bilgiler elde etmek yerine öğretmen adaylarının tercih ettikleri çeldiricilerin derinlemesine incelenmesiyle ve yoğunluk sapmasının irdelenmesiyle daha detaylı bilgiler sağlanmaktadır (Dega, 2012; Ezberci Çevik, 2018).

Bu kapsamda öğrencilerin orta seviye S ve yüksek seviye Γ değerlerinin olduğu 3. soru derinlemesine incelendiğinde ise "*enerji çeşitleri*" ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Yüksek Γ değeri güçlü çeldiricileri belirtmekte ve öğretmen adaylarının aynı çeldiricileri seçme eğiliminde oldukları görülmektedir. Öğretmen adaylarının bir kısmının aynı çeldiriciyi tercih etmeleri durumundan hareketle ilgili kavrama ilişkin alternatif fikirlerinin olduğu ifade edilebilir. Alanyazın incelendiğinde bu durumu destekler nitelikte; enerji çeşitlerine ilişkin eksik öğrenmelerinin olduğu ifade edilmektedir (İspal ve İshak, 2022; Lijnse, 1990; Maskill ve Jesus, 1997; Özcan, 2006; Pathare ve Pradhan, 2010; Park, 2019; Watts, 1983; Won vd., 2017).

Değerlendirmesi yapılan bir durumun iki ya da daha fazla biçimde ifade edilmesi diğer bir ifadeyle çoklu gösteriminin sağlanması bilginin anlaşılabilirliğini artırmakta ve aktarımını kolaylaştırmaktadır (Ainsworth, 2006). Bu doğrultuda mevcut çalışmada öğretmen adaylarının cevaplarından hareketle elde edilen S – C ve S – Γ desenleri iki boyutlu grafikler halinde verilmiştir. Bu sayede, analize dair sonuçların daha kapsamlı incelenmesi hedeflenmiştir. Öğretmen adaylarının S – C ve S – Γ desenlerinin grafiksel sunumları enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumu soru gruplarına ve EKÖDT'nin bütününe ilişkin olarak daha ayrıntılı incelenmesi amacıyla ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin S – C grafiği incelendiğinde öğretmen adaylarının test puanlarının çoğunlukla OO bölgesinde yoğunlaşmış olduğu belirlenmiştir. Bu durum öğretmen adaylarının enerji çeşitleri soru grubuna yönelik sorulara verdikleri cevapların mümkün iki popüler modelin olduğu iki model bölgesinde yoğunlaştığını göstermektedir. Bunun yanı sıra öğretmen adaylarının iki soruda iki eğim çizgisinin birleştiği noktalara yakın olan YY bölgesinde performans sergiledikleri; bir soruda DD bölgesinde yoğunlaştığı, yedi soruda ise OO bölgesinde yoğunlaşma tespit edilmiştir. 3. soruda öğretmen adaylarının DD deseninde kalmaları ortalamayı olumsuz anlamda etkilemiştir. 1. ve 6. sorularda ise doğru tek model durumu ile

ortalama olumlu anlamda etkilenmiştir. Öğretmen adaylarının cevaplarının OO bölgesinde yoğunlaşması, iki seçenek üzerinde yoğunlaşmanın olduğunu ve bunlardan birisinin doğru cevap diğerinin ise çeldirici olduğunu ifade etmektedir (Bao, 1999). Bu durum öğretmen adaylarının konuya ilişkin doğru bilgi ile hatalı bilgi(ler) arasındaki farkların yeterince kavrayamamış olmalarından kaynaklanabilir. Çünkü test maddelerindeki çeldiriciler öğretmen adaylarının literatürde sıklıkla karşılaşılan olası alternatif fikirlerinden belirlenmiştir.

Enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin S – C grafiğinden hareketle öğretmen adaylarının test puanlarının OO bölgesinde yoğunluklu olarak yer aldığı görülmektedir. Bu durum öğretmen adaylarının enerjinin dönüşümü soru grubuna yönelik sorulara verdikleri cevapların mümkün iki popüler modelin olduğu iki model bölgesinde yer aldığını göstermektedir. Bunun yanı sıra öğretmen adaylarının iki soruda iki eğim çizgisinin birleştiği noktalara yakın olan YY bölgesinde performans sergileyemedikleri anlaşılmaktadır. Test uygulamasına göre S – C grafiği enerjinin dönüşümü soru grubunda yer alan tüm 7 sorunun OO bölgesinde yer aldığı belirlenmiştir. Genel anlamda yalnızca ‘doğru cevapların sayısının arttığı veya azaldığı’ yönünde kısa bir sonuca ulaşmak yerine, çeldiriciler üzerinde de derinlemesine bilgi edinmek açısından yoğunluk sapmasını değerlendirmenin önemli olduğu düşünülmektedir. Bu hususta Bao (1999) problemle ilgili olarak genel çerçeveyi görebilmek için, problemi mümkün olan tüm açılardan görmeye ve amaca en uygun bilgiyi tespit edip inceleme ihtiyacının olduğunu ifade etmektedir. Enerjinin dönüşümü soru grubuna yönelik sorulara ilişkin olarak öğretmen adaylarının enerjinin dönüşümü konularına ilişkin iyi performans gösteremedikleri belirlenmiştir.

Enerjinin korunumu soru grubuna ilişkin S – C grafiği incelendiğindeyse öğretmen adaylarının test puanlarının üç soruda OO ve iki soruda DD bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Bununla birlikte öğretmen adaylarının iki eğim çizgisinin birleşim noktasına yakın olan YY bölgesinde performans sergileyemedikleri anlaşılmıştır. Bu bağlamda öğretmen adaylarının çoğunluğunun iki popüler modelin olduğu mümkün iki-model bölgesinde oldukları, aynı zamanda bazı öğretmen adaylarının da mümkün bir baskın modeli temsil eden bir model bölgesinde yer aldıkları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının cevaplarının OO bölgesinde yoğunlaşması, iki seçenek üzerinde

yoğunlaşmanın olduğunu ve bunlardan birisinin doğru cevap diğerinin ise çeldirici olduğunu ifade etmektedir (Bao, 1999). Bu durum öğretmen adaylarının konuya ilişkin doğru bilgi ile hatalı bilgi(ler) arasındaki farkların yeterince kavrayamamış olmalarından kaynaklanabilir. Çünkü test maddelerindeki çeldiriciler öğretmen adaylarının literatürde sıklıkla karşılaşılan olası alternatif fikirlerinden belirlenmiştir. Bu anlamda öğretmen adaylarının enerjinin korunumu konularına ilişkin iyi performans gösteremedikleri söylenebilir.

Öğretmen adaylarının vermiş oldukları yanlış cevaplardan hareketle oluşturulan S – Γ grafiklerinden (bkz. Grafik 4.5) hareketle elde edilen S değerlerinin çoğunlukla O kategorisine yer aldığı, bununla birlikte D ve Y kategorilerinde de dağılım gerçekleştiği görülmektedir. Γ değerleri bakımından cevapların çoğunlukla D kategorisinde bulunduğu, 1 soruda (3.soru) ise O kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Uygulama verilerinden elde edilen çoğunlukla düşük ve orta Γ 'lerle birlikte orta puanların çoğunlukta olduğu ve düşük ve yüksek puanların da yer aldığı belirlenmiştir.

5.2 Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların TZM Durumlarına İlişkin Tartışma

Çalışmada matrisler kullanılarak öğretmen adaylarının bireysel TZM durumları ve katılımcı yoğunluk matrislerinin eğilim durumları belirlenmiştir. Bu kapsamda öğretmen adaylarının EKÖDT'den elde edilen ham cevapları model tabanlı vektörlere dönüştürülmüştür. Sonrasında her öğretmen adayının bireysel model cevap vektörleri oluşturulmuş ve bu vektörlerden yararlanarak gerçek bireysel cevaplarının modellendiği model yoğunluk matrisleri elde edilmiştir. Öğretmen adaylarının bireysel model yoğunluk matrislerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda her öğretmen adayının TZM durumu ortaya çıkarılmıştır. Öğretmen adaylarının bireysel model yoğunluk matrisleri daha sonra öğretmen adaylarının katılımcı eğilimlerini belirlemek için kullanılmıştır.

EKÖDT'de yer alan çoktan seçmeli soru seçeneklerinin her biri öğretmen adaylarının düşüncelerini yansıtacak şekilde tasarlanması, yapılan analizler sonucunda öğretmen

adaylarının TZM'lerinin elde edilmesini sağlamıştır. Öğretmen adaylarının EKÖDT'ye verdikleri cevapların analizleri doğrultusunda enerji çeşitleri ve enerjinin dönüşümü kavramlarına yönelik sahip oldukları TZM'lerinin çoğunluğunun TZKM durumunda olduğu tespit edilmiştir. Bu durum öğretmen adaylarının enerji çeşitleri ve enerjinin dönüşümü konularına yönelik olarak bilimsel ve bilimsel olmayan fikirlerinin olduğu ve bunları kullanmada tutarlı olmadıkları anlamına gelmektedir. Yapılan araştırmada her bir öğrencinin TZM durumlarına bakıldığında, öğretmen adaylarının çoğunlukla TZKM durumunu yansıtan TZM'lere sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının birbirlerinden farklı veya benzer TZM durumlarında olmakla birlikte çoğunlukla Tutarsız Karma Model durumunda oldukları görülmüştür. Literatürde bu durumu destekler nitelikte (Ayvaci ve Uçmak, 2022; Evrim ve Uğur, 2021; Fatima, 2022; Gürçay ve Gülbaş, 2016; Halilovic vd., 2022; Ispal, vd., 2016; Liu ve Fang, 2021; Kural, 2022; Munggaran vd., 2021; Park ve Liu, 2016; Soeharto ve Csapó, 2021; Shidik vd., 2022) enerji konuları ile ilgili eksik öğrenmelerinin ve alternatif fikirlerinin tespit edildiği çalışmalar görülmektedir. Ulusal ve uluslararası literatürden hareketle, aynı dillerin konuşulmadığı ülkelerde bile aynı veya benzer alternatif fikirlerden bahsediliyor olması, enerji çeşitleri ve enerjinin dönüşümü ile ilgili konuların öğretmen adaylarının zihninde oluşturulmasında sorunlar yaşandığının bir kanıtıdır.

Enerjinin korunumu kavramına yönelik olarak öğretmen adaylarının çoğunlukla (n=146) sahip oldukları TZM'lerinin BBM durumunda olduğu, TZKM durumunda olan öğrenci sayısının daha az (n=128) olduğu tespit edilmiştir. Bilimsel Baskın Model yapısı gereği öğrencilerin hiçbir soruda ilişkisiz (alakasız) cevapta olmamalarını gerekli kılmaktadır. Bu sınıflandırmaya sahip olan öğrencilerin öğretim programının beklentilerini karşılama noktasında yüksek performansa sahip oldukları ve akademik başarılarının yüksek olduğu söylenebilir.

Katılımcı (araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının tamamının) yoğunluk matrisinin eğilimlerinin belirlenmesi amacıyla öğretmen adaylarının bireysel model yoğunluk matrislerinden faydalanılmıştır (Ezberci Çevik, 2018; Vadnere ve Joshi, 2009; Yüzbaşıoğlu, 2022). Bu doğrultuda enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumuna soru gruplarına yönelik matrislere ulaşılmıştır. Enerji çeşitleri

soru grubuna yönelik sonuçlar incelendiğinde öğretmen adaylarının Tutarsız Karma Etilim durumunda oldukları ve sıklıkla bilimsel cevapta (0,61) sınıflandırıldıkları, hatalı cevapta (0,30) ve ilişkisiz cevapta (0,10) öğrencilerin bulunduğu belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının model yoğunluk matrislerinin diyagonal olmayan büyük elemanlardan oluştuğu belirlenmiştir. Bu durum Tutarsız Karma Etilimlerin olduğunun göstergesidir (Kurnaz, 2012, 2018, 2019, 2022; Vadrere ve Joshi, 2009; Ezberci Çevik, 2018; Yüzbaşıoğlu, 2022). Enerji çeşitleri soru grubuna ilişkin öğretmen adaylarının tek bir modeli kullanmada tutarlı olmadıkları fakat TZM'lerinin genel olarak bilimsel cevap lehine etilimde olduğ u saptanmıştır. Enerjinin dönüşümü soru grubuna ilişkin sonuçlara bakıldığında öğretmen adaylarının Tutarsız Karma Etilim durumunda oldukları ve sıklıkla bilimsel cevapta (0,53) sınıflandırıldıkları, hatalı cevap (0,38) sınıflandırmasının daha az olduğ u ve ilişkisiz cevapta (0,09) bulunma durumlarının oldukça düşük olduğ u tespit edilmiştir. Enerjinin dönüşümü soru grubunda öğretmen adaylarının tek bir modeli kullanmada tutarlı olmadıkları fakat TZM'lerinin genel olarak bilimsel cevap lehine etilimde olduğ u saptanmıştır. Enerjinin korunumu soru grubuna ilişkin sonuçlar incelendiğinde öğretmen adaylarının Tutarsız Karma Etilim durumunda oldukları ve sıklıkla bilimsel cevapta (0,49) sınıflandırıldıkları, hatalı cevap (0,40) sınıflandırmasının daha az olduğ u ve ilişkisiz cevapta (0,11) bulunma durumlarının düşük olduğ u anlaşılmıştır. Enerjinin korunumu soru grubunda öğretmen adaylarının tek bir modeli kullanmada tutarlı olmadıkları fakat TZM'lerinin genel olarak bilimsel cevap lehine etilimde olduğ u görülmüştür.

5.3 Öğretmen Adaylarının EKÖDT'ye Verdikleri Cevapların Yapay Zekâ Uygulamasına Yönelik Tartışma

Enerji çeşitlerine ilişkin recall metriğindeki (bkz. Tablo 4.17) DSA modeli üç sınıfı da %90'nın üzerinde doğru sınıflandırmaktadır. BBM durumu için bu oran %95,83, TZKM durumu için %94,44 ve TBOM durumu için %100 şeklindedir. DSA modeli, bütün model durumlarını yüksek oranda sınıflandırmaktadır. Modelin ortalama sınıflandırma doğruluğunun (accuracy-ACC) ise %95,33 olduğ u görülmektedir. Karmaşıklık matrisine göre (bkz. Şekil 4.2) bir değerlendirme yapıldığında, 48 BBM durumundan 46 tanesini doğru sınıflandırırken, 2 tanesini TZKM olarak

sınıflandırmıştır. TZKM durumu için ise 54 veriden 51 tanesi doğru sınıflandırırken 1 tane BBM ve 2 tane TBOM olarak yanlış sınıflandırma saptanmıştır. TBOM durumunda 5 veriden tamamı doğru sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma performansının yüksek olmasından (%95,33) hareketle enerji çeşitleri kapsamında DSA mimarisi kullanılarak tasarladığımız modelin TZM tespitinde kullanılabileceği söylenebilir. Yapay zekâ teknolojisine yönelik farklı konularda çalışan Yi vd., (2021) tarafından DSA temelinde gerçekleştirilen öğrenci başarı tahmin modelin %75 oranında doğruluk göstermiş ve geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Modelin bu haliyle öğretmenlerce, erken tahmin modellerinden gelen bilgiler ışığında akademik potansiyeli olan öğrencilerin belirlenmesinde ek bir araç olarak kullanılabileceğini ifade edilmiştir. Buna paralel olarak DSA modeli kullanılarak yapılan sınıflandırma çalışmaları bağlamında Garg vd., (2021) yenilikçi bir derin öğrenme tekniği olan DSA kullanarak öğrencilerin akademik başarısının erken tahmin edilmesi amacıyla tasarladıkları DSA modelinin test tahmin sınıflandırmasını %91 doğrulukla tespit etmişler ve bu doğrultuda tasarladıkları DSA modelinin, öğrenci başarı tahmininde kullanılabileceği çıkarımında bulunmuşlardır. Sınıflandırma performansının gücü bağlamında araştırmacıların bu çıkarımları, çalışmamızı destekler niteliktedir.

Enerjinin dönüşümüne ilişkin recall metriğine göre (bkz. Tablo 4.19) DSA modeli üç sınıfı da %90'nın üzerinde doğru sınıflandırmıştır. BBM durumu için bu oran %93,75, TZKM durumu için %97,83 ve TBOM durumu için %92,31 şeklindedir. DSA modeli, bütün model durumlarını yüksek oranda sınıflandırmaktadır. Modelin ortalama sınıflandırma doğruluğunun (accuracy-ACC) ise %95,33 olduğu görülmektedir. Karmaşıklık matrisine göre (bkz. Şekil 4.5) bir değerlendirme yapıldığında 48 BBM durumundan 45 tanesini doğru sınıflandırırken, 3 tanesini TZKM olarak sınıflandırmıştır. TZKM durumu için ise 46 veriden 45 tanesi doğru sınıflandırılmış olup yalnızca 1 tanesi BBM olarak yanlış sınıflandırılmıştır. TBOM durumunda 13 veriden 1 tanesi TZKM olarak yanlış diğerleri doğru sınıflandırılmıştır. Tasarladığımız DSA temelli modelin sınıflandırma doğruluk oranının %95,33 olmasında hareketle modelin enerjinin dönüşümüne ilişkin TZM sınıflandırmasında kullanılabileceği söylenebilir. Literatürde çalışmamızı destekleyen diğer bir çalışma Güvenç vd. (2022) tarafından gerçekleştirilmiştir. Buna göre öğrencilerin dönem başı bilgisayar bilgi düzeylerinin, dönem sonunda elde ettikleri başarı notu üzerine etkisi makine

öğrenmesi yöntemleri kullanarak eğitim kalitesinin artırılması amacıyla gerçekleştirilen çalışmada 300 öğrenciden oluşan makine öğrenmesi test verisinin sınıflandırma işlemini %97,66 oranında doğru tahmin ettiğini belirlenmiştir. Bu bağlamda ileriki çalışmalarda Bilişim Sistemleri Mühendisliğine Giriş dersini ilk defa alan öğrencilerin derse ilişkin yeterliliklerine ait verilerinden hareketle öğrencilerin niteliklerine göre sınıflandırma tahminlerinin yapılması ve elde edilen sonuçların irdelenmesiyle öğrenci durumlarının periyodik olarak takip edilebileceği ve öğrencilere bu hususta rehberlik edilebileceği ifade edilmiştir.

Enerjinin korunumuna ilişkin recall metriğindeki (bkz. Tablo 4.20) DSA modeli BBM ve TZKM durumunu hatasız bir şekilde (%100 oranında doğru) tahmin ederken TBOM durumu için çok küçük bir hata ile (%81,48 oranında doğru) doğru tahmin yapılmıştır. DSA modeli, bütün model durumlarını yüksek oranda sınıflandırmaktadır. Modelin ortalama sınıflandırma doğruluğunun (accuracy-ACC) ise %95,33 olduğu görülmektedir. Karmaşıklık matrisine göre (bkz. Şekil 4.8) bir değerlendirme yapıldığında, 49 BBM durumunun tamamının ve 31 TZKM durumunun tamamının doğru sınıflandırıldığı görülmektedir. TBOM durumunda 27 veriden 5 tanesi TZKM olarak yanlış olup diğer durumlar doğru sınıflandırılmıştır. Karacı (2020a) fiziksel ve motor engelli çocukların öz bakım beceri problemlerini DSA temelinde tespit amacıyla tasarladığı üç DSA modelin, fiziksel ve motor engelli çocukların öz bakım beceri problemlerini sırasıyla %100 (DSA-1), %95,2 (DSA-2) ve %95,3 (DSA-3) doğrulukla tahmin ettiğinden hareketle geliştirdiği modellerin öz bakım problemlerini teşhis etmede doğrulayıcı bir araç olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir. Nabil vd. (2021) öğrencilerin olası akademik performansları tahminleri kapsamında tasarladıkları derin sinir ağı (DSA) temelli tahmin modelinin öğrencilerin ilgili derse ait performanslarını tahmin edebildiğini, bununla birlikte dönem öncesinde dersten başarısız olabilecek öğrencileri %89 oranında doğru tespit edebildiğini belirlemişlerdir. Belirtilen tahmin performanslarından yola çıkarak elde edilen sınıflandırma performansının yüksek olmasından (%95,33) hareketle enerjinin korunumu kapsamında DSA mimarisi kullanılarak tasarladığımız modelin TZM tespiti için uygun olduğu söylenebilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmada, enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumu ile ilgili hazırlanan EKÖDT'nin öğretmen adaylarının TZM gelişimine olan etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda oluşturulan alt problemlere ilişkin ulaşılan sonuçlar aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

6.1 Sonuçlar

Mevcut çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji çeşitlerine, dönüşümüne ve korunumuna ait EKÖDT'ye verdikleri cevapların genel niteliği; bu kavramlara yönelik TZM durumları; araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının tamamının bu kavramlara yönelik TZM eğilim durumları ve geliştirilen EKÖDT'nin derin sinir ağı destekli sınıflandırmalara imkân verecek nitelikte olup olmadığının tespiti amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda oluşturulan alt problemlere ilişkin ulaşılan sonuçlar aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

- 1- Fen bilgisi öğretmen adaylarının EKÖDT'ye verdikleri cevapların yoğunlaşma analizi sonuçları doğrultusunda skor (S) ve yoğunlaşma faktörü (C) bakımından alternatif fikir bulunduran cevap/cevaplara karşılık gelen “Hatalı Cevap” durumunda bulundukları saptanmıştır. Öğretmen adaylarının enerji kavramına ilişkin olarak yaygın alternatif fikirlere sahip oldukları belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının EKÖDT uygulamasında verdikleri cevapların skor (S) ve yoğunluk sapması (Γ) bakımından Γ değerlerinin yüksek S değerlerinin ise düşük veya orta seviyede olmasından hareketle benzer güçlü çeldiriciyi seçme eğiliminde oldukları ve bu doğrultuda öğretmen adaylarının bir kısmının aynı çeldiriciyi tercih etmeleri durumundan hareketle ilgili kavrama ilişkin alternatif fikirlerinin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- 2- Öğretmen adaylarının EKÖDT'ye verdikleri cevapların analizleri doğrultusunda TZKM durumunu yansıtan TZM'lere sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda öğretmen adaylarının özellikle enerji çeşitleri ve enerjinin dönüşümü konularına yönelik olarak bilimsel ve bilimsel olmayan

fikirlerinin olduğu ve bunları kullanmada tutarlı olmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca enerjinin korunumu kavramına yönelik olarak öğretmen adaylarının çoğunlukla sahip oldukları TZM'lerinin BBM durumunda olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- 3- Araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının tamamının TZM'lerinin katılımcı yoğunluk matris eğilimleri Tutarsız Karma Eğilim durumundadır. Enerjinin çeşitleri, dönüşümü ve korunumuna ilişkin olarak öğretmen adaylarının tek bir modeli kullanmada tutarlı olmadıkları fakat TZM'lerinin genel olarak bilimsel cevap lehine eğilimde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- 4- Geliştirilen EKÖDT'nin enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumu kavramlarına ilişkin olarak yapay zekâ temelli derin sinir ağı modellerinin yüksek oranda sınıflandırma doğruluğunun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6.2 Öneriler

Araştırmadan elde edilen sonuçlardan hareketle bundan sonra yürütülecek olan çalışmalar için aşağıda yer alan öneriler getirilmiştir.

- 1- EKÖDT, geliştirilme aşamaları dikkate alınarak farklı öğrenme düzeylerinde ve farklı disiplinlerde ilgili ünite ve kavramlar için uyarlanabilir. Böylece öğrencilerin/öğretmen adaylarının TZM'leri elde edilir ve konular bu doğrultuda daha verimli olarak işlenebilir.
- 2- Bu çalışma kapsamında araştırmacı tarafından geliştirilen EKÖDT başka çalışmalarda veri toplama aracı olarak kullanılabilir.
- 3- Öğretmen adaylarının “Hatalı Cevap” ve “İlişkisiz Cevap” durumunda oldukları soru maddelerin “Bilimsel Cevap” durumuna geçirilmesi adına farklı öğretim yöntemlerine başvurulabilir.
- 4- Enerji çeşitleri, enerjinin dönüşümü ve enerjinin korunumuna ilişkin TZM durumları TBOM ve TZKM olan öğretmen adaylarının BBM durumuna taşınması adına farklı öğretim yöntem ve teknikleri geliştirilebilir.

- 5- Tutarsız Karma Eğilim durumlarında bulunan öğretmen adaylarının bilimsel cevap lehine Tutarlı Bir Eğilim durumuna geçişlerini sağlayabilmek adına öğretim ortamları tasarlanabilir.

Mevcut çalışmanın yürütülmesi sırasında araştırmacı tarafından gerçekleştirilen süreçlerde araştırmacının edindiği tecrübeler olmuştur. Araştırmacının edinmiş olduğu tecrübelerinden hareketle öneriler aşağıda sunulmuştur.

- 6- EKÖDT'nin uygulanma ve yorumlanmasına ilişkin olarak öğretmen adaylarına ve öğretmenlere uygulamalı olarak, web sayfası aracılığıyla, sosyal medya yolu ile veya basılı uygulama kılavuzu aracılığı ile bilgilendirmeler yapılabilir. Bu sayede öğrenme ortamlarının verimliliği artırılabilir.
- 7- EKÖDT'ye ilişkin uygulama verilerinin yapay zekâ ortamında sınıflandırmasının yapılması amacıyla interaktif web sayfası geliştirilebilir.
- 8- Amaca uygun olarak tasarlanan çoktan seçmeli testler ile bireylerin cevaplarının yapısı incelenerek her bir test maddesinin skorundan (S), yoğunlaşmasından (C) ve yoğunluk sapmasından (Γ) hareketle faydalı bilgilere ulaşılabilir.
- 9- EKÖDT'de yer alan her bir sorunun skoru (S), yoğunlaşması (C) ve yoğunluk sapması (Γ) MS-Excel 2021 yazılımı kullanılmıştır. İleriki çalışmalarda analizlerin daha hızlı ve güvenilir biçimde yapılabilmesi adına farklı yazılımlar geliştirilebilir.
- 10- Farklı sınıf seviyelerinde yer alan öğrenci veya öğretmen adaylarının TZM durumları belirlenebilir.
- 11- TZM'nin tespitine ve derin sinir ağı sınıflandırmasına ilişkin gerçekleştirilen analizlerin daha hızlı ve görsellik bakımından daha anlaşılır olarak sunulması anlamında kullanılan algoritmalar bir paket yazılım haline getirebilir. Ayrıca analizler sonuçlarının yorumlanmasına ilişkin sonuçların araştırmacılara yansıtılabileceği yazılımlar geliştirilebilir.
- 12- Derin sinir ağı ile oluşturulan veri setleri, ileriki çalışmalarda kullanılması bakımından ulusal/uluslararası makine öğrenmesi veri depolarına (örn. UCI Machine Learning Repository, Kaggle Datasets, Amazon Datasets, EU Open Data Portal, US Gov Data vb.) aktarılabilir ve araştırmacıların kullanımına sunulabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, Y., & İnce, E. (2021). Mekanik enerjinin korunumu akademik başarı testi geçerlik ve güvenirlik çalışmaları. *HAYEF: Journal of Education*, 18(3), 407-430. doi: 10.5152/hayef.2021.21012
- Agnisarman, S., Madathil, K. C., Khasawneh, A., Ponathil, A., Lopes, S., Piratla, K., & Gajjar, D. (2022). Sensemaking perspective on infrastructure risk-related mental model development of windstorm loss prevention engineers. *Journal of Building Engineering*, 52, 104314. doi:10.1016/j.jobbe.2022.104314
- Ahi, B. (2015). Okul öncesi eğitim programına kaynaştırılan çevre eğitimi programının çocukların “çevre” kavramı hakkındaki zihinsel model gelişimine etkisi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ainsworth, S., (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Akçapınar, G., & Kokoç, M. (2020). Analyzing the relationship between student’s assignment submission behaviors and course achievement through process mining analysis. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 11(2), 386-401. doi:10.16949/turkbilmat.711683
- Akdeniz, A.R., Bektaş, U. ve Yiğit, N. (2000). İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin temel fizik kavramlarını anlama düzeyi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (19), 5-14.
- Akdeniz, A. R., & Karamustafaoğlu, O. (2003). Fizik öğretimi uygulamalarında karşılaşılan güçlükler. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(2), 193-203.
- Akdeniz, M. (2019). Okul öncesi çocuklarına yönelik yapay zekâ tabanlı akıllı oyuncaklar: tasarım tabanlı bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon.
- Akdeniz, M., & Özdiñç, F. (2021). Eğitimde yapay zeka konusunda Türkiye adresli çalışmaların incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 912-932. doi:10.33711/yyuefd.938734
- Akkol, S., Akilli, A., & Cemal, I. (2017). Comparison of artificial neural network and multiple linear regression for prediction of live weight in hair goats. *Yyu J. Agric. Sci*, 27, 21-29.
- Akpınar, Y. (1999). Zeki öğretim sistemleri. *Eğitim ve Bilim*, 23(112), 35-39.
- Al-Thubaiti, S. (2014). Constructing a Criterion Referenced Diagnostic Test for the Measurement of Teachers Skills in Preparing Diagnostic Tests in Computer Science Classes. *A thesis, Umm Al-Qura University, Kingdom of Saudi Arabia*.

- Alanoğlu, M., & Karabatak S. (2021). Eğitimde yapay zekâ. EYUDER Eğitim Araştırmaları-2020, 175-186.
- Alev, N. (2013). An examination of physics student teachers' understanding of energy and related concepts through concept mapping. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 5(1), 255-266.
- Alkayış, A. (2020). Eğitim felsefesi perspektifinden dijitalleşme ve eğitim 4.0. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21), 221-238. doi:10.29029/busbed.818165
- Alpaydın, E. (2013). Yapay öğrenme. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- Altaf, S., Soomro, W., & Rawi, M. I. M. (2019). Student performance prediction using multi-layers artificial neural networks: a case study on educational data mining. In *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Information System and Data Mining* (59-64). doi:10.1145/3325917.3325919
- Alwan, A. A. (2011). Misconception of heat and temperature among physics students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 12, 600-614. doi:10.1016/j.sbspro.2011.02.074
- An W., Wang H., Sun Q., Xu J., Dai Q., & Zhang L., (2018). A PID controller approach for stochastic optimization of deep networks, *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 8522-8531.
- Arf, C. (1959). Makine düşünebilir mi ve nasıl düşünebilir? *Üniversite Çalışmalarını Muhite Yayma ve Halk Eğitimi Yayınları Konferanslar Serisi No: 1*, Erzurum, 91-103. http://deeplearningturkiye.org/cahit_arf_makineler_dusunebilir_mi.pdf Erişim tarihi: 10.10.2022
- Artun, H., & Özsevgeç, T. (2014). 5E öğrenme modeline uygun öğretim materyallerinin öğretmen adaylarının zihinsel modellerine etkisi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(2), 259-285.
- Arık, G., & Seferoğlu, S.S. (2020). Eğitimde yapay zekâ çalışmaları: araştırma eğilimleri, karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri. Nabiyev, V. & Erümit, A.K. (Ed.). *Eğitimde Yapay Zeka Kuramdan Uygulamaya içinde*. Ankara: Pegem Yayıncılık
- Aslan, A. A. (2019). Müze eğitiminde yapay zekânın kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Aslan, E. (2014). Yabancı dil öğretiminde robot öğretmenler. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty*, 33(1), 15-26. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/omuefd/issue/20251/214861>
- Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 71-88.

- Avcı, F. (2021). Determination of cognitive structures and misconceptions of pre-service science teachers' regarding the concept of "Energy". *Adiyaman Univesity Journal of Educational Sciences*, 11(1), 9-25. doi:10.17984/adyuebd.719885
- Ayaz, E., Karakaş, H., & Sarıkaya, R. (2016). Sınıf öğretmeni adaylarının nükleer enerji kavramına yönelik düşünceleri: Bağımsız kelime ilişkilendirme örneği. *Cumhuriyet Science Journal*, 37, 42-54. doi:10.17776/csj.10982
- Aydın, G., & Balım, A. G. (2005). Yapılandırmacı yaklaşıma göre modellendirilmiş disiplinler arası uygulama: enerji konularının öğretimi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 38(2), 145-166.
- Aydoğan, S., Güneş, B., & Gülçiçek, Ç. (2003). Isı ve sıcaklık konusunda kavram yanlışları. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 111-124.
- Aydoğdu, M., & Kesercioğlu, T. (Ed.). (2005). *İlköğretimde Fen ve Teknoloji Öğretimi*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Aydoğmuş, E. (2008). Lise 2 fizik dersi iş-enerji konusunun öğretiminde 5e modelinin öğrenci başarısına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Aygün, F. G. (2019a). Ortaokul 8. Sınıf öğrencilerinin enerji ile ilgili kavramları anlama düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Aygün, E. S. (2019b). Problem çözme öğretimine yönelik oyunlaştırılmış uyarlanabilir bir zeki öğretim sisteminin tasarlanması. Yüksek Lisans Tezi, *Trabzon Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Trabzon.
- Aytekin, A., Çakır, F. S., Yücel, Y. B., & Kulaözü, İ. (2018). Algoritmaların hayatımızdaki yeri ve önemi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(7), 143-150.
- Ayvacı, H. Ş., & Devocioğlu, Y. (2009). İlköğretim öğrencilerinin iş- güç- enerji konusunda sahip oldukları yanlış anlamalar. *First International Congress of Educational Research*, Çanakkale.
- Ayvacı, H. Ş., Küçük, M., & Bebek, G. (2021). Özel yetenekli öğrencilerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik zihinsel modellerinin belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1-25.
- Ayvacı, H. Ş., & Uçmak, C. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin hal değişimi konusundaki teorik bilgileri ve günlük hayat bağlamlarının karşılaştırılması. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 11(1), 1-15. doi:10.51960/jitte.1085745
- Ayvaz, U., Çoban, A., Gürüler, H., & Peker, M. (2016). Python dilinin öznetelikleri, programlama eğitiminde ve yazılım dünyasındaki yeri. 18. *Akademik Bilişim Konferansı*, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.

- Ayyıldız, Y., & Tarhan, L. (2012). The effective concepts on students' understanding of chemical reactions and energy. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42(42), 72-83.
- Bahadır, E., 2013. Yapay sinir ağları ve lojistik regresyon analizi yaklaşımları ile öğretmen adaylarının akademik başarılarının tahmini. Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Bahadır, E. (2015). Using neural network and logistic regression analysis to predict prospective mathematics teachers' academic success upon entering graduate education. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 16(3), 943-964. doi:10.12738/estp.2016.3.0214
- Bahar, M., Öztürk, E., & Ateş, S. (2002). Yapılandırılmış grid metodu ile lise öğrencilerinin newton'un hareket yasası, iş, güç ve enerji konusundaki anlama düzeyleri ve hatalı kavramlarının tespiti. *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. ODTÜ, Ankara.
- Bao, L. (1999). *Dynamics of student modeling: A theory, algorithms, and application to quantum mechanics* (PhD Thesis). University of Maryland.
- Bao, L., & Redish, E. F. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics*, 69(7), 45-53.
- Bao, L., & Redish, E. F. (2006). Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2(1), 010103, 1-16.
- Bao, Y., Wang, G., & Zhengtang, S. U. N. (2022). Exploration and research on integrating programming education into junior middle school mathematics classroom. In *proceedings of CECNet 2021: The 11th International Conference on Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, 345, (356). IOS Press. doi:10.3233/FAIA210422
- Barquero, B., (1995). La representacioÂn de estados mentales en la comprensiÂn de textos desde el enfoque teoÂricoÂ de los modelos mentales. Doktora Tezi, *Universidad Autonoma de Madrid*, Madrid.
- Baydil, S. (2022). İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin gece gündüz kavramlarına ilişkin zihinsel modelleri. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Bayraktar, U. (2018). Derin öğrenme tabanlı kanserli hücre tespiti. https://www.researchgate.net/profile/Umut_Bayraktar2/publication/334151448_Derin_Ogrenme_Tabanli_Kanserli_Hucre_Tespiti/links/5d1a651192851cf4405c8806/Derin-Oegrenme-Tabanli-Kanserli-Huecre-Tespiti.pdf Erişim tarihi: 10.10.2022
- Benzer, E., Bayrak, B. K., Eren, C. D., & Gürdal, A. (2014). Knowledge and opinions of teacher candidates about energy and energy resources. *International Online Journal of Educational Sciences*, 6(1). doi:10.15345/iojes.2014.01.020

- Berber, N. C., & Güzel, H. (2009). Fen ve matematik öğretmen adaylarının modellerin bilim ve fende rolüne ve amacına ilişkin algıları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21), 87-97.
- Bezen, S. (2014). Dokuzuncu sınıflarda enerji konusunun öğretimi üzerine bir durum çalışması. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Bezen, S., Bayrak, C., & Aykutlu, I. (2016). Physics teachers' views on teaching the concept of energy. *Eurasian Journal of Educational Research*, 64, 109-124 doi:10.14689/ejer.2016.64.6
- Bliss, J. & Ogborn, J. (1985). Children's choices of uses of energy. *European Journal of Science Education*, 72(2), 195-203.
- Blown, E. J., & Bryce, T. G. (2022). When is an interview an interview? The Historical and Recent Development of Methodologies Used to Investigate Children's Astronomy Knowledge. *Research in Science Education*, 1-40.
- Borges, A. T., & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International journal of science education*, 21(1), 95-117. doi:10.1080/095006999290859
- Bosch, A., Zisserman, A., & Munoz, X. (2007, October). Image classification using random forests and ferns. In *2007 IEEE 11th international conference on computer vision* (pp. 1-8). IEEE.
- Booch, G., Rumbaugh, J., ve Jacobson, I., (1999). The Unified Modelling Language User Guide, Reading, Addison Wesley, Massachusetts.
- Bostrom, A. (2017). Mental models and risk perceptions related to climate change. In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. doi:10.1093/acrefore/9780190228620.013.303
- Bower, G. H. & Morrow, G. (1990). Mental models in narrative comprehension, *Science*, 247, 44-48.
- Boylan, C. (2008). Exploring elementary students' understanding of energy and climate change. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1(1), 1-15.
- Boyraz, C. (2018). İlköğretim anabilim dalı doktora tezlerinde kullanılan başarı testlerinin incelenmesi (2012-2017). *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(3), 14-28. doi: 10.17679/inuefd.327321
- Boz, V., & Coştu, F. (2021). Enerji eğitimi: Meta sentez çalışması. *Scientific Educational Studies*, 5(1), 1-26.
- Bozdemir, H. (2014). Mikroskobik canlılar konusunda model tabanlı öğretim ve öğrenme yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamlarının köy ve şehir okullarındaki öğrencilerin zihinsel model gelişimine etkisi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

- Bozdemir, H., Çevik, E. E., Helvacı, S. C., & Kurnaz, M. A. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının bazı astronomi kavramlarına yönelik alternatif fikirlerinin incelenmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(4), 808-821.
- Bozdemir-Yüzbaşıoğlu, H., & Sarıkaya, R. (2019). Mikroskopik canlılar konusunda model tabanlı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin zihinsel model gelişimine etkisi. *Kalem Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 9(2), 357-384.
- Bruce, P., Bruce, A., & Gedeck, P. (2020). *Practical statistics for data scientists: 50+ essential concepts using R and Python*. O'Reilly Media.
- Bruner, J. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Buduma N., & Lacascio N. (2017). Fundamentals of deep learning, *Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms*. Sebastapol, CA, USA: O'Reilly Media.
- Butt, F. M., Hussain, L., Jafri, S. H. M., Lone, K. J., Alajmi, M., Abunadi, I., Al-Wesabi, F. N., & Hamza, M. A. (2022). Optimizing parameters of artificial intelligence deep convolutional neural networks (CNN) to improve prediction performance of load forecasting system. In *IOP conference series: earth and environmental science* 1026(1), p.012028. IOP Publishing. doi:10.1088/17551315/1026/1/012028
- Camacho, D. M., Collins, K. M., Powers, R. K., Costello, J. C., & Collins, J. J., (2018). Next-generation machine learning for biological networks. *Cell*, 173(7), 1581-1592. doi:10.1016/j.cell.2018.05.015
- Cartier, J. (2000). Using a modeling approach to explore scientific epistemology with high school biology students. National Center for Improving Student Learning and Achievement In Mathematics and Science. Research Report: 99-1.
- Caseiro, N., & Trigo, P. (2013). Distance Ratio: an exploratory application to compare complex networks. In: *Proceedings of the European Conference on Complex Systems 2012* (pp. 123-130). Springer, Cham.
- Cebeci, H., (2020). “Yapay Zeka ve Derin Öğrenme A-Z™: Tensorflow”. <https://www.udemy.com/course/yapayzeka/> Erişim Tarihi: 10.10.2022
- Cerit Berber, N., (2008). İş-güç-enerji konusunun öğretiminde pedagojik-analojik modellerin kavramsal değişimin gerçekleşmesine etkisi: Konya ili örneği. Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Chabalengula, V. M., Sanders, M., & Mumba, F. (2012). Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 241-266.
- Chanserm, T., Tupsai, J., & Yuenyong, C. (2019). Grade 11 student's mental model of the Nature of Light. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1340, No. 1, p. 012086). IOP Publishing.

- Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J. S., Neumann, K., Nordine, J. C., & Scheff, A. (Ed.). (2014). *Teaching and learning of energy in K-12 education*. The Netherlands: Springer.
- Chen, Z., Zhang, J., Jiang, X., Hu, Z., Han, X., Xu, M., ...Savitha, V., & Vivekananda, G.N. (2020). Education 4.0 using artificial intelligence for students performance analysis. *Inteligencia Artificial*, 23(66), 124-137. doi:10.4114/intartif.vol23iss66pp124-137
- Clement, J. J. (2008). Student/Teacher co-construction of visualizable models in large group discussion. J. J. Clements ve M. A. Mea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science*, 11-22. Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-1-4020-6494-4_1
- Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198. doi:10.1080/0950069042000276712
- Coll, R., & Treagust, D. (2003). Learners' mental models of metallic bonding. *Science Education*, 87, 685-707.
- Coşkun, M. (2004). Coğrafya Öğretiminde Kubaşık (İşbirliğiyle) Öğrenme. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12(1), 235–244.
- Coşkun, F., & Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay zekânın tarih içindeki gelişimi ve eğitimde kullanılması. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*54(3), 1-20. doi:10.30964/auabfd.916220
- Coştu, B., Karataş, F. Ö., & Ayas, A. (2003). Kavram öğretiminde çalışma yapraklarının kullanılması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(14), 33-48.
- Craik, K. J. W. (1943). *The Nature Of Explanation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cullin, M. ve Crawford, B.A., (2002). Using Technology to Support Prospective Science Teachers in Learning and Teaching about Scientific Models, *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 2(4), 408-425.
- Çakan, M. (2003). Geniş ölçekli başarı testlerinin eğitimindeki yeri ve önemi. *Eğitim ve Bilim*, 28(128).
- Çam, M. B., Çelik, N. C., Güntepe, E. T., & Durukan, Ü. G. (2021). Öğretmen adaylarının yapay zekâ teknolojileri ile ilgili farkındalıklarının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(48), 263-285.
- Çetin, M., & Aktaş, A. (2021). Yapay zeka ve eğitimde gelecek senaryoları. *OPUS International Journal of Society Researches*, 18(Eğitim Bilimleri Özel Sayısı), 4225-4268. doi:10.26466/opus.911444

- Çekiç Toroslu, S. (2011). Yaşam temelli öğrenme yaklaşımı ile desteklenen 7E öğrenme modelinin öğrencilerin enerji konusundaki başarı, kavram yanılgısı ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Çelik, C. (2020). 3. sınıf öğrencilerinin yaşadığı okuma güçlüklerinin sebeplerinin yapay zekâ yöntemi ile modellenmesi. Doktora Tezi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Çelik, H. (2016). An examination of cross sectional change in student's metaphorical perceptions towards heat, temperature and energy concepts. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(3), 229-245. doi:10.18404/ijemst.86044
- Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D., ve Turgut, M. F., (1997). Fizik Öğretimi, YÖK/ Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi, Ankara.
- Çiftçi, A., & Topçu, M. S., (2021). Okul öncesi öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik zihinsel modelleri ve görüşleri. *Milli Eğitim Dergisi*, 50(231), 41-65. doi:10.37669 milliegitim.719596
- Çiltaş, A., Işık, A. (2012). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının dizi ve serilerle ilgili zihinsel modellerinin belirlenmesi, *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 167-182.
- Çoban, A. (2017). 3D bilgisayar modellerinin fen öğretiminde akademik başarıya etkisi: Güneş sistemi ve ötesi. Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.
- Dalaklıoğlu, S. (2015). On birinci sınıf öğrencilerinin enerji ve momentum konuları ile ilgili kavramsal anlama düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Dalaklıoğlu, S., Demirci, N., & Şekercioğlu, A. (2015). Eleventh grade students' difficulties and misconceptions about energy and momentum concepts. *International Journal of New Trends in Education and Their Implications*, 6(1), 13-21.
- Dang, D., Lin, B., & Sahoo, D. (2022). LiteCON: An all-photonic neuromorphic accelerator for energy-efficient deep learning (Preprint). *arXiv preprint arXiv:2206.13861*.doi:10.48550/arXiv.2206.13861
- Dega, B. G. (2012). Conceptual change through cognitive perturbation using simulations in electricity and magnetism: a case study in Ambo University, Doctoral Thesis, *University of South Africa*, Ethiopia.
- Dega, B. G., & Govender, N. (2016). Assessment of students' scientific and alternative conceptions of energy and momentum using concentration analysis. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 20, 201-2013. doi:10.1080/18117295.2016.1218657

- Değirmenci, S., Karamustafaoğlu, O., & Karamustafaoğlu, S. (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının bazı mekanik kavramlarına yönelik imaj ve metaforları. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 25(2), 595-622.
- Delegkos, N., & Koliopoulos, D. (2020). Constructing the “energy” concept and its social use by students of primary education in Greece. *Research in Science Education*, 50(2), 393-418.
- Demircioğlu, H., Vural, S. & Demircioğlu, G. (2013). Üstün yetenekli öğrencilerin zihinsel modelleri: Maddenin tanecikli yapısı. *Eğitim Bilimleri Dergisi*, 38, 65-84.
- Demirçalı, S. (2016). Modellemeye dayalı fen öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına, bilimsel süreç becerilerine ve zihinsel model gelişimlerine etkisi: 7. sınıf güneş sistemi ve ötesi-uzay bilmecesi ünitesi örneği. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.
- Demirçalı, S., & Selvi, M. (2022). Effects of Model-Based Science Education on Students’ Academic Achievement and Scientific Process Skills: Research Article. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2).
- Ding B., Qian H., & Zhou J. (2018). Activation functions and their characteristics in deep neural networks, *Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, Shenyang, 1836-1841. doi:10.1109/CCDC.2018.8407425
- Domenech, J.L., Gil, D., Gras, A., Guisasola, J., Martinez, J., Salinas, J., Trumber, R., Valdes, P. ve Vilches, A., (2007). Teaching of Energy Issues: a Debate Proposal for a Global Reorientation, *Physics Education*, 16, 43-64.
- Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data - evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63-71. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021
- Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Leonard, W. J., Mestre, J. P., & Wenk, L. (1996). Classtalk: A classroom communication system for active learning. *Journal of Computing in Higher Education*, 7, 3-47. doi:10.1007/BF02948592
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from the Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19(2), 59.
- Duit, R., & Häußler, P. (1994). Learning and teaching energy. In P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.), *The content of science* (pp. 185-200). London: The Falmer Press.
- Duman, N., (2006). Yapay sinir ağları ve bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas*.
- Dumanoğlu, F. (1997). Ortaöğretimde enerji kavramının öğretimi ve enerji eğitimi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.

- Dumanoglu, F., & Bezir Akçay, B. (2018). Elektrik enerjisi başarı testinin geliştirilmesi. *e-Kafkas Journal of Educational Research*, 5(2), 20-39. doi:10.30900/kafkasegt.422251
- Duruk, U., Akgün, A., & Güngörmez, H. G. (2021). Exploring the impact of common knowledge construction model on students' understandings of heat transfer: Exploring the impact of common knowledge. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 13(1), 114-136.
- Ebenezer, J. V. & Fraser, M. D., (2001). First year chemical engineering students' conception of energy in solution processes: phenomenographic categories for common knowledge construction. *Science Education*, 85(5), 509-535. doi:10.1002/sce.1021
- Eilam, B. (2004). Drops of water and of soap solution: Students' constraining mental models of the nature of matter. *Journal of research in science teaching*, 41(10), 970-993.
- Eisenkraft, A., Nordine, J., Chen, R. F., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., & Scheff, A. (2014). Introduction: Why focus on energy instruction? In R.F. Chen et al. (Eds.), *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 1 - 11). New York, NY: Springer.
- Elmas, Ç. (2010). Yapay sinir ağları, Seçkin Yayıncılık, Ankara
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C., & Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21.
- Erdemir, M., & İngeç, Ş. (2014). Fizik eğitiminde web tabanlı zeki öğretim sisteminin (ZÖS) başarıya etkisi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(3).
- Erduran Avcı, D., Kara, İ., & Karaca, D. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının iş konusundaki kavram yanılgıları. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(1), 27-39.
- Ergin, S. (2011). Fizik eğitiminde 4mat öğretim yönteminin farklı öğrenme stillerine sahip lise öğrencilerinin iş, güç ve enerji konusundaki başarısına etkisi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ermiş, F., & Karaman, İ. (2022). Development of Achievement Test for “Force and Energy” Chapter in Science Course. *Cukurova University Faculty of Education Journal*, 51(2), 1278-1314. doi:10.14812/cuefd.1059186
- Erşahan, O. (2016). Yapılandırmacı yaklaşımı temel alan etkileşimli video öğretim yönteminin 7. sınıf öğrencilerinin iş ve enerji konusu ile ilgili bilişsel ve duyuşsal öğrenmelerine etkisi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ertel, W. (2011). Introduction to artificial intelligence. London: Springer.

- Eschner, N., Weiser, L., Häfner, B., & Lanza, G. (2018). Development of an acoustic process monitoring system for selective laser melting (SLM). In *2018 International Solid Freeform Fabrication Symposium*. University of Texas at Austin, 2097-2117.
- Etkina, E., Warren, A., & Gentile, M. (2006). The role of models in physics instruction. *The Physics Teacher*, 44(1), 34-39.
- Evrin, U., & Uğur, A. R. B., (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ısı-sıcaklık ve maddenin halleri konularına ilişkin kavram yanılgıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 18(40), 1-1. doi:10.26466/opus.868034
- Ezberci Çevik, E. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının yıldız konusundaki temellendirilmiş zihinsel modellerinin matematiksel algoritmalar yoluyla incelenmesi. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Ezberci Çevik, E., & Kurnaz, M. A. (2019). Analysis of the responses of science teacher candidates to force concept inventory by concentration factor. *Universal Journal of Educational Research*, 7(1), 111-117. doi:10.13189/ujer.2019.070115
- Ezberci Çevik, E. & Kurnaz, M. A. (2022). Investigation of prospective science teachers' grounded mental models by mathematical algorithms: Star subject. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 10(4), 244-264 doi:10.52380/mojet.2022.10.4.262
- Fatima, R. (2022). Learners' Understanding of the term energy and its related concepts. *Journal of Positive School Psychology*, 6(3), 2644-2652. doi:10.1080/13573322.2017.1292234
- Fausett, L. (1994). Fundamentals of neural networks, Prentice Hall, USA.
- Fawcett T. (2006). An introduction to ROC analysis", *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861-874. doi:10.1016/j.patrec.2005.10.010
- Feng, S., Zhou H., Dong, H., (2019). Using deep neural network with small dataset to predict material defects. *Materials & Design*, 162, 300-310. doi:10.1016/j.matdes.2018.11.060
- Fernandez, C., Soria, E., Martin, J. D., & Serrano, A. J. (2006). Neural networks for animal science applications: Two case studies. *Expert Systems With Applications*. (31), 444-450. doi:10.1016/j.eswa.2005.09.086
- Figueroa-Cañas, J., & Sancho-Vinuesa, T. (2020). Early prediction of dropout and final exam performance in an online statistics course. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(2), 86-94. doi:10.1109/RITA.2020.2987727

- Finegold, M., & Trumper, R. (1989). Categorizing pupils' explanatory frameworks in energy as a means to the development of a teaching approach. *Research in Science Education*, 19(1), 97–110.
- Fortuner, B., (2019). https://github.com/bfortuner/ml-glossary/blob/master/docs/loss_functions.rst Erişim Tarihi: 10.10.2022
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). How to design and evaluate research in education. New York: Mac Graw Hill.
- Franco, C., & Colinviaux, D. (2000). Grasping mental models. In J. K. Gilbert, ve C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*, 93-118. New York: Springer.
- Frède, V., Nobes, G., Frappart, S., Panagiotaki, G., Troadec, B., & Martin, A. (2011). The acquisition of scientific knowledge: The influence of methods of questioning and analysis on the interpretation of children's conceptions of the earth. *Infant and child development*, 20(6), 432-448. doi:10.1002/icd.730
- Frome, A., Singer, Y., Sha, F., & Malik, J. (2007). Learning globally-consistent local distance functions for shape-based image retrieval and classification. In *2007 IEEE 11th International Conference on Computer Vision* (pp. 1-8). IEEE.
- Garg, S., Aleem, A., & Gore, M. M. (2021). Employing deep neural network for early prediction of students' performance. In *Intelligent Systems* (pp. 497-507). Springer, Singapore. doi:10.1007/978-981-33-6081-5_44
- Gayford, C. G. (1986). Some Aspects of The Problems of Teaching About Energy in School Biology, *European Journal of Science Education*, 8, 443-450.
- Gazel, S., & Bati, C. T. (2019). Derin sinir ağları ile en iyi modelin belirlenmesi: mantar verileri üzerine Keras uygulaması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 406-417. doi:10.29133/yyutbd.505086
- Gentner, D. (2002). Mental models, psychology of. In N. J. Smelser ve P. B. Bates (Eds.), *International Encyclopedia Of The Social And Behavioral Sciences*, 9683-9687. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science.
- Gentner, D., & Stevens, A. L. (Eds.). (1983). *Mental models*. New York and London: Psychology Press.
- Gidena, A., & Gebeyehu, D. (2017). The effectiveness of advance organiser model on students' academic achievement in learning work and energy. *International Journal of Science Education*, 39(16), 2226-2242. doi:10.1080/09500693.2017.1369600
- Gilbert, S. (2011). *Models-based science teaching: Understanding and using mental models*, Virginia: NSTA Press.

- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R., (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In *Developing models in science education* (pp. 3-17). Springer, Dordrecht.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. New York, NY: Springer.
- Gisick, L. M., Webster, K. L., Keebler, J. R., Lazzara, E. H., Fouquet, S., Fletcher, K., Fagerlund, A., Lew, V., & Chan, R., (2018). Measuring shared mental models in healthcare. *Journal of Patient Safety and Risk Management*, 23(5), 207-219. doi:10.1177/2516043518796442
- Gobert, J. D., & Pallant, A. (2004). Fostering students' epistemologies of models via authentic model-based tasks. *Journal of Science Education and Technology*, 13 (1), 7-22.
- Goksel-Canbek, N., & Mutlu, M.E. (2016). On the track of artificial intelligence: Learning with intelligent personal assistants. *International Journal of Human Sciences*, 13(1), 592-601. doi:10.14687/ijhs.v13i1.3549
- Goldring, H., & Osborne, J. (1994). Students' difficulties with energy and related concepts. *Physics education*, 29(1), 26.
- Gostalok, G. (2008). Ortaöğretim 10. sınıflar fizik dersinde öğretilen potansiyel enerji kavramının problem çözme stratejisi ile öğretiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). *Deep learning*. Cambridge: MIT Press.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2001). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106-121.
- Gutiérrez-Berraondo, J., Zuza, K., Zavala, G., Sarriugarte, P., & Guisasola, J. (2022). University student understanding and reasoning on work-energy relations. *European Journal of Physics*. doi:10.1088/1361-6404/ac8ef4
- Gülbaş, E. (2013). Öğrencilerin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarını anlama düzeyleri ile öğrenme yönelimleri ve bazı duyuşsal karakteristikler arasındaki ilişkinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Gülçiçek, Ç. (2002). Lise 2. Sınıf öğrencilerinin mekanik enerjinin korunumu konusundaki kavram yanlışları. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Gülçiçek, Ç., & Yağbasan, R. (2004). Basit sarkaç sisteminde mekanik enerjinin korunumu konusunda öğrencilerin kavram yanlışları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(3).
- Güler, N. (2012). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Pegem Akademi.

- Güler, E. (2020). Açık ve uzaktan esnek öğrenme ortamlarında yapay zekâ tekniğiyle strateji karar modelinin oluşturulması. Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir.
- Günbatar, S., & Sarı, M. (2005). Elektrik ve manyetizma konularında anlaşılması zor kavramlar için model geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1), 185-197.
- Güneş, M. H. & Çelikler, D. (2010). The Investigation of Effects of Modelling and Computer Assisted Instruction on Academic Achievement. *The International Journal of Educational Researchers*, 1(1), 20-27.
- Güneş, B., Gülçiçek, Ç., & Bağcı, N. (2004). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elemanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 1(1), 35-48.
- Güneş, B., ve Taşar, M. F., (2006) An examination of physics subjects in the new national curriculum for science and technology in Turkey, GIREP 2006 Conference: *Modeling in Physics and Physics Education*, Amsterdam, The Netherland.
- Güneş, T., Alat, K., & Can Gözüm, A. İ. (2013). Fen öğretmeni adaylarına yönelik yenilenebilir enerji kaynakları tutum ölçeği: Geçerlilik ve güvenirlik çalışması. *Eğitim Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(2), 269-289.
- Güneş, T., & Taştan-Akdağ, F. (2016). Determination of perceptions of science high school students on energy and their levels of interdisciplinary association. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 2(2), 774-787. doi:10.24289/ijsser.279072
- Güngör, E., Sinem, A. K., & Orman, Z. (2021). Makine öğrenmesine dayalı mobil İngilizce öğrenme uygulaması. *Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 2(2), 58-65.
- Gür, B. S. (2022). Yükseköğretime geçişte bölgeler ve iller arası öğrenci hareketliliği. *Journal of University Research*, 5(2), 130-139.
- Gürçay, D., & Gülbaş, E. (2016). Fizik öğretmen adaylarının ısı, sıcaklık ve iç enerji ile ilgili kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(3), 461- 474.
- Gürdal, A., Şahin, F. ve Bayram, H., (1999). İlköğretim öğretmen adaylarının enerji konusunda bütünlüğü sağlama ve ilişki kurma düzeyleri üzerine bir araştırma, D.E.Ü. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10, 382-395.
- Gürsakar, N. (2017). Makine öğrenmesi ve derin öğrenme. Bursa: Dora Basım.
- Güven, G., & Sülün, Y. (2018). Investigation of the effect of the interdisciplinary instructional approach on pre-service science teachers' cognitive structure about the concept of energy. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(1), 249-281. doi:10.17522/balikesirnef.437753

- Güvenç, E., Çetin, G., & Koçak, H. (2021). Comparison of KNN and DNN classifiers performance in predicting mobile phone price ranges. *Advances in Artificial Intelligence Research*, 1(1), 19-28.
- Güvenç, E., Sakal, M., Çetin, G., & Özkaraca, O., (2022). Öğrencilerin dersteki niteliklerinin makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak sınıflandırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(3), 1359-1371.
- Halilovic, A., Mešić, V., Hasović, E., & Vidak, A. (2022). High school and university students' ideas about conservation of mechanical energy: Findings from a survey research. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 144. doi:10.36681/tused.2022.115
- Hamdiyati, Y., Sudargo, F., Fitriani, A., & Rachmatullah, A. (2018). Changes in prospective biology teachers' mental model of virus through drawing-writing test: an application of mental model-based microbiology course. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(3), 302-311. doi:10.15294/jpii.v7i3.14280
- Hangos, K. M. & Cameron, I. T., (2001). Process Modelling and Model Analysis, San Diego: Academic Press.
- Harrison, G. A., (2001). How Do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students?, *Research in Science Education*, 31, 401-435.
- Harrison, A. G. ve Treagust, D. F. (1996). Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A Typology of School Science Models, *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011- 1026.
- Hayes, P. J. (1978). Naive physics I- Ontology for liquids. Working paper, p.63. *Institut pour les Etudes Semantiques et Cognitives*, Geneva.
- He, X. (2022). Improved music recommendation algorithm for deep neural network based on attention mechanism. *Mobile Information Systems*, 2022. doi:10.1155/2022/4112575
- Herrmann-Abell, C. F., & Deboer, G. E. (2011). Investigating Students' Understanding of Energy Transformation, Energy Transfer, and Conservation of Energy Using Standards-Based Assessment Items. *Narst*, 1-13.
- Herrmann-Abell, C. F., & DeBoer, G. E. (2014). Developing and using distractor-driven multiple-choice assessments aligned to ideas about energy forms, transformation, transfer, and conservation. In *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 103-133). London: Springer. doi:10.1007/978-3-319-05017-1_7
- Herrmann-Abell, C. F., & DeBoer, G. E. (2018). Investigating a learning progression for energy ideas from upper elementary through high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(1), 68-93. doi:10.1002/tea.21411

- Hermita, N., Wijaya, T. T., Putra, Z. H., Yora, N. Y., & Suhandi, A. (2021). Measuring mental model of primary teachers and pre-service teachers on heat transfer concept. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 196-208. doi:10.35445/alishlah.v13i1.351
- Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction. proceedings of the GIREP Conference. *Modelling in Physics and Physics Education*, 20-25.
- Hırça, N. (2008). 5E modeline göre “iş, güç ve enerji” ünitesiyle ilgili geliştirilen materyallerin kavramsal değişime etkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Hırça, N., Çalık, M., & Akdeniz, F. (2008). Investigating grade 8 students' conceptions of 'energy' and related concepts. *Journal of Turkish Science Education*, 5(1), 76-88.
- Hong, M., Koo, C., & Chung, N. (2022). DSER: deep-sequential embedding for single domain recommendation. *Expert Systems with Applications*, 208, 118156. doi:10.1016/j.eswa.2022.118156
- How, M. L., & Hung, W. L. D. (2019). Educating AI-thinking in science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education. *Education Sciences*, 9(3), 184. doi:10.3390/educsci9030184
- Howe, A. C & Jones, L., (1998). Engaging children in science, 2nd Ed. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of the nature of light. *Research in Science Education*, 36(4), 419-439.
- Icoz, K., Sanalan, V. A., Cakar, M. A., Ozdemir, E. B., & Kaya, S. (2015). Using students' performance to improve ontologies for intelligent e-Learning system. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(4), 1169-1177. doi:10.12738/estp.2015.4.2645
- Imran, M., Latif, S., Mehmood, D., & Shah, M. S. (2019). Student academic performance prediction using supervised learning techniques. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(14), 92-105. doi:10.3991/ijet.v14i14.10310
- Ispal, A., Ishak, M. Z., Ispal, M. A., & Abdullah, N. (2016). Energy concept development using the u slope. *Researchers World*, 7(1), 1-7. doi:10.18843/rwjasc/v7i1(1)/01
- Ispal, A., & Ishak, M. Z. (2022). Transforming physics content into content physics for instruction through the model of educational reconstruction (MER). *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(8), e001660-e001660. doi:10.47405/mjssh.v7i8.1660

- İnaç, H., & Tuksal, H. R. (2019). Ortaöğretim kurumları fizik eğitiminde öğrenme güçlüklerinin belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 3(1), 102-121. doi:10.31200/makuubd.500460
- İnce, O., & Demirkuş, N. (2021). Doğal yaşam döngüsü ve temel biyolojik kavramların öğretimi üzerine sanal materyal tasarımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 950-981. doi:10.33711/yyuefd.957381
- İpek Akbulut, H., Şahin, Ç., & Çepni, S. (2013). İş ve enerji konusu ile ilgili kavramsal değişimin incelenmesi: ikili yerleşik öğrenme modeli örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(25), 241 - 268.
- İşler, B., & Kılıç, M. (2021). Eğitimde yapay zekâ kullanımı ve gelişimi. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 5(1), 1-11. doi:10.17932/IAU.EJNM.25480200.2021/ejnm_v5i1001
- İyibil, Ü., & Sağlam Arslan, A. (2010). Fizik öğretmen adaylarının yıldız kavramına dair zihinsel modelleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 4(2), 25-46.
- Jamalpur, B., Chythanya, K. R., & Kumar, K. S. (2021). A comprehensive overview of online education-Impact on engineering students during COVID-19. *Materials Today: Proceedings*. doi:10.1016/j.matpr.2021.01.749
- Jia, F., Lei, Y., Lin, J., Zhou, X., & Lu, N. (2016). Deep neural networks: A promising tool for fault characteristic mining and intelligent diagnosis of rotating machinery with massive data. *Mechanical systems and signal processing*, 72, 303-315.
- Jimenez-Liso, M.R., Bellocchi, A., Martinez-Chico, M., Lopez-Gay R., (2022). A Model-Based Inquiry Sequence as a Heuristic to Evaluate Students' Emotional, Behavioural, and Cognitive Engagement. *Research in Science Education*, 52, (1313-1334). doi:10.1007/s11165-021-10010-0
- Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness (No. 6). Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1989). "Mental models" in Foundations of Cognitive Cognitive Science. ed. M. I. Posner (Cambridge: MIT Press), 467-499.
- Jong, O.D. (2009). How to teach scientific models and modelling: A study of prospective chemistry teachers' knowledge base, *International Journal of Science Education*, 31(6), 829-850.
- Kaptan, F. (1999). Fen bilgisi öğretimi. İstanbul: MEB Yayınları.
- Kapucu, C., Çubukçu, M., (2019). Fotovoltaik Sistemlerde topluluk öğrenmesi temelli hata tespiti, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(2), 83-91. doi:10.17671/gazibtd.508475

- Karacı, A., & Arıcı, N. (2012). Zeki öğretim sistemleri için bilgisayar uyarlamalı test modülünün geliştirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 15(3), 127-134. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/33063/367954>
- Karacı, A., & Arıcı, N. (2014). Determining students' level of page viewing in intelligent tutorial systems with artificial neural network. *Neural Computing and Applications*, 24(3), 675-684. doi: 10.1007/s00521-012-1284-8
- Karacı, A. (2019). Hibrit topluluk sınıflandırıcı ile parkinson hastalığının tespit edilmesi. *2nd International Turkish World Engineering and Science Congress*. November 7-10, 153- 158, Antalya, Turkey.
- Karacı, A. & Akyol, K., (2019). Hibrit topluluk sınıflandırıcı kullanarak qcm sensörlerinden elde edilen alkollerin sınıflandırılması. *2nd International Turkish World Engineering and Science Congress*, November 7-10, 2019, Türkiye.
- Karacı, A., Yaprak, H., Ozkaraca, O., Demir, I., & Simsek, O., (2019). Estimating the properties of ground-waste-brick mortars using DNN and ANN, *CMES*, 118(1), 207-228.
- Karacı, A. (2020a). Fiziksel ve motor engelli çocukların öz bakım problemlerinin derin sinir ağları ile sınıflandırılması. *Politeknik Dergisi*, 23(2), 333-341. doi:10.2339/politeknik.522641
- Karacı, A., (2020b). Predicting breast cancer with deep neural networks. In: Hemanth D., Kose U. (eds) *Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering Problems. ICAIAME 2019. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 43. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-36178-5_88
- Karacı, A. (2021). Evaluation of deep neural network and ensemble machine learning methods for cesarean data classification. In *Deep Learning for Biomedical Applications* (pp. 301-313). CRC Press.
- Karacı, A., Ozkaraca, O., Acar, E., & Demir, A. (2021). Prediction of traumatic pathology by classifying thorax trauma using a hybrid method for emergency services. *IET Signal Processing*, 14(10), 754-764. doi:10.1049/iet-spr.2020.0014
- Karacı, A. (2022). VGGCOV19-NET: automatic detection of COVID-19 cases from X-ray images using modified VGG19 CNN architecture and YOLO algorithm. *Neural Computing and Applications*, 34(10), 8253-8274. doi:10.1007/s00521-022-06918-x
- Karacı, A., Caglar, A., Aydinli, B., & Pekol, S. (2016). The pyrolysis process verification of hydrogen rich gas (H-rG) production by artificial neural network (ANN). *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(8), 4570-4578. doi:10.1016/j.ijhydene.2016.01.094
- Karamustafaoğlu, S., Coştu, B., & Ayas, A. (2005). Basit araç-gereçlerle periyodik cetvel öğretiminin etkililiği. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 2(1), 19-31.

- Karatekin, K., Topçu, E., & Aydın, B. (2016). The determination of cognitive structure of candidate teachers about energy centrals. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 6(2), 76-91.
- Kayalı, H. A., Ürek, R. Ö., Çavaş, B., & Tahran, L., (2000). İlköğretim enerji kavramı ve enerji tasarrufuna yönelik bir çalışma. *IV. Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Kayapınar, A. (2015). Matematiksel problem çözme stratejileri öğretiminin ilköğretim 4. sınıf öğrencilerinin problem çözme performanslarına ve öz düzenleyici öğrenmelerine etkisi. Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Kayhan, C. H. (2010). Model ve zihinsel modeller. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, 407-422.
- Kayri, M. (2015). An Intelligent Approach to Educational Data: Performance Comparison of the Multilayer Perceptron and the Radial Basis Function Artificial Neural Networks. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(5), 11247-1255. doi:10.12738/estp.2015.5.0238
- Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5(2), 8-18.
- Kınık Topalsan, A., & Özalp, D. (2022). Sınıf öğretmenliği öğretmen adaylarının fen bilimleri kavramları hakkındaki algılarının değerlendirilmesi. *Trakya Eğitim Dergisi*, 12(2), 591-623. doi:10.24315/tred.915912
- Kış, A. (2019). Eğitimde yapay zekâ. *14. Uluslararası Eğitim Yönetimi Kongresi - 2019*, 197-202.
- Kıvrak, A. H., & Uyanık, G. (2020). İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin çevre kirliliğine yönelik zihinsel modellerinin belirlenmesi. *Eğitim ve Teknoloji*, 2(1), 1-15.
- Kızrak M. A., & Bolata B. (2018). Comprehensive survey of deep learning in crowd analysis. *International Journal of Informatics Technologies*, 11(3), 263-286. doi:10.17671/gazibtd.419205
- Koptur, M. (2017). Yapay sinir ağları ve derin öğrenme-1. <https://makineogrenimi.wordpress.com/2017/07/15/yapay-sinir-aglari-ve-derin-ogrenme-1/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- Köklü, N. (2009). Elektrik konularının öğretiminde pedagojik-analojik modellerin öğrenci başarısına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Köse, S., Bağ, H., Sürücü, A., & Uçak, E. (2006). The opinions of prospective science teachers' about energy sources for living organisms. *International Journal of Environmental and Science Education*, 1(2), 141-152.

- Köse, U., & Tüfekçi, A. (2015). Algoritma ve akış şeması kavramlarının öğretiminde akıllı bir yazılım sistemi kullanımı. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 5(5), 569-586. doi:10.14527/pegegog.2015.031
- Köseoğlu, S., & Eroğlu Doğan, E. (2020). Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında fen bilgisi öğretmenliği bilim dalında yapılmış olan lisansüstü tezlerin analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(75), 1122-1147. doi:10.17755/esosder.654747
- Kulkarni, A., Chong, D., & Batarseh, F. A. (2020). Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy. In *data democracy* (pp. 83-106). Academic Press. Academic Press (2020), 83-106. doi:10.1016/B978-0-12-818366-3.00005-8
- Kumaş, A. (2019). Enerji korunumu konusunda geliştirilen analogilerin bilimsel süreç becerilerine etkisi. *XII. Uluslararası Eğitim Araştırmaları Kongresi*, Rize.
- Kural, N. (2022). Ortaöğretim öğrencilerinin buharlaşma ve kaynamaya yönelik kavramsal anlamalarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Kurnaz, M. A. (2007). Üniversite 1. sınıf seviyesinde enerji kavramının öğrenim durumlarının analizi. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Kurnaz, M. A. (2011). Enerji konusunda model tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamlarının zihinsel model gelişimine etkisi. *Doktora Tezi*, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon.
- Kurnaz, M. A. (2016a). FENE 528 Öğrenmeyi ve Bilgiyi Modelleme Dersi. Yayınlanmamış Ders Notları, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Kurnaz, M. A. (2016b). FBE DR Doktora Eğitime Giriş Dersi. Yayınlanmamış Ders Notları. *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Kurnaz, M. A. (2017). FENE 797 Doktora Uzmanlık Alan Dersi. Yayınlanmamış Ders Notları. *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Kurnaz, M. A. (2022). Temellendirilmiş zihinsel model teorisi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(1), 121-132.
- Kurnaz, M. A., & Çalık, M. (2009). A thematic review of ‘energy’teaching studies: focuses, needs, methods, general knowledge claims and implications. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies* 1(1), 1-26.
- Kurnaz, M. A., & Çepni, S. (2012). An evaluation of changes to the Turkish high school physics curriculum. *International Education Studies*, 5(5), 92-108.

- Kurnaz, M. A., & Değermenci, A. (2012). Mental models of 7th grade students on sun, earth and moon. *Elementary Education Online*, 11(1), 137-150.
- Kurnaz, M. A., & Ekşi, C. (2015). An analysis of high school students' mental models of solid friction in physics. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 15(3), 787-795.
- Kurnaz, M. A., & Sağlam Arslan, A. (2009). Prospective physics teachers' level of understanding energy, power and force concepts. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(1).
- Kurnaz, M. A., & Sağlam Arslan, A. (2009). Using the anthropological theory of didactics in physics: characterization of the teaching conditions of energy concept and the personal relations of freshmen to this concept. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 6(1), 72-88.
- Kurnaz, M. A., & Sağlam Arslan, A. (2011a). Model tabanlı öğrenme yaklaşımını temel alan öğrenme ortamının öğrencilerin enerji kavramını anlama düzeylerine etkisi. *e-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 1-16.
- Kurnaz, M. A., & Sağlam Arslan, A. (2011b). A thematic review of some studies investigating students' alternative conceptions about energy. *International Journal of Physics & Chemistry Education*, 3(1), 51-74.
- Kurnaz, M. A., & Sağlam Arslan, A. (2011c). Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy concept. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 5(4), 233-242.
- Kurnaz, M. A., & Sağlam Arslan, A. (2014). Effectiveness of multiple representations for learning energy concepts: Case of Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 627-632.
- Kurt, H. (2013). Determining biology teacher candidates' conceptual structures about energy and attitudes towards energy. *Journal of Baltic Science Education*, 12(4), 399-423.
- Küçük, M., Çepni, S. & Gökdere, M. (2005) Turkish primary school students' alternative conceptions about work, power and energy. *Journal of Physics Teacher Education*, 3(2), 22-28.
- Küçükali, R., & Coşkun, H. C., (2021). Eğitimde dijitalleşme ve yapay zekânın okul yöneticiliğindeki yeri. *Uluslararası Liderlik Çalışmaları Dergisi: Kuram ve Uygulama*, 4(2), 124-135. doi:10.52848/ijls.852119
- Kühne, T. (2005). What is a Model? In Jean Bezivin and Reiko Heckel. (Eds.) *Language Engineering for Model-Driven Software Development*, volume 04101. Internationales Begegnungszentrum und Forschungszentrum für Informatik (IBFI).

- Lacy, S. J., Tobin, R. G., Crissman, S., DeWater, L., Gray, K. E., Haddad, N., Hammerman, J. K. L., & Seeley, L., (2022). Telling the energy story: Design and results of a new curriculum for energy in upper elementary school. *Science Education*, 106(1), 27-56. doi:10.1002/sce.21684
- Lancor, R. A. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23. doi:10.1080/09500693.2012.714512
- Lancor, R. A. (2015). An analysis of metaphors used by students to describe energy in an interdisciplinary general science course. *International Journal of Science Education*, 37(5-6), 876-902. doi:10.1080/09500693.2015.1025309
- Le, Q. H., Mau, T. N., Tansuchat, R., & Huynh, V. N., (2022). A multi-criteria collaborative filtering approach using deep learning and dempster-shafer theory for hotel recommendations. *IEEE Access*, 10, 37281-37293. doi:10.1109/ACCESS.2022.3165310
- Lee, R. P. (2016). Misconceptions and biases in German students' perception of multiple energy sources: Implications for science education. *International Journal of Science Education*, 38(6), 1036-1056. doi:10.1080/09500693.2016.1176277
- Lee, H. S., & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94(4), 665-688. doi:10.1002/sce.20382
- Lee, S. C. (2003). Prediction of concrete strength using artificial neural networks. *Engineering structures*, 25(7), 849-857. doi:10.1016/S0141-0296(03)00004-X
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Cultivating model-based reasoning in science education. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lesh, R., & Doerr, H. (2003). *Beyond Constructivism: A models and modeling perspective on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah.
- Li, F., & Wang, L. (2022). Teaching Reform Research on Big Data Analysis and Application with Python Language. *International Journal of Education and Learning Systems*, 7, 55-58.
- Lijnse, P. (1990). Energy between the life-world of pupils and the world of physics. *Science Education*, 74(5), 571-83. doi:10.1002/sce.3730740507
- Liu, G., & Fang, N. (2021). The effects of enhanced hands-on experimentation on correcting student misconceptions about work and energy in engineering mechanics. *Research in Science & Technological Education*, 1-20. doi:10.1080/02635143.2021.1909555

- Liu, T., Wang, C., Chang, L., & Gu, T. (2022). Predicting high-risk students using learning behavior. *Mathematics*, 10(14), 2483. doi:10.3390/math10142483
- Liu, X., & McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: An analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 493-517. doi:10.1002/tea.20060
- Liu, X., & Park, M. (2012). *Progression of students' understanding of the energy concept*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Indianapolis, IN.
- Liu, X., & Tang, L. (2004). The progression of students' conceptions of energy: A cross- grade, cross-cultural study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(1), 43-57. doi:10.1080/14926150409556596
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Research*, 64(4), 471-492.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B., (2016). *Intelligence Unleashed. An Argument for AI in Education*. Pearson: London, UK,
- Mann, M. ve Treagust, F. D., (2010). Students' conceptions about energy and the human body, *Science Education International*, 21(3), 144-159.
- Maria, M., Shahbodin, F., & Pee, N. C. (2018). Malaysian higher education system towards industry 4.0-current trends overview. In *AIP Conference Proceedings 2016*(1). AIP Publishing LLC. doi:10.1063/1.5055483
- Maskill, R., & de Jesus, H. P. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(7), 781-799. doi:10.1080/0950069970190704
- Matthews, M. R. (2007). Models in science and in science education: An introduction. *Science and Education*, 16, 647-652.
- McCarthy, J. (2007). What is artificial intelligence? <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf> Erişim tarihi: 10.10.2022
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2014). Research in education: Evidence-based inquiry (6th ed.). Pearson Education.
- MEB (2004). İlköğretim 4-5. Sınıf Fen ve Teknoloji Dersi Programı, Ankara.
- MEB (2007). Ortaöğretim Fizik Dersi 9. Sınıf Öğretim Programı, Ankara.
- Meço, G., & Coştu, F. (2022). Eğitimde yapay zekânın kullanılması: Betimsel içerik analizi çalışması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(23), 171-193.

- Milano, F. (2013). A Python-based software tool for power system analysis. In *2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting* (pp. 1-5). IEEE. doi:10.1109/PESMG.2013.6672387
- Munggarani, M. E., Supriyati, Y., & Astra, I. M. (2021). Identifying high school students' misconceptions using digital four-tier diagnostic tests in distance learning. In *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1), 012016. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/2019/1/012016
- Nabil, A., Seyam, M., & Abou-Elfetouh, A. (2021). Prediction of students' academic performance based on courses' grades using deep neural networks. *IEEE Access*, 9, 140731-140746. doi:10.1109/ACCESS.2021.3119596
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nelson, M., Hoople, G., Chen, D., Mejia, J., & Lord, S. (2020). Work-in-progress: What is energy? examining engineering students' conceptions of energy. In *ASEE Annual Conference proceedings*.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162-188. doi:10.1002/tea.21061
- Neller, T.W. (2017). AI education: Open-access educational resources on AI. *AI Matters* 2017, 3(1), 12-13. doi:10.1145/3054837.3054841
- Nicholls, G. & Ogborn, J. (1993). Dimensions of children's conceptions of energy. *International Journal of Science Education*, 15(1), 73–81.
- Norman, D. (1983). Some observations on mental models. D. Gentner ve A. L. Stevens (Eds.), in *Mental model* (pp. 7-14). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Odell, J. L., (2005) Student Understanding of Conservation of Energy and Mass in Introductory University Science Courses. Yüksek Lisans Tezi, *The University of Maine*, Orono.
- Ogan Bekiroglu, F. (2007). Effects of model-based teaching on pre-service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases, and other lunar phenomena. *International Journal of Science Education*, 29 (5), 555–593.
- Oluk, S., & Oluk, E. (2016). Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin canlılarda enerji kavramıyla ilgili bazı kavram yanlışları. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 51, 97-111. doi:10.9761/JASSS3558
- Opitz, S. T., Blankenstein, A., & Harms, U. (2017). Student conceptions about energy in biological contexts. *Journal of Biological Education*, 51(4), 427-440. doi:10.1080/00219266.2016.1257504

- Opitz, S. T., Harms, U., Neumann, K., Kowalzik, K., & Frank, A. (2015). Students' energy concepts at the transition between primary and secondary school. *Research in Science Education*, 45(5), 691-715. doi:10.1007/s11165-014-9444-8
- Opitz, S. T., Neumann, K., Bernholt, S., & Harms, U. (2019). Students' energy understanding across biology, chemistry, and physics contexts. *Research in Science Education*, 49(2), 521-541. doi:10.1007/s11165-017-9632-4
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67(4), 489-508.
- Osborne, R. ve Freyberg, P., (1985). Children's science, In R. Osborne and P. Freyberg (Eds.) *Learning in Science: The implications of children's science*, 5-14, Heinemann, Hong Kong.
- Örnek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 35-45.
- Özcan, H. (2006). İlköğretim ve yükseköğretim öğrencilerinin farklı disiplin alanları açısından enerji konusu üzerine kavramsal anlamaları. Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Özcan, G. E., Karacı, A., & Enez, K. (2022). Application of deep neural networks in modeling the capture of *ips sexdentatus* in pheromone trap. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 21(1).
- Özden, B., & Yenice, N. (2017). "Kuvvet ve enerji" ünitesine yönelik üç aşamalı kavramsal anlama testi geliştirme çalışması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 11(2), 432-463.
- Özmen, H., Dumanoglu, F., & Ayas, A. (2000). Ortaöğretimde enerji kavramının öğretimi ve enerji eğitimi. *IV. Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi*, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Özmen, H., Demircioğlu, G. & Demircioğlu, H., (2009). The effects of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding, *Computers & Education*, 52, 681–695.
- Özsoy, G. (2007). İlköğretim beşinci sınıfta üstbiliş stratejileri öğretiminin problem çözme başarısına etkisi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Öztemel, E., (2012). Yapay sinir ağları, 3. Basım, Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul.
- Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(6), 629. doi:10.1088/0031-9120/45/6/008

- Paix~ao W. R., Paix~ao T. M., Costa M. C. B., Andrade J. O., Pereira F. G., & Komati K. S. (2018). Texture classification of sea turtle shell based on color features: color histograms and chromaticity moments. *International Journal of Artificial Intelligence and Applications*, 9(2), 55-67. doi:10.5121/ijaia.2018.9205
- Pala, F.K. (2020). Makine öğrenmesi ve eğitim sistemine getirdikleri. Nabiyev, V., & Erümit, A.K. (Eds.). Eğitimde Yapay Zeka Kuramdan Uygulamaya içinde. Ankara: Pegem Yayıncılık.
- Panagiotaki, G., Nobes, G., & Banerjee, R. (2006). Children's representations of the earth: A methodological comparison. *British Journal of Developmental Psychology*, 24(2), 353-372. doi:10.1348/026151005X39116
- Park, M. (2019). An investigation of how students use information to answer energy questions. *International Journal of Research in Education and Science*, 5(2), 388-399.
- Park, M., & Liu, X. (2016). Assessing understanding of the energy concept in different science disciplines. *Science Education*, 100(3), 483-516. doi:10.1002/sce.21211
- Park, M., & Liu, X. (2021). An investigation of item difficulties in energy aspects across biology, chemistry, environmental science, and physics. *Research in Science Education*, 51(1), 43-60. doi:10.1007/s11165-019-9819-y
- Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394–402.
- Pastırmacı, E. (2011). 7. sınıf öğrencilerinin iş ve enerji konusundaki alternatif fikirlerinin belirlenmesi ve kavramsal gelişimlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Pearce, J., and S. Ferrier, (2000). Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling*, 133, 225-245. doi:10.1016/S0304-3800(00)00322-7
- Pence, H. E. (2019). Artificial intelligence in higher education: New wine in old wineskins? *Journal of Educational Technology Systems*, 48(1), 5-13. doi:10.1177/0047239519865577
- Philippi, K. H. (2010). An examination of student understanding of the use of models in science and conceptual understanding of electricity and magnetism. University of New Orleans Theses and Dissertations. 1114.
- Piaget, J. (1962). *Play, Dreams And Imitation In Childhood*. New York: Borton.
- Piaget, J. (1965). *The Moral Judgement Of The Child*. New York: Free Press.
- Plummer, J. D., Wasko, K. D., & Slagle, C. (2011). Children learning to explain daily celestial motion: Understanding astronomy across moving frames of reference. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1963-1992.

- Prasetijo A. B., Isnanto R. R., Eridani D., Soetrisno Y. A. A., Arfan M., & Sofwan A. (2017). Hoax detection system on Indonesian news sites based on text classification using SVM and SGD. *4th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, Semarang, 45-49. doi:10.1109/ICITACEE.2017.8257673
- Prince, M., Vigeant, M., & Nottis, K. (2012). Development of the heat and energy concept inventory: Preliminary results on the prevalence and persistence of engineering students' misconceptions. *Journal of Engineering Education*, 101(3), 412-438. doi:10.1002/j.2168-9830.2012.tb00056.x
- Putatunda, S. (2020). Care2Vec: A hybrid autoencoder-based approach for the classification of self-care problems in physically disabled children. *Neural Computing and Applications*, 32(23), 17669-17680. doi:10.1007/s00521-020-04943-2
- Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. In *Visualization in Science Education* (pp. 43-60). Springer, Dordrecht.
- Rimoldini, L. G., & Singh, C. (2005). Student understanding of rotational and rolling motion concepts. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 1(1), 010102. doi:10.1103/PhysRevSTPER.1.010102
- Rizaki, A., & Kokkotas, P. (2013). The use of history and philosophy of science as a core for a socioconstructivist teaching approach of the concept of energy in primary education. *Science & Education*, 22(5), 1141-1165. doi:10.1007/s11191-009-9213-7
- Sabo, H. C., Goodhew, L. M., & Robertson, A. D. (2016). University student conceptual resources for understanding energy. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1-28. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010126
- Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., & Erler, M. (2003). Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-1: yapay sinir ağları, Ufuk Yayıncılık, Kayseri.
- Sağlam Arslan, A. (2010). Cross-grade comparison of students' understanding of energy concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 303-313. doi:10.1007/s10956-009-9201-3
- Sağlam Arslan, A., & Kurnaz, M. A. (2009). Prospective physics teachers' level of understanding energy, power and force concepts. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(1), 1-18.
- Sağlam Arslan, A., & Kurnaz, M. A. (2011). Students 'conceptual understanding of energy: Do the learning difficulties in energy concept discovered in the 1990s persist still. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 3(1), 109-118.

- Sağlam Arslan, A., & Devecioğlu, Y. (2010). Student teachers' level of understanding and model of understanding about newton s laws of motion. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1-20.
- Saqr, M., Fors, U., & Tedre, M. (2017). How learning analytics can early predict under-achieving students in a blended medical education course. *Medical teacher*, 39(7), 757-767. doi:10.1080/0142159X.2017.1309376
- Sasaki, Y. (2007). The truth of the F-measure. *Teach Tutor Mater*, 1(5), 1-5.
- Savaş, S. (2021). Artificial intelligence and innovative applications in education: The case of Turkey. *Journal of Information Systems and Management Research*, 3(1), 14-26.
- Schmidhuber J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85-117. doi:dx.doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- Ser, G., & Bati C. T. (2019). Derin sinir ağları ile en iyi modelin belirlenmesi: mantar verileri üzerine Keras uygulaması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 406-417. doi:10.29133/yyutbd.505086
- Seyyarer, E., Ayata, F., Uçkan, T., & Karci, A. (2020). Derin öğrenmede kullanılan optimizasyon algoritmalarının uygulanması ve kıyaslanması. *Computer Science*, 5(2), 90-98.
- Sharma, S., Sharma, S., & Athaiya, A. (2020). Activation functions in neural networks. *towards data science*, 6(12), 310-316. doi:10.33564/IJEAST.2020.v04i12.054
- Shidik, M. A., & Tae, L. F. (2022). The identification of students' and teachers' misconception on energy in north central timor regency. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(2), 633-640. doi:10.29303/jppipa.v8i2.1395
- Smith, E. (2020). Python, the Fundamentals. In *Introduction to the Tools of Scientific Computing* (pp. 19-50). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-60808-8_3
- Soeharto, S., & Csapó, B. (2021). Evaluating item difficulty patterns for assessing student misconceptions in science across physics, chemistry, and biology concepts. *Heliyon*, 7(11), e08352. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08352
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information processing & management*, 45(4), 427-437. doi:10.1016/j.ipm.2009.03.002
- Solomon, J. (1982). How Children Learn About Energy or Does the First Law Come First?. *School Science Review*, 63(224), 415-22.

- Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics education*, 20(4), 165-70.
- Srinath, K. R. (2017). Python-the fastest growing programming language. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(12), 354-357.
- Steady, B. (1980). Energy Learning in Science Project, Working Paper, 17, 55-65.
- Stehman, S. V. (1997). Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote sensing of Environment*, 62(1), 77-89. doi:10.1016/S0034-4257(97)00083-7
- Sümen, Ö. Ö. (2022). Dördüncü sınıf öğrencilerinin kesirler konusuna ilişkin zihinsel yapılarının incelenmesi. *e-Kafkas Journal of Educational Research*, 9(1), 1-19. doi:10.30900/kafkasegt.948020
- Şahin, H. (2016). Türkiye'nin güncel sosyal problemlerine çözüm projeleri. *Akademik Kitaplar*, İstanbul.
- Şahin, F. ve Hacıoğlu, Y. (2010). Bilimsel tartışma destekli örnek olayların 8. sınıf öğrencilerinin “kalıtım” konusunda kavram öğrenmelerine ve okuduğunu anlama becerilerine etkisi. *International Conference on New Trends in Education and Their Implications*. 269-275. Antalya, Türkiye.
- Şen, Z., (2018). Significance of artificial intelligence in science and technology. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 1(1), 1-4.
- Şirin, A. (2018). Türkiye’de görsel sanatlarda üstün yetenekli çocukları belirlemek için uygulanan yöntemler hakkındaki uzman görüşleri. *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, 7(47), 851-862.
- Tahiru, F. (2021). AI in education: A systematic literature review. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 23(1), 1-20. doi:10.4018/JCIT.2021010101
- Takaoğlu, Z. B. (2018). Energy concept understanding of high school students: A cross-grade study. *Universal Journal of Educational Research*, 6(4), 653-660. doi:10.13189/ujer.2018.060409
- Tang, X. (2022). Application and design of drama popular science education using augmented reality. *Scientific Programming*, 2022. doi:10.1155/2022/2097909
- Taş, A. U. (2016). Ortaokul Öğrencilerinin 'Doğal ve Yapay Çevre' hakkındaki Zihinsel Modellerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aydın.
- Taşçı, G., & Çelebi, M. (2020). Eğitimde yeni bir paradigma: “Yükseköğretimde yapay zekâ”. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 16(29), 2346-2370. doi:10.26466/opus.747634

- Taşkın, T., (2022). Fizik eğitiminde kavram yanlışları konusunda yapılmış lisansüstü çalışmaların incelenmesi. *Trakya Eğitim Dergisi*, 12(2). doi:10.24315/tred.938903
- Tekbıyık, A. (2011). Ortaöğretim 9. sınıf enerji ünitesine yönelik kavramsal başarı testi geliştirilmesi. *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6 (I-II), 118-134.
- Terzi, Ş. B., Balaban, Ö., & Alaçam, S. (2022). Mimarlık öğelerinin sentetik olarak yeniden üretimi: Cephe örneği. *Mimarlıkta Sosyal Tasarım XVI. Ulusal Sempozyumu*, Eskişehir.
- Tezbaşaran, E., & Gelbal, S. (2018). Temel bileşenler analizi ve yapay sinir ağı modellerinin ölçek geliştirme sürecinde kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 225-252. doi:10.17860/mersinefd.338879
- Tobin, R. G., Crissman, S., Doubler, S., Gallagher, H., Goldstein, G., Lacy, S., Rogers, C. B., Schwartz, J & Wagoner, P. (2012). Teaching teachers about energy: Lessons from an inquiry-based workshop for K-8 teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 21(5), 631-639. doi:10.1007/s10956-011-9352-x
- Tobin, R. G., Lacy, S. J., Crissman, S., & Haddad, N. (2018). Model-based reasoning about energy: A fourth-grade case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(8), 1134-1161.
- Torosluoğlu Çekiç, S. (2011). Yaşam temelli öğrenme yaklaşımı ile desteklenen 7E öğrenme modelinin öğrencilerin enerji konusundaki başarı, kavram yanlışlığı ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. Doktora Tezi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Töman, U. (2011). Enerji ve enerji ile ilgili kavramların farklı öğrenim seviyelerinde öğrenilme durumunun araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.
- Töman, U., & Çimer, S. O. (2013). Enerji kaynakları ve enerji depolanması kavramlarının farklı öğrenim seviyelerinde öğrenilme durumunun araştırılması. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (21), 47-68.
- Trumper, R. (1997). The need for change in elementary school teacher training: the case of the energy concept as an example. *Educational Research*, 39(2), 157-174.
- Trumper, R. (1998). A longitudinal study of physics students' conceptions on energy in pre-service training for high school teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 7(4), 311-318.
- Trumper, R. (1990). Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept--part one. *International journal of science education*, 12(4), 343-354. doi:10.1080/0950069900120402

- Trumper, R. (1991). Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept-part two. *International journal of science education*, 13(1), 1-10.
- Trumper, R. & Gorsky, P. (1993). Learning about energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 637-648.
- Turgut, H. (2001). Fen bilgisi öğretiminde yapılandırmacı öğretim yaklaşımı ile modellendirilmiş etkinliklerin öğrencide kavramsal gelişime ve başarıya etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind* (49), 433-460. doi:10.1007/978-1-4020-6710-5_3
- Tutak, T., & Güder, Y. (2014). Matematiksel modellemenin tanımı, kapsamı ve önemi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(1), 173-190.
- Tüfekçi, A., & Köse, U. (2013). Bilgisayar programlama öğretiminde yapay zekâ tabanlı bir yazılım sisteminin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(2), 469-481.
- Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM), (2012). Türkiye Büyük Millet Meclisi üstün yetenekli çocukların keşfi, eğitimleriyle ilgili sorunların tespiti ve ülkemizin gelişimine katkı sağlayacak etkin istihdamlarının sağlanması amacıyla kurulan Meclis araştırması komisyonu raporu. *Yasama Donemi: 24. Yasama Yılı: 3*. Ankara.
- Uğur, A., & Kınacı, A. C. (2006). Yapay zeka teknikleri ve yapay sinir ağları kullanarak web sayfalarının sınıflandırılması. XI. Türkiye'de İnternet Konferansı (inet-tr'06), 345-349, Ankara.
- Uğur, S. (2020). Merhaba yeni dünya: Covid19 ve değişen hayatlar, uzaktan eğitim, hızlanan dijital dönüşüm ve teknolojik tekillik [Editöre Mektup]. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 7-10.
- Uludağ İhracatçı Birlikleri / UIB (2017). Yapay zekâ ve yeni teknolojiler. *Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Ar&Ge Şubesi Raporu*. <http://www.uib.org.tr/tr/kbfile/yapay-zeka-ve-yeni-teknolojiler/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi. (2021). <https://cbddo.gov.tr/uyzs> (Erişim Tarihi: 10.10.2022)
- Ulusoy Taş, A. (2016). Ortaokul öğrencilerinin 'doğal ve yapay çevre' hakkındaki zihinsel modellerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aydın.
- URL-1 <https://sozluk.gov.tr/> Erişim tarihi: 10.10.2022

- URL-2 Siri Team. (2017). Hey Siri: An on-device DNN-powered voice trigger for apple's personal assistant, speech and natural language processing. <https://machinelearning.apple.com/research/hey-siri/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- URL-3 Torun C. (2021). Algoritma nedir, nerelerde kullanılır? <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/algoritma-nedir/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- URL-4 <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/neural-network/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- URL-5 Antoniadis, P. (2022). <https://www.baeldung.com/cs/hidden-layers-neural-network/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- URL-6 Deep Neural Network. <https://www.techopedia.com/definition/32902/deep-neural-network/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- URL-7 What is NumPy? <http://docs.scipy.org/doc/numpy/user/whatisnumpy.html/> Erişim tarihi: 10.10.2022
- URL-8 Scikit-learn machine learning in python. <http://scikit-learn.org/> Erişim tarihi:10.10.2022
- URL-9 Derin öğrenme uygulamalarında en sık kullanılan hiper-parametreler. <https://medium.com/deep-learning-turkiye/derin-ogrenme-uygulamalarinda-en-sik-kullanilan-hiper-parametreler-ece8e9125c4/> Erişim tarihi:10.10.2022
- URL-10 Hata matrisini yorumlama. <https://www.veribilimiokulu.com/hata-matrisini-confusion-matrix-yorumlama/> Erişim tarihi:10.10.2022
- Utami, H. D. (2022). Misconception identification and its causes using five-tier work and energy (5TWE) instruments on high school students. Doktora Tezi, Universitas Pendidikan, Indonesia.
- Uzun, E., & Karaman, İ. (2016). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ışık ve ses konusuyla ilgili zihinsel modellerinin incelenmesi. *Ekev Akademi Dergisi*, (65), 141-154.
- Uzun, Y., Tümtürk, A. Y., & Öztürk, H. (2021). Günümüzde ve gelecekte eğitim alanında kullanılan yapay zekâ. *1st International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences (ICAENS)*. Konya.
- Uzunkavak, M. (2009). Öğrencilerin iş kavramında pozitiflik-negatiflik ayrımı becerilerinin yazı ve çizim metoduyla ortaya çıkarılması. *International Journal of Technologic Sciences*, 1(2), 10-20.
- Ültay, E., Dönmez Usta, N., & Durmuş, T. (2017). Eğitim alanında yapılan zihinsel model çalışmalarının betimsel içerik analizi. *Yaşadıkça Eğitim*, 31(1), 21-40.
- Ünal Çoban, G. (2009). Modellemeye dayalı fen öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine, bilimsel süreç becerilerine, bilimsel bilgi ve varlık anlayışlarına etkisi: 7. sınıf ışık ünitesi örneği. Doktora Tezi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

- Ünal Çoban G., Aktamış H., & Ergin Ö. (2007). İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin enerjiyle ilgili görüşleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 175-184.
- Ünal, G. & Ergin, Ö. (2006). Fen Eğitimi ve Modeller, *Milli Eğitim Dergisi*, 171, 188-196.
- Ünal Çoban, G. & Ergin, Ö. (2013). Modellemeye dayalı fen öğretiminin etkilerinin bilimsel bilgi açısından incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28 (2), 505-520.
- Vadnere, R., & Joshi, P. (2009). On analysis of the perceptions of standard 12 students regarding a physics concept using techniques of quantum mechanics. *Physics Education Journal*, 26(4), 279-290.
- Van den Broek KL, Luomba J, van den Broek J & Fischer H. (2021). Evaluating the application of the mental model mapping tool (M-Tool). *Frontiers In Psychology*. 12:761882. doi:10.3389/fpsyg.2021.761882
- Van der Veer, G., (2000). Mental models of incidental human-machine interaction Project Report. Faculty of Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands. <http://www.cs.vu.nl/~gerrit/mmi9910-report1.doc> Erişim tarihi: 10.10.2022
- Van Rijsbergen, C. J. (1979). Information retrieval, 2nd edn. Butterworths, London
- Veronez, M. R., Florêncio de Souza, S., Matsuoka, M. T., Reinhardt, A., & Macedônio da Silva, R. (2011). Regional mapping of the geoid using GNSS (GPS) measurements and an artificial neural network. *Remote sensing*, 3(4), 668-683. doi:10.3390/rs3040668
- Vosniadou, S., & Brewer, W. (1992). Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585. doi:10.1016/0010-0285(92)90018
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F., (1994). "Mental models of the day/night cycle." *Cognitive Science*, 18, 123-183. doi:10.1016/0364-0213(94)90022-1
- Wang B., Luo X., Li Z., Zhu W., Shi Z., & Osher S.J. (2018a). Deep neural nets with interpolating function as output activation, 32nd Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2018), Montréal, Canada.
- Wang, G. H., Zhang, J., & Fu, G. S. (2018b). Predicting student behaviors and performance in online learning using decision tree. In *2018 Seventh International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT)* (214-219). IEEE. doi:10.1109/EITT.2018.00050
- Wang, L., Ye, J., Zhao, Y., Wu, W., Li, A., Song, S. L., Xu, Z., & Kraska, T. (2018c). Superneurons: Dynamic GPU memory management for training deep neural networks. In *Proceedings of the 23rd ACM SIGPLAN symposium on principles and practice of parallel programming* (pp.41-53). doi: 10.1145/3178487.3178491

- Warren, J. W. (1986). At what stage should energy be taught?. *Physics Education*, 21(3), 154.
- Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics education*, 18(5), 213. doi:10.1088/0031-9120/18/5/307
- Watts, D., & Gilbert, J. (1983). Enigmas in school science students' conceptions for scientifically associated words. *Research in Science and Technological Education*, 1, 61–81.
- Widyahastuti, F., & Tjhin, V. U. (2017). Predicting students performance in final examination using linear regression and multilayer perceptron. In *2017 10th International Conference on Human System Interactions (HSI)* (188-192). IEEE. doi:10.1109/HSI.2017.8005026
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967.
- Won, M., Krabbe, H., Ley, S. L., Treagust, D. F., & Fischer, H. E. (2017). Science teachers' use of a concept map marking guide as a formative assessment tool for the concept of energy. *Educational Assessment*, 22(2), 95-110. doi:10.1080/10627197.2017.1309277
- Yaswinda, Y., & Yufiarti, Y. (2022). The Effect of Science Learning Model Based on Multisensory-Ecology to Social Emotional Children in Kindergarten. In *6th International Conference of Early Childhood Education (ICECE-6 2021)* (pp. 266-269). Atlantis Press.
- Yaghmour, K. S., Obaidat, L. T., & Hamadneh, Q. M. (2016). The level of diagnostic tests' preparation skills among the teachers of the first three elementary grades' teachers at the directorate of education of Bani Kinana District. *Journal of Education and Practice*, 7(9), 155-164.
- Yağcı, A. (2018). Meslekî ve teknik lise öğrencilerinin fen dersleri (fizik - kimya - biyoloji) başarılarının yapay sinir ağları ile tahmini ve başarısızlık için alınacak tedbirler (Türkiye - Malezya karşılaştırması). Yüksek Lisans Tezi, *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman.
- Yalçın, H. (2015). Derin anlama ağları ile insan aktiviteleri tanıma. *Türkiye Robotbilim Konferansı, İstanbul*, 26, 27.
- Yalçinkaya, E., Taştan, Ö., & Boz, Y. (2009). High school students' conceptions about energy in chemical reactions. *Pamukkale University Journal of Education*, 26, 1-11.
- Yaprak, H., Karacı, A., & Demir, I. (2013). Prediction of the effect of varying cure conditions and w/c ratio on the compressive strength of concrete using artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, 22(1), 133-141. doi:10.1007/s00521-011-0671-x

- Yaz, Ö. V., & Kurnaz, M. A. (2020). Comparative analysis of the science teaching curricula in Turkey. *SAGE Open*, 10(1), doi:10.1177/2158244019899432
- Yazgan, A. D., (2019), “Bilgi Toplumu ve Yapay Zekâ Uygulamaları Çerçevesinde Eğitim”, Eğitim Felsefesi, Ankara: Nobel Yayınları.
- Yeh, S. C., Huang, J. Y., & Yu, H. C. (2017). Analysis of energy literacy and misconceptions of junior high students in Taiwan. *Sustainability*, 9(3), 423. doi:10.3390/su9030423
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2011). Nitel araştırma yöntemleri. 18. Baskı, Ankara: Seçkin Yayınevi.
- Yıldırım, H. E., Işıktaş, T., & Yıldırım, A. (2020). Farklı disiplinlerdeki öğretmen adaylarının enerji kavramına yönelik algılarının belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (54), 20-48. doi:10.21764/maeuefd.510999
- Yıldız, A., & Zan, H. (2019). Segmentasyon yapmadan patolojik kalp sesi kayıtlarının tespiti için bir örüntü sınıflandırma algoritması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(1), 77-91. doi:10.24012/dumf.476437
- Yıldız, S. (2016). Isı ve aktarımıyla ilgili sekizinci sınıf öğrencilerinin zihinsel modellerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Yılmaz, S., (2005). Bilgi işleme modeline dayalı bir dersin fen bilgisi öğretmen Adaylarının manyetizma konusundaki başarılarına etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 236-243.
- Yılmaz, N., & Sekeroglu, B. (2019). Student performance classification using artificial intelligence techniques. In *International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perceptions* (pp. 596-603). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-35249-3_76
- Yılmazsoy, B. (2020). Yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde kullanılmasının önemi [Editöre Mektup]. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 3-6.
- Yi, H. S., Na, W., & Lee, C. (2021). Predicting secondary school students' academic achievement from their elementary school performance and learning behaviours: A longitudinal study based on South Korea's national assessment of educational achievement. *Asia Pacific Journal of Education*, 1-18. doi:10.1080/02188791.2021.1963673
- Yiğit, F. (2021). Endometrial kanserin ameliyat öncesi BT görüntülerinde elde edilen radiomics verileri kullanılarak makine öğrenmesi teknikleriyle kitle için yüksek risk değerlendirmesi yöntemi. Yüksek Lisans Tezi. *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.

- Yiğit, N., & Özmen, H. (2006). Fen öğretimine yönelik hazırlanan modellerin kazandırmayı amaçladıkları davranışlar açısından incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21, 1-14.
- Yurtoğlu, H. (2005). Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: Bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği. Uzmanlık Tezi, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü.
- Yürümezoğlu, K., Ayaz, S., & Çökelez, A. (2009). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin enerji ve enerji ile ilgili kavramları algılamaları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3(2), 52-73.
- Yüzbaşıoğlu, M. K. (2015). Ses konusuyla ilgili öğrenci zihinsel modellerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Yüzbaşıoğlu, M. K., & Kurnaz, M. A. (2020). Ses hakkında öğrenci zihinsel modellerinin belirlenmesi. *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (AUJEF)*, 4(3), 254-275. doi:10.34056/aujef.687236
- Yüzbaşıoğlu, M. K. (2022). Kuvvetin ölçülmesi ve sürtünme ünitesine yönelik bağlam temelli tasarlanan çizgi romanların öğrencilerin temellendirilmiş zihinsel model gelişimine etkisi. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Zarchi M.S., Bushehri S.M.M. F., & Dehghanizadeh M. (2018). SCADI: A standard dataset for self-care problems classification of children with physical and motor disability, *International Journal of Medical Informatics*, 114, 81-87. doi:10.1016/j.ijmedinf.2018.03.003
- 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(1), 1-27. doi:10.1186/s41239-019-0171-0
- Zhang, T., Chen, A., & Ennis, C. (2019). Elementary school students' naïve conceptions and misconceptions about energy in physical education context. *Sport, education and society*, 24(1), 25-37. doi:10.1080/13573322.2017.1292234
- Zhang, T., Kaber, D., & Zahabi, M. (2022). Using situation awareness measures to characterize mental models in an inductive reasoning task. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 23(1), 80-103. doi:10.1080/1463922X.2021.1885083
- Zhang, W., Huang, X., Wang, S., Shu, J., Liu, H., & Chen, H. (2017). Student performance prediction via online learning behavior analytics. In *2017 International Symposium on Educational Technology (ISET)* (153-157). IEEE.

- Zhou, Q., Zheng, Y., & Mou, C. (2015). Predicting students' performance of an offline course from their online behaviors. In *2015 Fifth International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications (DICTAP)* (70-73). IEEE. doi:10.1109/DICTAP.2015.7113173
- Zorluoğlu, S. L., Kızılaslan, A., & Sözbilir, M. (2021). Görme yetersizliği olan öğrencilerin fen kavramları öğrenme düzeyleri ve öğretim ihtiyaçları: Madde ve ısı. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41(1), 25-52. doi:10.17152/gefad.597785
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution*, 1(1), 3-14. doi:10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x





EKLER

EK A. Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi (Pilot Uygulama)

Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi

Değerli Öğretmen Adayı,

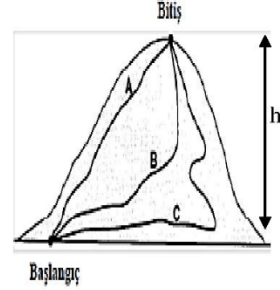
Bu test “enerji” konusunu kapsayan 37 adet çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Testte bulunan sorular enerji konusundaki bilgilerinizi yoklamaya yöneliktir. Her soruyu dikkatle okuyup size en uygun cevabı vermeniz gerekmektedir. Her sorunun bir doğru cevabı vardır, lütfen bütün soruları cevaplayınız. Bu çalışmadan elde edilecek veriler kesinlikle gizli tutulacak ve sadece bilimsel çalışmalar için kullanılacaktır. Araştırmaya katıldığınız için teşekkür ederim.

Ömer Volkan YAZ (Doktora Öğrencisi)

volkanyaz@gmail.com

- 1) Şekilde başlangıç noktasından harekete geçen özdeş üç araç, aynı anda ve aynı süratle A, B ve C yollarını izleyerek bitiş noktasına ulaşıyor. Başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar araçların yerçekimi potansiyel enerjileri hakkında aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) A aracı h yüksekliğine daha önce ulaşacağından daha fazla yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olur.
B) C aracı h yüksekliğine daha geç ulaşacağından yerçekimi potansiyel enerjisi daha az olur.
C) Araçların hareketleri süresince aynı süratli olmaları ve sadece konumlarının değişiyor olması sebebiyle sadece yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptirler.
D) Araçların süratleri aynı olduğundan yerçekimi potansiyel enerjilerinde değişim gözlenmez.
E) Araçlar bitiş noktasında aynı yüksekliğe sahip olacaklarından toplam yerçekimi potansiyel enerji değişimleri eşit olur.



- 2) Öğretmen, yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olan cisim için havada ilerleyen uçağı, yerçekimi potansiyel enerjisi olmayan cisim için ise yerde duran arabayı örnek vererek farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını sormuştur. Bu örneklerden yola çıkılarak aşağıdakilerden hangisi söylenirse doğru bir cevap verilmiş olunur?

- A) Yerçekimi potansiyel enerjisinin büyüklüğü, cismin süratine bağlıdır.
B) Yükseklik ve kütle farkından dolayı uçak, yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir.
C) Kütle fazla olan cisimlerin yerçekimi potansiyel enerjileri de fazladır.
D) Cisimler yalnızca yüksekliklerinden dolayı yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olurlar.
E) Yüksekliği fazla olan cisimlerin yerçekimi potansiyel enerjisi de fazladır.

- 3) Siz ve arkadaşınız bir oyun parkındaki sürtünmesiz kaydırağın kaymaya başlıyorsunuz. Arkadaşınızın kütlesi 55 kg, sizin kütleniz 75 kg'dır. Her ikiniz de aynı yükseklikten kaymaya başladığınızda göre kaydırağın en alt noktasında sahip olduğunuz kinetik enerji ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- A) Her ikinizin de başlangıç yüksekliği aynı olduğundan kinetik enerjileriniz eşittir.
B) Arkadaşınızın kinetik enerjisi daha fazla olur. Çünkü kütlesi daha az olduğu için kaydırağa daha az baskı uygular ve daha süratli kayar.
C) Sizin kinetik enerjiniz daha fazla olur. Çünkü daha büyük kütleniz sizin daha büyük ivmelenmenize sebep olur.
D) Arkadaşınızın kinetik enerjisi daha fazla olur. Çünkü hafif cisimler daha kolay ivmelenirler.
E) Sizin kinetik enerjiniz daha fazla olur. Çünkü kaymanız daha az zaman alacaktır.

Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz. 1/11

EK A'nın devamı

- 4) Yüksek bir kuleden bir cismi serbest bırakıyorsunuz ve cisim yerçekimi kuvvetinin etkisiyle serbest düşme hareketi yapıyor. Bu cismin enerjisiyle ilgili aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Hızlanan cismin kinetik enerjisi, eşit zaman aralıklarında eşit miktarda artar.
- B) Cismin yerçekimi potansiyel enerjisi eşit zaman aralıklarında eşit miktarda artar.
- C) Hızlanan cismin kinetik enerjisi, eşit zaman aralıklarında eşit miktarda azalır.
- D) Cismin yerçekimi potansiyel enerjisi eşit mesafelerde eşit miktarda azalır.
- E) Sürtünmeli ortamda cismin yerçekimi potansiyel enerjisi, hareketi süresince yalnızca kinetik enerjiye dönüşür.

- 5) Yerde duran bir taş şeklindeki gibi kaldırıp bırakıyor. Enerji çeşitleri hakkında aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

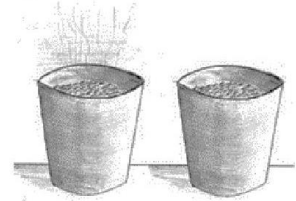
- A) Taşın, kaldırılmasından önceki yerçekim potansiyel enerjisi sıfırdır. Taş zemine çarptıktan sonra ek bir termal enerji oluşur.
- B) Taşı kaldırmak için kullanılan enerjinin yalnızca bir kısmı yere çarpma esnasında termal enerjiye dönüşür.
- C) Taşın kaldırılmasından önceki yerçekim potansiyel enerjisi sıfır olduğundan, taş bırakıldıktan sonra enerji dönüşümü olmaz.
- D) Taşı kaldırmak için kullanılan enerji, taş zemine çarptığında kaybolur.
- E) Taş kaldırılırken yerçekimi potansiyel enerjisi zamanla artar.



- 6) Bir masada, birinde sıcak, diğerinde soğuk süt bulunan iki özdeş kap bulunmaktadır. Her iki kaptaki süt miktarı birbirine eşittir.

Sıcak ve soğuk sütlerin enerjileri ile ilgili hangisi doğrudur?

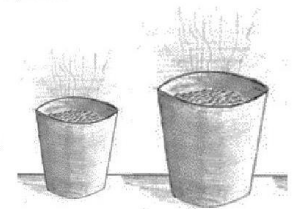
- A) Soğuk ve sıcak süt termal enerjiye sahip olmalarına rağmen soğuk süt, sıcak süttten daha az termal enerjiye sahiptir.
- B) Soğuk ve sıcak süt aynı miktarda termal enerjiye sahiptirler. Ancak, sıcak süt soğuk süttten daha yüksek sıcaklığa sahiptir.
- C) Sadece sıcak süt termal enerjiye sahiptir. Soğuk süttün termal enerjisi yoktur.
- D) Ne sıcak ne de soğuk süt termal enerjiye sahiptir. Sadece hareket eden cisimler enerjiye sahiptirler.
- E) Her iki kapt da aynı miktarda süt bulunduğundan termal enerjileri miktarları da aynıdır.



- 7) Bir masada, biri diğerinden daha fazla miktar süt bulunduran iki kap bulunmaktadır. Büyük kapt da daha fazla süt bulunmakta olup sütlerin sıcaklıkları eşittir.

Sütlerin iç(termal) enerjileri ile ilgili hangisi doğrudur?

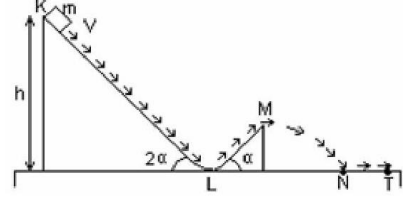
- A) Küçük kabın yüzey alanı da küçük olduğundan süt daha geç soğur. Bu sebeple termal enerjisi daha fazladır.
- B) Büyük kapt da daha fazla süt bulunduğundan termal enerjisi daha fazladır.
- C) Sıcaklıklarının eşit olması sebebiyle termal enerjileri de eşittir.
- D) Sadece hareket eden cisimlerin enerjileri vardır. Bu sebeple sütte enerji varlığından bahsedilemez.
- E) Süt sıvı olduğundan iç enerjisi yoktur.



Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

EK A'nın devamı

- 8) Sürtünmesiz bir ortamda şekildeki gibi m kütleli bir cisim, h yüksekliğinden V ilk hızı ile gönderiliyor. Cismin K, L, M, N ve T noktalarındaki enerji durumları bakımından aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?



- A) Cisim, en fazla yüksekliğe sahip olunan K noktasında iken yerçekimi potansiyel enerjisi en fazladır.
B) Yerçekimi potansiyel enerjisi yüksekliğe bağlı olduğundan K ve M noktalarında yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
C) Yerçekimi potansiyel enerjisi yüksekliğe bağlı olduğundan K ve M noktalarında eşit miktarda yerçekimi potansiyel enerjileri vardır.
D) Herhangi bir engelle karşılaşmadan K'dan L'ye gelen cismin kinetik enerjisinde değişim gözlenmez.
E) Sürtünmesiz ortamda cismin iç enerjisi değişmeyeceğinden dolayı cismin kinetik enerjisi de sabit kalır.

- 9) Bir mağazanın 1. katından 2. katına yürüyen merdivenle, asansörle ve merdivenlerle çıkan bir kişinin yerçekimi potansiyel enerjisinde meydana gelecek değişimler için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Asansörle ve yürüyen merdivenle çıkarken enerji harcanmadığı için yerçekimi potansiyel enerjisi daha fazla olur.
B) Asansörle daha hızlı çıkacağından yerçekimi potansiyel enerjisi daha fazla olur.
C) Her durumda eşit miktarda yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olur.
D) Merdivenle uzun sürede ve enerji sarfederek çıkacağından dolayı potansiyel enerjisi en az olur.
E) Yürüyen merdiven ve asansörle aynı, merdivenle farklı büyüklükte yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olur.

- 10) Özdeş iki metal küre, 3 metre ve 5 metre yükseklikten kum zemin üzerine bırakıldığında, 5 metre yükseklikten bırakılan kürenin, kumda daha derin iz bıraktığı gözlemlenir. Bu durum aşağıdakilerden hangisi ile açıklanabilir?

- A) Yükseklik arttıkça yerçekimi potansiyel enerjisi artar.
B) Yükseklik azaldıkça kinetik enerji azalır.
C) Yükseklik azaldıkça yerçekimi potansiyel enerjisi artar.
D) Yükseklik arttıkça yerçekimi potansiyel enerjisi azalır.
E) Yükseklik arttıkça kinetik enerji artar.

Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

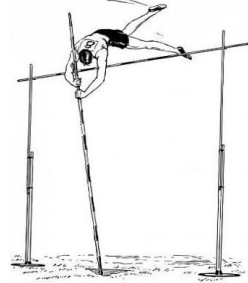
EK A'nın devamı

11) Sırkla yüksek atlama yapan bir sporcu, belli bir mesafeden koşmaya başlayarak belli bir yükseklikteki engelin üzerinden sirkla geçmeye çalışıyor. Buna göre;

- I. Sporcunun, sirkla koşarken mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
- II. Sporcu sirkla sayesinde kinetik enerjisini doğrudan yerçekimi potansiyel enerjisine dönüştürür.
- III. Sporcunun, engeli geçtiği anda yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
- IV. Sporcunun, engeli aşıp tekrar yere yaklaşırken yerçekimi potansiyel enerjisi azalır.

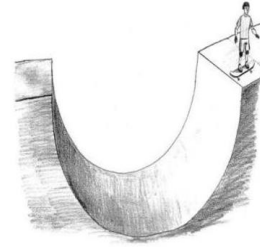
Yargılardan hangisi veya hangileri doğrudur.

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) Yalnız III E) I ve IV



12) Bir patenci şekildeki gibi half-pipe (yarım boru) üstünde kaymayı beklemektedir. Patencinin bu durumda enerjisi hakkında hangisi söylenebilir?

- A) Yarım borudan aşağı doğru kayabileceğinden dolayı patencinin kinetik enerjisi olduğu söylenebilir.
- B) Patencinin hareket etmediği sürece enerjisinin bulunmadığı, yalnızca hareket ettiğinde kinetik enerjisinin olduğu söylenebilir.
- C) Patencinin yediği besinlerden dolayı yerçekimi potansiyel enerjisi olduğu söylenebilir.
- D) Patencinin hem kinetik enerjisi hem de yerçekimi potansiyel enerjisi olduğu söylenebilir.
- E) Yarım boru üzerinde durduğundan patencinin yerçekimi potansiyel enerjisi olduğu söylenebilir.

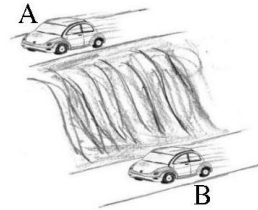


13) Enerji çeşitleri ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

- A) Kinetik enerji, cismin hareketiyle ilgilidir. Bu sebeple kütleye bağlı değildir.
- B) Kinetik enerji, cismin ileri veya geri yönlü olmasına göre negatif değerli olabilir.
- C) Bir lokomotifle bağlı olarak eşit hızla ilerleyen iki vagonun kinetik enerjisi, boş vagonun kinetik enerjisinden büyüktür.
- D) Yerçekimi potansiyel enerjisi cismin konumuyla ilgilidir. Bu sebeple kütleye bağlı değildir.
- E) İki kamyonun birincisi diğerinin yarısı kadar ağırlıkta, fakat iki katı hızlıdır. Buna göre hızı küçük olan kamyonun kinetik enerjisi daha fazladır.

14) Özdeş iki araç aynı hızla ve farklı yollarda ilerlemektedirler. Yolum birisi tepede, diğeri vadide yer almaktadır. Bu araçların enerjileri hakkında ne söyleyebilirsiniz?

- A) A aracı daha fazla enerjiye sahiptir çünkü kinetik enerjisinin yanında daha fazla yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
- B) B aracı sadece kinetik enerjiye sahipken A aracı sadece yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir.
- C) Her iki araç aynı süratle ilerlediklerinden dolayı aynı mekaniksel kinetik enerjiye ve yerçekimi potansiyel enerjiye sahiptirler.
- D) A aracının daha az enerjisi vardır çünkü B aracına göre daha az yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir.
- E) Konumu sebebiyle A aracının mekaniksel kinetik enerjisi, B aracınınkinden daha fazladır.

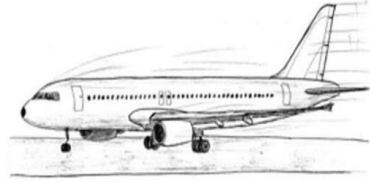


Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

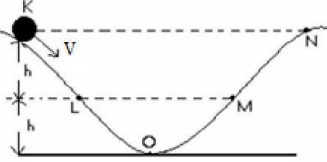
EK A'nın devamı

15) Bir uçak havaalanına iniş yapıyor ve durmak için fren yapıyor. Uçağın enerjisi ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

- A) Uçak yere indiğinde termal enerjisindeki artış, uçağın kinetik enerjisine eşittir. Uçağın frenleri ısınır çünkü sürtünmeden dolayı kinetik enerji, termal enerjiye dönüşür.
- B) Uçak yere indiğinde termal enerjisindeki artış, uçağın kinetik enerjisinden daha azdır. Geriye kalan kinetik enerji frenlerin aşınmasına yol açar.
- C) Uçak yavaşladığında termal enerji artışı, uçak havalandığındaki enerjisine eşittir. Sıcaklık termal enerjiden bağımsız olduğundan frenlerin sıcaklığı değişmez.
- D) Uçağın termal enerjisindeki artış, uçak yere indiğinde yerçekimi potansiyel enerjisine eşittir. Yerçekimi potansiyel enerjisi sürtünme nedeniyle termal enerjiye dönüşmediğinden, frenlerin sıcaklığı değişmez.
- E) Uçak yavaşladığı için kinetik enerjisi azalır. Bu azalma oranında yerçekimi potansiyel enerjisi artar.



16)



Şekildeki yolun K noktasından V hızıyla atılan cismin sürati N'de sıfır oluyor. Aynı cisim M'den serbest bırakılınca L'ye kadar çıkabildiğine göre;

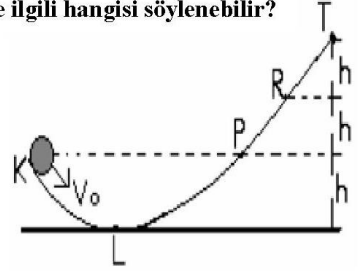
- I. Yolun OM bölümü sürtünmelidir. Bu aralıkta cismin iç enerjisi artar.
- II. Yolun LO bölümü sürtünmesizdir. Bu aralıkta cismin iç enerjisi azalır.
- III. Yolun KL veya MN bölümlerinden en az biri sürtünmelidir. Bu aralıklarda cismin iç enerjisi artar.

Yargılardan hangisi veya hangileri doğrudur?

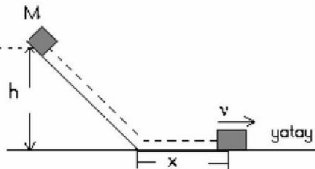
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

17) K noktasından V_0 süratıyla harekete geçen bir cisim T noktasından geri dönüyor. Buna göre cisim bu konumlarda sahip olduğu enerjilerle ilgili hangisi söylenebilir?

- A) L noktasında cismin kinetik enerjisi, T noktasındaki yerçekimi potansiyel enerjisinden azdır.
- B) R noktasında cismin kinetik enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisinden büyüktür.
- C) T noktasında cismin hiç enerjisi yoktur.
- D) P noktasında cismin hem kinetik, hem de yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
- E) K noktasında cismin yalnızca kinetik enerjisi vardır.



18)



Şekildeki eğik düzlem sürtünmesiz, yatay düzlem ise sürtünmelidir. h yüksekliğinden serbest bırakılan m kütleli bir cisim yatayda X kadar gittikten sonra duruyor. Buna göre;

- I) h artırılırsa X de artar.
- II) Sürtünme kuvveti küçültülürse X küçülür.
- III) Kütle artırılırsa X azalır.

Yargılardan hangisi veya hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz. 5/11

EK A'nın devamı

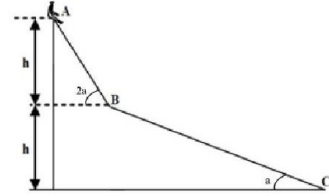
19) Düz bir yolda ilerleyen bir aracın yakıtı bitiyor ve araç bir süre sonra yavaşlayarak duruyor. Yakıtı biten bu aracın bir süre sonra yavaşlaması ve durması ile ilgili hangisi söylenebilir?

- 1) Araç yakıt kullanarak ilerlediği sürece sürtünme yoktur. Sürtünme sadece yakıt bittiğinde oluşur ve araç durana kadar aracın kinetik enerjisi, termal enerjiye dönüşür.
- 2) Araç yakıtla çalışmadığı zaman hiç kinetik enerjisi yoktur. Kinetik enerjisi olmadan araç sürtünmeyi yenemez ve durur.
- 3) Sürtünme sebebiyle aracın kinetik enerjisi, termal enerjiye dönüşür. Araç artık yakıtla çalışmayacağından araç durana kadar kinetik enerjisi azalır.
- 4) Aracın tekerlekleri yakıt kullanılmadığında daha yavaş döner. Tekerlekler dönmeyi durdurduğu anda sürtünme meydana gelir ve kinetik enerji, termal enerjiye dönüşür.
- 5) Araç yavaşladıkça sürtünme kuvveti ve aracın kinetik enerjisinin termal enerjiye dönüşme hızı artar.



20) Şekildeki gibi sürtünmesiz birbirini takip eden iki farklı eğimli bir yolun en üst noktasından kaymaya başlıyorsunuz. Buna göre aşağıdakilerden hangisi veya hangileri söylenebilir?

- I. A'dan B'ye geldiğinizde meydana gelen kinetik enerji değişimi, B'den C'ye geldiğinizde meydana gelen kinetik enerji değişimiyle aynıdır.
- II. A'dan B'ye gelmekle oluşan yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişim, B'den C'ye gelmekle oluşan yerçekimi potansiyel enerji değişimiyle aynıdır.
- III. A'dan B'ye gelmekle meydana gelen kinetik enerji, A'dan C'ye gelmekle meydana gelecek kinetik enerjiden daha büyüktür.

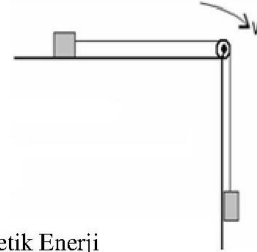


- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I ve III

21) Sürtünmeli ortamda;

Şekildeki sistem sabit hızla hareket etmektedir.

Sistemin yere çarpmadan önceki mekaniksel kinetik enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisi ve termal enerjisi nasıl değişir?



Termal Enerji Yerçekimi Potansiyel Enerji Mekaniksel Kinetik Enerji

- | | | |
|-------------|--------|----------|
| A) Artar | Azalır | Artar |
| B) Artar | Artar | Değişmez |
| C) Değişmez | Azalır | Artar |
| D) Artar | Azalır | Değişmez |
| E) Azalır | Azalır | Değişmez |

Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

EK A'nın devamı

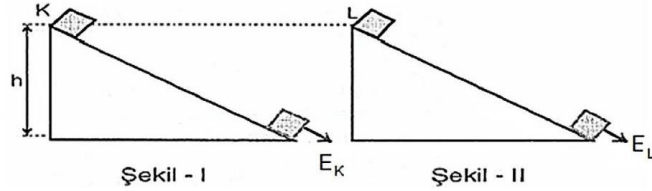
22) Taş şekildeki gibi kaldırıp bırakılıyor.

Taşın hareketini enerji kavramıyla nasıl açıklayabilirsiniz?

- A) Taş yere bırakılmadan önce enerjisi yoktur. Düşmeye bırakıldığında ise kinetik enerjiye sahip olur.
- B) Taş yere bırakılmadan önce kinetik enerjisi vardır. Taş harekete başladığı anda kinetik enerjisi hıza dönüşür.
- C) Taş yere bırakılmadan önce kinetik enerjisi vardır. Taş düşmeye başladığında kinetik enerjisi yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür.
- D) Taş yere bırakılmadan önce yere göre yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir. Taş aşağı doğru hareket ettiğinde yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür.
- E) Taş yere bırakılmadan önce yere göre yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. Düşmeye bırakıldığında kinetik enerjiye de sahip olur. Toplam enerjisi artar.



23)

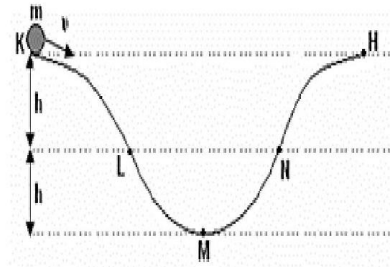


Şekil-I ve Şekil-II'de K ve L cisimleri aynı yükseklikten harekete başlıyorlar. Eğik düzlemin alt uçlarına geldiklerinde $E_K > E_L$ olduğu görülmektedir. Bunun nedeni aşağıdakilerden hangisi ile açıklanabilir?

- I) K cisminin kütesinin, L cisminin kütesinden daha büyük olması.
 - II) K cisminin yerçekimi potansiyel enerjisinin, L cisminin yerçekimi potansiyel enerjisinden büyük olması.
 - III) K cisminin başlangıçta ilk hızının olması
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) I, II ve III

24) Şekildeki m kütleli cisim, K noktasından V süratiyle atılınca H noktasına kadar çıkıp duruyor. Aynı cisim N'den serbest bırakılınca L noktasına kadar çıkabiliyor. Buna göre aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

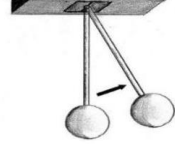
- A) M-N arası sürtünmelidir.
- B) M-L arası sürtünmelidir.
- C) K-L arası kesin sürtünmelidir.
- D) H-N arası sürtünmesizdir.
- E) Bütün yol sürtünmesizdir.



Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

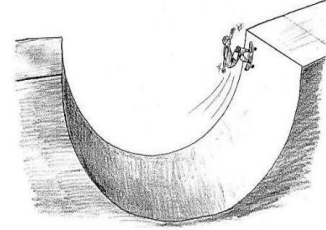
EK A'nın devamı

21) Bir sarkaç şeklindeki gibi çekilip belli bir yükseklikte tutuluyor. Sallanan sarkaç “enerji” kavramı kullanılarak nasıl tarif edilebilir?



- A) Sarkacın kinetik enerjisi, sarkaç yukarı doğru hareket ederken azalır, aşağı doğru hareket ederken artar. Sarkacın yerçekimi potansiyel enerjisi hiçbir zaman değişmez, çünkü sarkaç tavana sabitlenmiştir.
- B) Sarkaç yukarı doğru hareket ederken yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Aşağı doğru hareket ederken kinetik enerjisi tekrar yerçekimi potansiyel enerjiye dönüşür.
- C) Sarkaç yukarı doğru hareket ederken kinetik enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür. Sarkaç aşağıya doğru hareket ederken yerçekimi potansiyel enerjisi, tekrar kinetik enerjiye dönüşür.
- D) Sarkacın kinetik enerjisi, sabit bir oranda yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür. Bu sebeple kinetik enerji miktarı azalan sarkaç bir süre sonra durur.
- E) Sarkaç yukarı doğru hareket ederken yerçekimi potansiyel enerjisi azalır. Kinetik enerjisi ise değişmez.

22) Bir patenci sürtünmesi önemsenmeyen half-pipe (yarım boru) içinde hareket etmektedir. Patencinin sahip olduğu enerjinin dönüşümü ile ilgili olarak hangisi söylenebilir?



- A) Yarım boru içinde yukarı doğru kaymakta olan patencinin yerçekimi potansiyel enerjisi, kinetik enerjiye dönüşür. Bu kinetik enerji, patenci aşağıya doğru kayarken tekrar yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür.
- B) Patenci yediği besinlerden kimyasal enerji elde eder. Patenci bu enerjiyi kinetik enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisine dönüştürebilir.
- C) Aşağı doğru kayıyorken patencinin yerçekimi potansiyel enerjisi, kinetik enerjiye dönüşür. Bunun sonucu olarak patenci yarım borunun diğer tarafına gitmek için güç alır.
- D) Yarım boru içinde yukarı doğru kaymakta olan patencinin kinetik enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşmektedir. Bu yerçekimi potansiyel enerjisi, patenci aşağıya doğru kayarken tekrar kinetik enerjisine dönüşür.
- 25) Patenci yukarıda iken yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. Aşağı doğru kayıyorken bu yerçekimi potansiyel enerjisi tamamen termal enerjiye dönüşür.

26) Sürtünmesiz bir ortamda yerden belli bir h yüksekliğinden yere doğru ilk hızsız olarak serbest düşmeye bırakılan m kütleli bir cismin hareketi süresince;

- I. Mekaniksel kinetik enerjisi
- II. Yerçekimi potansiyel enerjisi
- III. Termal (iç) enerjisi

niceliklerinden hangileri değişir?

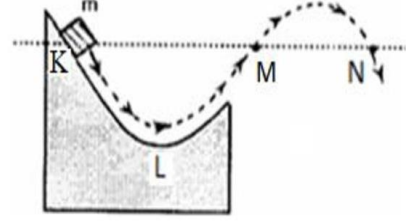
- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) I, II ve III

Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

EK A'nın devamı

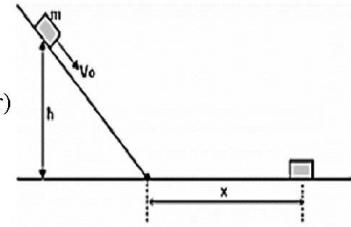
- 27) Düşey kesiti şekildeki gibi olan yol sürtünmesizdir. K noktasından V_0 ilk hızıyla fırlatılan cisim sırasıyla L, M ve N noktalarından geçmektedir. Cismin K, L, M ve N noktalarındaki enerji durumlarıyla ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Cismin K noktasında yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
 B) Cismin L noktasında yalnızca mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
 C) Cismin M noktasında hem yerçekimi potansiyel enerjisi hem de mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
 D) Cismin N noktasında yalnızca mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
 E) Cismin L noktasında yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.



- 28) m kütleli bir cisim, h yüksekliğinden V_0 hızıyla atıldığında sürtünmeli yatay düzlemde X kadar yol alıp duruyor. Bu X yolunun büyüklüğü, aşağıdakilerden hangisi/hangilerinin değişmesinden etkilenir? (Yalnızca yatay düzlem sürtünmelidir)

- I) h yüksekliği
 II) V_0 hızı
 III) m kütlesi



- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I, II ve III

- 29) Üç bisikletlinin bir tepeye yaklaşımlarıyla ilgili olarak aşağıda açıklamalar verilmiştir.

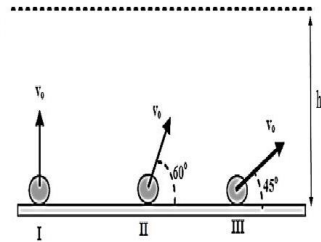
- I. Birinci bisikletli, tepenin başlangıcında pedal çevirmeyi bırakır ve buradaki sürati ile tepeye çıkmaya başlar.
 II. İkinci bisikletli tepe boyunca pedal çevirmeye devam eder, ancak bu şekilde sabit süratle tepenin zirvesine ulaşır.
 III. Üçüncü bisikletli tepeye çıkarken daha sıkı pedal çevirir, böylece bisikleti tepeye doğru ivmelenir.

Sürtünmenin etkisi göz ardı edilerek, verilen bu durumların hangisi veya hangilerinde bisikletlinin toplam mekanik enerjisi korunur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

- 30) Üç özdeş cisim, sürtünmesiz bir ortamda, aynı yatay düzlemde şekilde gösterildiği gibi aynı V_0 hızlarıyla, aynı anda yatayla üç farklı açıda fırlatılıyor. Tüm cisimler şekilde belirtilen h yüksekliğine çıkabildiklerine göre cisimlerin sahip oldukları enerjilerle ilgili hangisi doğrudur?

- A) I cismi, h yüksekliğine daha önce çıkacağından potansiyel enerjisi daha fazla olur.
 B) III cismi, h yüksekliğine daha geç çıkacağından potansiyel enerjisi daha az olur.
 C) h yüksekliğine geldikleri anda üç cismin de mekaniksel kinetik enerjileri eşit olur.
 D) h yüksekliğine geldiğinde en fazla enerjiye sahip olan I cisimidir.
 E) h yüksekliğine geldiğinde en fazla enerjiye sahip olan III cisimidir.



Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

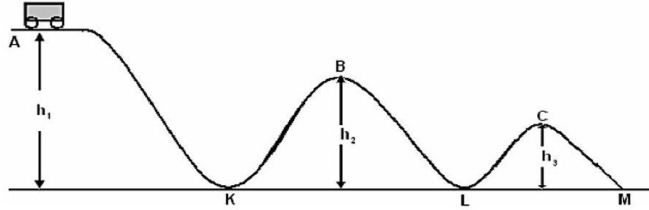
EK A'nın devamı

23) Bir jimnastikçi, trampolin sayesinde atlayabileceğinden daha yükseğe zıplayabilir. Jimnastikçinin zıplama hareketleri ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- A) Trambolinin gerilmemiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin en büyük hızına sahip olduğunda yerçekimi enerjisi ve kinetik enerjisi toplamı kadardır.
- B) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin havadayken sahip olduğu kinetik enerji kadardır.
- C) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin en büyük hızdayken sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi kadardır.
- D) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin havadayken sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisi toplamı kadardır.
- E) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin havadayken sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisinin farkı kadardır.



31)



Sürtünmesiz ortamda A noktasından serbest bırakılan araç, B ve C noktalarından geçerek hareketini sürdürüyor. Aracın hareketi boyunca sahip olduğu enerjilere ilişkin;

- I) Aracın B ve C noktalarındaki mekaniksel kinetik enerji büyüklükleri eşittir.
- II) Aracın K, L ve M konumlarındaki mekaniksel kinetik enerji büyüklükleri eşittir.
- III) Aracın, K-B ve L-C yollarını çıkarken mekaniksel kinetik enerjisi azalır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) I, II ve III

24) Aşağıda verilen ifadelerden hangisi veya hangileri doğrudur?

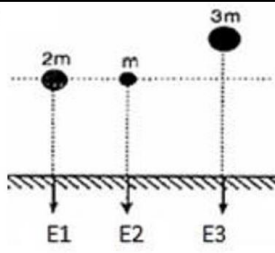
- I. Sıcaklığı artan bir cismin termal (iç) enerjisi azalır.
- II. Mekanik enerjinin korunduğu düzende sistemin kinetik enerjisi azalıyorsa potansiyel enerjisi artar.
- III. Mekanik enerjinin korunduğu düzende kinetik enerji artarken potansiyel enerji sabit kalır.
- IV. Kinetik enerjisi sabit olduğu halde yerçekimi potansiyel enerjisi artan sisteme dışarıdan bir kuvvet etki etmektedir.
- V. Sürtünmeli ortamda sabit hızla aşağı düşmekte olan bir cismin mekanik enerjisi değişmez.

- A) I ve V B) II ve III C) III ve V D) II ve IV E) IV ve V

Lütfen bir sonraki sayfaya geçiniz.

EK A'nın devamı

32)

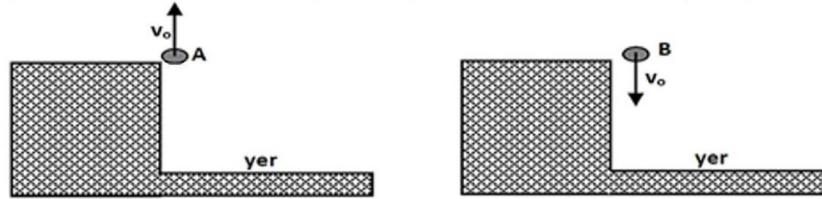


Şekildeki konumlardan serbest bırakılan cisimlerin yere çarptığı andaki E_1 , E_2 ve E_3 mekaniksel kinetik enerji büyüklükleri arasındaki ilişki için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) $E_1=E_2>E_3$
- B) $E_3>E_1=E_2$
- C) $E_1>E_2>E_3$
- D) $E_3>E_1>E_2$
- E) $E_1=E_2=E_3$

33)

Özdeş A ve B cisimleri, aynı yüksekliğe sahip sürtünmesiz bir ortamda, aynı V_0 sürati ile fırlatılıyor. A cismi düşey olarak yukarı, B cismi ise düşey olarak aşağıya doğru fırlatılıyor. Yere çarpmadan önce cisimlerin enerjilerine ilişkin verilen ifadelerden hangisi doğrudur?



- A) Her iki cisim de hareketi süresince aynı mekaniksel kinetik enerjiye sahiptir.
- B) Her iki cisim de hareketi süresince aynı yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir.
- C) A cismi daha yukarı çıkacağından mekaniksel kinetik enerjisi daha fazla olur.
- D) B cismi yere daha hızlı çarpacağından mekaniksel kinetik enerjisi daha büyüktür.
- E) A cisminin katettiği yol daha fazla olacağından mekaniksel kinetik enerjisi daha az olur.

34)

M kütleli bir cisme, sürtünmeli yatay bir düzlem üzerinde kısa süreli bir kuvvet uygulanıp bırakılıyor. Bir süre sonra, cismin enerjisiyle ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Cismin mekaniksel kinetik enerjisi artar.
- B) Cismin termal enerjisi azalır.
- C) Cisim sürtünme kuvvetlerinin etkisiyle durur ve dolayısıyla enerjisi kalmaz.
- D) Cismin termal enerjisi değişmez.
- E) Cismin yerçekimi potansiyel enerjisi değişmez.

TEST BİTTİ

LÜTFEN CEVAPLARINIZI KONTROL EDİNİZ.

EK B. Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi (Nihai Uygulama)

Enerji Konusu Öğrenme Durumları Testi

Değerli öğretmen adayı,

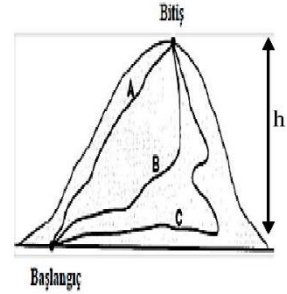
Bu test “enerji” konusunu kapsayan 22 adet çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soruyu dikkatle okuyup size en uygun cevabı vermeniz gerekmektedir. Her sorunun bir doğru cevabı vardır. Lütfen bütün soruları cevaplayınız. Bu çalışmadan elde edilecek veriler kesinlikle gizli tutulacak ve sadece bilimsel çalışmalar için kullanılacaktır. Araştırmaya katıldığınız için teşekkür ederim.

Ömer Volkan YAZ (Doktora Öğrencisi)

volkanyaz@gmail.com

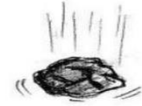
- 1) Şekilde başlangıç noktasından harekete geçen özdeş üç araç, aynı anda ve aynı süratle A, B ve C yollarını izleyerek bitiş noktasına ulaşıyor. Başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar araçların yerçekimi potansiyel enerjileri hakkında aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) A aracı h yüksekliğine daha önce ulaşacağından daha fazla yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olur.
B) C aracı h yüksekliğine daha geç ulaşacağından yerçekimi potansiyel enerjisi daha az olur.
C) Araçların hareketleri süresince aynı süratte olmaları ve sadece konumlarının değişiyor olması sebebiyle sadece yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptirler.
D) Araçların süratleri aynı olduğundan yerçekimi potansiyel enerjilerinde değişim gözlenmez.
E) Araçlar bitiş noktasında aynı yüksekliğe sahip olacaklarından toplam yerçekimi potansiyel enerji değişimleri eşit olur.



- 2) Yerde duran bir taş şeklindeki gibi kaldırılıp bırakılıyor. Enerji çeşitleri hakkında aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

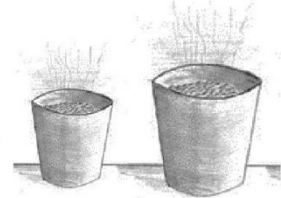
- A) Taşın, kaldırılmasından önceki yerçekimi potansiyel enerjisi sıfırdır. Taş zemine çarptıktan sonra ek bir termal enerji oluşur.
B) Taşı kaldırmak için kullanılan enerjinin yalnızca bir kısmı yere çarpma esnasında termal enerjiye dönüşür.
C) Taşın kaldırılmasından önceki yerçekim potansiyel enerjisi sıfır olduğundan, taş bırakıldıktan sonra enerji dönüşümü olmaz.
D) Taşı kaldırmak için kullanılan enerji, taş zemine çarptığında kaybolur.
E) Taş kaldırılırken yerçekimi potansiyel enerjisi zamanla artar.



- 3) Bir masada, biri diğerinden daha fazla miktar süt bulunduran iki kap bulunmaktadır. Büyük kaptaki daha fazla süt bulunmakta olup sütlerin sıcaklıkları eşittir.

Sütlerin iç(thermal) enerjileri ile ilgili hangisi doğrudur?

- A) Küçük kabın yüzey alanı da küçük olduğundan süt daha geç soğur. Bu sebeple termal enerjisi daha fazladır.
B) Büyük kaptaki daha fazla süt bulunduğundan termal enerjisi daha fazladır.
C) Sıcaklıklarının eşit olması sebebiyle termal enerjileri de eşittir.
D) Sadece hareket eden cisimlerin enerjileri vardır. Bu sebeple sütte enerji varlığından bahsedilemez.
E) Süt sıvı olduğundan iç enerjisi yoktur.

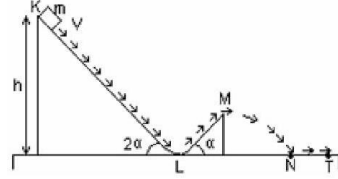


Lütfen arka sayfaya geçiniz.

1/6

EK B'nin devamı

- 4) Sürtünmesiz bir ortamda şekildeki gibi m kütleli bir cisim, h yüksekliğinden V ilk hızı ile gönderiliyor. Cismin K, L, M, N ve T noktalarındaki enerji durumları bakımından aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?



- A) Cisim, en fazla yüksekliğe sahip olunan K noktasında iken yerçekimi potansiyel enerjisi en fazladır.
B) Yerçekimi potansiyel enerjisi yüksekliğe bağlı olduğundan K ve M noktalarında yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
C) Yerçekimi potansiyel enerjisi yüksekliğe bağlı olduğundan K ve M noktalarında eşit miktarda yerçekimi potansiyel enerjileri vardır.
D) Herhangi bir engelle karşılaşmadan K noktasından L noktasına gelen cismin kinetik enerjisinde değişim gözlenmez.
E) Sürtünmesiz ortamda cismin iç enerjisi değişmeyeceğinden dolayı cismin kinetik enerjisi de sabit kalır.

- 5) Bir mağazanın 1. katından 2. katına yürüyen merdivenle, asansörle ve merdivenlerle çıkan bir kişinin yerçekimi potansiyel enerjisinde meydana gelecek değişimler için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Asansörle ve yürüyen merdivenle çıkarken enerji harcanmadığı için yerçekimi potansiyel enerjisi daha fazla olur.
B) Asansörle daha hızlı çıkacağından yerçekimi potansiyel enerjisi daha fazla olur.
C) Her durumda eşit miktarda yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olur.
D) Merdivenle uzun sürede ve enerji sarfederek çıkacağından dolayı potansiyel enerjisi en az olur.
E) Yürüyen merdiven ve asansörle aynı, merdivenle farklı büyüklükte yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olur.

- 6) Özdeş iki metal küreden biri 3 metre, diğeri ise 5 metre yükseklikten kum zemin üzerine bırakıldığında, 5 metre yükseklikten bırakılan kürenin, kumda daha derin iz bıraktığı gözlemlenir. Bu durum aşağıdakilerden hangisi ile açıklanabilir?

- A) Yükseklik arttıkça yerçekimi potansiyel enerjisi artar.
B) Yükseklik azaldıkça kinetik enerji azalır.
C) Yükseklik azaldıkça yerçekimi potansiyel enerjisi artar.
D) Yükseklik arttıkça yerçekimi potansiyel enerjisi azalır.
E) Yükseklik arttıkça kinetik enerji artar.

- 7) Taş şekildeki gibi kaldırılıp bırakılıyor. Taşın hareketini enerji kavramıyla nasıl açıklayabilirsiniz?



- A) Taş yere bırakılmadan önce enerjisi yoktur. Düşmeye bırakıldığında ise kinetik enerjiye sahip olur.
B) Taş yere bırakılmadan önce kinetik enerjisi vardır. Taş harekete başladığı anda kinetik enerjisi hıza dönüşür.
C) Taş yere bırakılmadan önce kinetik enerjisi vardır. Taş düşmeye başladığında kinetik enerjisi yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür.
D) Taş yere bırakılmadan önce yere göre yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir. Taş aşağı doğru hareket ettiğinde yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür.
E) Taş yere bırakılmadan önce yere göre yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. Düşmeye bırakıldığında kinetik enerjiye de sahip olur. Toplam enerjisi artar.



EK B'nin devamı

8) Enerji çeşitleri ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

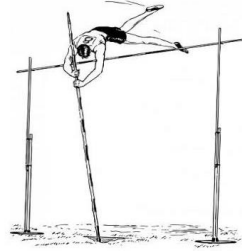
- A) Kinetik enerji, cismin hareketiyle ilgilidir. Bu sebeple kütleye bağlı değildir.
- B) Kinetik enerji, cismin ileri veya geri yönlü olmasına göre negatif değerli olabilir.
- C) Bir lokomotifle bağlı olarak eşit hızla ilerleyen iki vagonun dolu vagonunun kinetik enerjisi, boş vagonun kinetik enerjisinden büyüktür.
- D) Yerçekimi potansiyel enerjisi cismin konumuyla ilgilidir. Bu sebeple kütleye bağlı değildir.
- E) İki kamyonun birincisi diğerinin yarısı kadar ağırlıkta, fakat iki katı hızındadır. Buna göre hızı küçük olan kamyonun kinetik enerjisi daha fazladır.

9) Sırıkla yüksek atlama yapan bir sporcu, belli bir mesafeden koşmaya başlayarak belli bir yükseklikteki engelin üzerinden sıırıkla geçmeye çalışıyor. Buna göre sporcu için;

- I. Sırıkla koşarken mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
- II. Sırık sayesinde kinetik enerjisini doğrudan yerçekimi potansiyel enerjisine dönüştürür.
- III. Engeli geçtiği anda yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
- IV. Engeli aşıp tekrar yere yaklaşırken yerçekimi potansiyel enerjisi azalır.

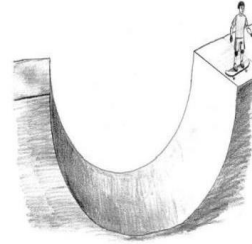
Yukarıdaki yargılardan hangisi veya hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) Yalnız III E) I ve IV



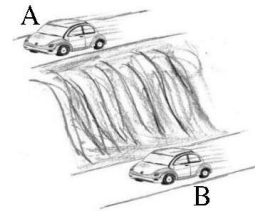
10) Bir patenci şekildeki gibi half-pipe (yarım boru) üstünde kaymayı beklemektedir. Patencinin bu durumda enerjisi hakkında hangisi söylenebilir?

- A) Yarım borudan aşağı doğru kayabileceğinden dolayı patencinin kinetik enerjisi olduğu söylenebilir.
- B) Patencinin hareket etmediği sürece enerjisinin bulunmadığı, yalnızca hareket ettiğinde kinetik enerjisinin olduğu söylenebilir.
- C) Patencinin yediği besinlerden dolayı yerçekimi potansiyel enerjisi olduğu söylenebilir.
- D) Patencinin hem kinetik enerjisi hem de yerçekimi potansiyel enerjisi olduğu söylenebilir.
- E) Yarım boru üzerinde durduğundan patencinin yerçekimi potansiyel enerjisi olduğu söylenebilir.



11) Özdeş iki araç aynı hızla ve farklı yollarda ilerlemektedirler. Yolum birisi tepede, diğeri vadide yer almaktadır. Bu araçların enerjileri hakkında aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) A aracı kinetik enerjisinin yanında daha fazla yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olduğundan B aracına göre daha fazla enerjiye sahiptir.
- B) B aracı sadece kinetik enerjiye sahipken A aracı sadece yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir.
- C) Her iki araç aynı süratle ilerlediklerinden dolayı aynı mekaniksel kinetik enerjiye ve yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptirler.
- D) A aracı B aracına göre daha az yerçekimi potansiyel enerjisine sahip olduğundan daha az enerjisi vardır.
- E) Konumu sebebiyle A aracının mekaniksel kinetik enerjisi, B aracınınkinden daha fazladır.



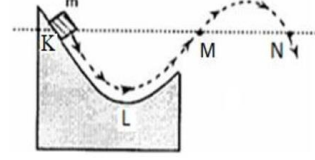
Lütfen arka sayfaya geçiniz.

3/6

EK B'nin devamı

- 12) Düşey kesiti şekildeki gibi olan yol sürtünmesizdir. K noktasından V_0 ilk hızıyla fırlatılan cisim sırasıyla L, M ve N noktalarından geçmektedir. Cismin K, L, M ve N noktalarındaki enerji durumlarıyla ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Cismin K noktasında yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
 B) Cismin L noktasında yalnızca mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
 C) Cismin M noktasında hem yerçekimi potansiyel enerjisi hem de mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
 D) Cismin N noktasında yalnızca mekaniksel kinetik enerjisi vardır.
 E) Cismin L noktasında yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.



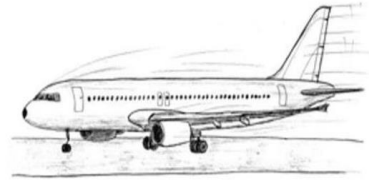
- 13) Sürtünmesiz bir ortamda yerden belli bir h yüksekliğinden yere doğru ilk hızı sıfır olarak serbest düşmeye bırakılan m kütleli bir cismin hareketi süresince;

- I. Mekaniksel kinetik enerjisi
 II. Yerçekimi potansiyel enerjisi
 III. Termal (iç) enerjisi
 niceliklerinden hangileri değişir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I, II ve III

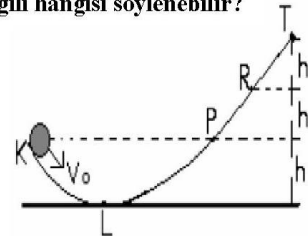
- 14) Bir uçak havaalanına iniş yapıyor ve durmak için fren yapıyor. Uçağın enerjisi ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

- A) Uçak yere inerken gerçekleşen termal enerjisindeki artış uçağın kinetik enerjisine eşittir. Uçağın frenleri ısıtır çünkü sürtünmeden dolayı kinetik enerji termal enerjiye dönüşür.
 B) Uçağın yere inerken gerçekleşen termal enerjisindeki artış uçağın kinetik enerjisinden daha azdır. Geriye kalan kinetik enerji frenlerin aşınmasına yol açar.
 C) Uçağın yavaşladığı sıradaki termal enerji artışı uçağın havalandığındaki enerjisine eşittir. Sıcaklık termal enerjiden bağımsız olduğundan frenlerin sıcaklığı değişmez.
 D) Uçağın termal enerjisindeki artış uçak yere indiğindeki yerçekimi potansiyel enerjisine eşittir. Yerçekimi potansiyel enerjisi sürtünme nedeniyle termal enerjiye dönüşmediğinden, frenlerin sıcaklığı değişmez.
 E) Uçak yavaşladığı için kinetik enerjisi azalır. Bu azalma oranında yerçekimi potansiyel enerjisi artar.



- 15) K noktasından V_0 süratıyla harekete geçen bir cisim T noktasından geri dönüyor. Buna göre cismin bu konumlarda sahip olduğu enerjilerle ilgili hangisi söylenebilir?

- A) L noktasında cismin kinetik enerjisi, T noktasındaki yerçekimi potansiyel enerjisinden azdır.
 B) R noktasında cismin kinetik enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisinden büyüktür.
 C) T noktasında cismin hiç enerjisi yoktur.
 D) P noktasında cismin hem kinetik hem de yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.
 E) K noktasında cismin yalnızca kinetik enerjisi vardır.



EK B'nin devamı

16) Düz bir yolda ilerleyen bir aracın yakıtı bitiyor ve araç bir süre sonra yavaşlayarak duruyor. Yakıtı biten bu aracın bir süre sonra yavaşlaması ve durması ile ilgili hangisi söylenebilir?

- A) Araç yakıt kullanarak ilerlediği sürece sürtünme yoktur. Sürtünme sadece yakıt bittiğinde oluşur ve araç durana kadar aracın kinetik enerjisi termal enerjiye dönüşür.
- B) Araç yakıtla çalışmadığı zaman hiç kinetik enerjisi yoktur. Kinetik enerjisi olmadan araç sürtünmeyi yenemez ve durur.
- C) Sürtünme sebebiyle aracın kinetik enerjisi termal enerjiye dönüşür. Araç artık yakıtla çalışmayacağından araç durana kadar kinetik enerjisi azalır.
- D) Aracın tekerlekleri yakıt kullanılmadığında daha yavaş döner. Tekerlekler dönmeyi durdurduğu anda sürtünme meydana gelir ve kinetik enerji termal enerjiye dönüşür.
- E) Araç yavaşladıkça sürtünme kuvveti ve aracın kinetik enerjisinin termal enerjiye dönüşme hızı artar.

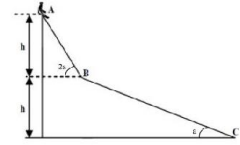


17) M kütleli bir cisme, sürtünmeli yatay bir düzlem üzerinde kısa süreli bir kuvvet uygulanıp bırakılıyor. Bir süre sonra cismin enerjisiyle ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Cismin mekaniksel kinetik enerjisi artar.
- B) Cismin termal enerjisi azalır.
- C) Cisim sürtünme kuvvetlerinin etkisiyle durur ve dolayısıyla enerjisi kalmaz.
- D) Cismin termal enerjisi değişmez.
- E) Cismin yerçekimi potansiyel enerjisi değişmez.

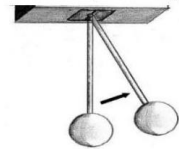
18) Şekildeki gibi sürtünmesiz birbirini takip eden iki farklı eğimli bir yolun en üst noktasından kaymaya başlıyorsunuz. Buna göre aşağıdakilerden hangisi veya hangileri söylenebilir?

- I. A'dan B'ye geldiğinizde meydana gelen kinetik enerji değişimi, B'den C'ye geldiğinizde meydana gelen kinetik enerji değişimiyle aynıdır.
- II. A'dan B'ye gelmekle oluşan yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişim, B'den C'ye gelmekle oluşan yerçekimi potansiyel enerji değişimiyle aynıdır.
- III. A'dan B'ye gelmekle meydana gelen kinetik enerji, A'dan C'ye gelmekle meydana gelecek kinetik enerjiden daha büyüktür.



- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I ve III

19) Bir sarkaç şeklindeki gibi çekilip belli bir yükseklikte tutuluyor. Sallanan sarkaç “enerji” kavramı kullanılarak nasıl tarif edilebilir?



- A) Sarkacın kinetik enerjisi sarkaç yukarı doğru hareket ederken azalır, aşağı doğru hareket ederken artar. Sarkaç tavana sabitlendiği için yerçekimi potansiyel enerjisi hiçbir zaman değişmez.
- B) Sarkaç yukarı doğru hareket ederken yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Aşağı doğru hareket ederken kinetik enerjisi tekrar yerçekimi potansiyel enerjiye dönüşür.
- C) Sarkaç yukarı doğru hareket ederken kinetik enerjisi yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür. Sarkaç aşağıya doğru hareket ederken yerçekimi potansiyel enerjisi tekrar kinetik enerjiye dönüşür.
- D) Sarkacın kinetik enerjisi sabit bir oranda yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür. Bu sebeple kinetik enerji miktarı azalan sarkaç bir süre sonra durur.
- E) Sarkaç yukarı doğru hareket ederken yerçekimi potansiyel enerjisi azalır. Kinetik enerjisi ise değişmez.

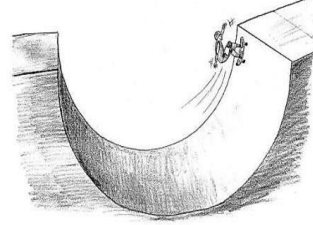
Lütfen arka sayfaya geçiniz.

5/6

EK B'nin devamı

20) Bir patenci sürtünmesi önemsiz olmayan half-pipe (yarım boru) içinde hareket etmektedir. Patencinin sahip olduğu enerjinin dönüşümü ile ilgili olarak hangisi söylenebilir?

- A) Yarım boru içinde yukarı doğru kaymakta olan patencinin yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Bu kinetik enerji, patenci aşağıya doğru kayarken tekrar yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür.
- B) Patenci yediği besinlerden kimyasal enerji elde eder. Patenci bu enerjiyi kinetik enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisine dönüştürebilir.
- C) Aşağı doğru kayarken patencinin yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Bunun sonucu olarak patenci yarım borunun diğer tarafına gitmek için güç alır.
- D) Yarım boru içinde yukarı doğru kaymakta olan patencinin kinetik enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşmektedir. Bu yerçekimi potansiyel enerjisi, patenci aşağıya doğru kayarken tekrar kinetik enerjisine dönüşür.
- E) Patenci yukarıda iken yalnızca yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. Aşağı doğru kayıyorken bu yerçekimi potansiyel enerjisi tamamen termal enerjiye dönüşür.



21) Bir jimnastikçi, trampolin kullanarak daha yükseğe zıplayabilir. Jimnastikçinin zıplama hareketleri ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- A) Trambolinin gerilmemiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin en büyük hızına sahip olduğunda yerçekimi enerjisi ve kinetik enerjisi toplamı kadardır.
- B) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin havadayken sahip olduğu kinetik enerji kadardır.
- C) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin en büyük hızdayken sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi kadardır.
- D) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin havadayken sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisi toplamı kadardır.
- E) Trambolinin maksimum gerilmiş haldeki esneklik potansiyel enerjisi, jimnastikçinin havadayken sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisinin farkı kadardır.



22) Aşağıda verilen ifadelerden hangisi veya hangileri doğrudur?

- I. Sıcaklığı artan bir cismin termal (iç) enerjisi azalır.
- II. Mekanik enerjinin korunduğu düzenekte sistemin kinetik enerjisi azalıyorsa potansiyel enerjisi artar.
- III. Mekanik enerjinin korunduğu düzenekte kinetik enerji artarken potansiyel enerji sabit kalır.
- IV. Kinetik enerjisi sabit olduğu halde yerçekimi potansiyel enerjisi artan sisteme dışarıdan bir kuvvet etki etmektedir.
- V. Sürtünmeli ortamda sabit hızla aşağı düşmekte olan bir cismin mekanik enerjisi değişmez.

- A) I ve V B) II ve III C) III ve V D) II ve IV E) IV ve V

TEST BİTTİ

LÜTFEN CEVAPLARINIZI KONTROL EDİNİZ.

EK C. Araştırma İzni



T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Eğitim Fakültesi Dekanlığı

Sayı : 96053312-044-E.40343

30/09/2020

Konu : Anket Çalışması (Başarı Testi Uygulama İzni)

Sayın Ömer Volkan YAZ

İlgi : 30/09/2020 tarihli ve 96053312-044-E.40324 sayılı dilekçeniz.

İlgi dilekçeniz ekinde belirtmiş olduğunuz Enerji Kavramı Başarı Testinizin, Fakültemiz öğretmen adaylarında uygulanması, Dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi rica ederim.

e-imzalıdır

Prof. Dr. Selahattin KAYMAKCI
Dekan V.

Adres: Aktekke mah. Yalçın Cad. Kastamonu Üniversitesi Eğitim Fakültesi 37100 Kastamonu / TÜRKİYE

Telefon: (0 366) 280 33 01

Faks: (0 366) 212 33 53

Elektronik Ağ: <http://www.kastamonu.edu.tr>

5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu'na uygun olarak Güvenli Elektronik İmza ile üretilmiştir.

Evrak teyidi: <https://ebys.kastamonu.edu.tr/sorgu/sorgula.aspx> adresinden 0008-ZBUR-05RI kodu ile yapılabilir.

EK D. Etik Kurul Onayı



T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etiği
Kurulu

TOPLANTI SAYISI
2

KARAR SAYISI
1

TOPLANTI TARİHİ
1.06.2021

DAĞITIM YERLERİNE

Üniversitemiz Eğitim Fakültesinde öğretim üyesi olarak görev yapan Prof. Dr. Mehmet Altan KURNAZ'ın sorumlu araştırmacı, Ömer Volkan YAZ'ın yardımcı araştırmacı olarak yapmayı planladığı **"Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Enerji Kavramı ile İlgili Temellendirilmiş Zihinsel Modellerin Matematiksel Algoritmalar Yoluyla İncelenmesi"** isimli Doktora Tezi çalışması Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunca onaylanması uygun bulunmuştur.

Bu bilgiler ışığında; Aydınlatılmış Onam Formunun gönüllülere imzalatılarak gerekli ilgilendirmelerin yapılması ve etik davranış ilkelerine uyulması şartıyla söz konusu araştırmanın yapılması Etik Kurulumuzca uygun görülmüş ve onaylanmasına toplantıya katılan üyelerin oybirliği ile karar verilmiştir.

Prof. Dr. Muharrem ÇETİN
Kurul Başkanı

Prof. Dr. Yavuz DEMİREL
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Kutay OKTAY
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Tolga ULUSOY
Kurul Üyesi

Doç. Dr. İbrahim YENEN
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Selahattin
KAYMAKCI
Kurul Üyesi

DAĞITIM LİSTESİ

Prof. Dr. Mehmet Altan Kurnaz

Ömer Volkan Yaz

Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etiği Kuruluna

Belge Doğrulama Kodu: CMFFUTT

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Takip Adresi: www.kastamonu.edu.tr/belgedogrulama

Adres: Kastamonu Üniversitesi Rektörlüğü, Kuzeykent Yerleşkesi, Merkez/Kastamonu

Bilgi için :

Serdar DURUR

Telefon No: <tx(Te>

Faks No: (0 366) 2801038

Raportör

e-Posta:

İnternet Adresi: www.kastamonu.edu.tr

Telefon No:

<tx(Te>

Kep Adresi: kastamonuuniversitesi@hs01.kep.tr



EK E. Derin Sinir Ağının Eğitimine İlişkin Python Kodları

```
# -*- coding: utf-8 -*-
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense, Dropout, Activation
import keras
from keras import optimizers
from keras.layers import Input, Dense
from tensorflow.keras.optimizers import SGD
from keras.models import Model
#from sklearn.preprocessing import Imputer
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import r2_score
import numpy as np
import pandas as pd
from keras.models import load_model
import matplotlib.pyplot as plt
import statsmodels.api as sm
import math
import xlwt
from xlwt import Workbook
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
from keras.utils import np_utils
from keras.wrappers.scikit_learn import KerasClassifier
from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
from tensorflow.keras.utils import to_categorical
from sklearn.metrics import classification_report
from sklearn.metrics import confusion_matrix
from sklearn.metrics import f1_score
import scikitplot as skplt
from mlxtend.plotting import plot_confusion_matrix

import itertools
import tensorflow as tf

from sklearn import svm, datasets

import warnings
import sys
if not sys.warnoptions:
    warnings.simplefilter("ignore")

def plot_confusion_matrix(cm, classes,
                          normalize=False,
                          title='Confusion matrix',
                          cmap=plt.cm.Blues):
    """
    This function prints and plots the confusion matrix.
    Normalization can be applied by setting `normalize=True`.
    """
    if normalize:
        cm = cm.astype('float') / cm.sum(axis=1)[:, np.newaxis]
        print("Normalized confusion matrix")
    else:
        print('Confusion matrix, without normalization')
```

EK E'nin devamı

```
print(cm)

plt.imshow(cm, interpolation='nearest', cmap=cmap)
plt.title(title)
plt.colorbar()
tick_marks = np.arange(len(classes))
plt.xticks(tick_marks, classes, rotation=45)
plt.yticks(tick_marks, classes)

fmt = '.2f' if normalize else 'd'
thresh = cm.max() / 2.
for i, j in itertools.product(range(cm.shape[0]), range(cm.shape[1])):
    plt.text(j, i, format(cm[i, j], fmt),
             horizontalalignment="center",
             color="white" if cm[i, j] > thresh else "black")

plt.tight_layout()
plt.ylabel('True')
plt.xlabel('Predicted')

def tahmin(model1):
    sonuc=model1.predict(testgiris)
    mse=mean_squared_error(testcikis,sonuc)
    #print("Deneme",sonuc)
    r=math.sqrt(sm.OLS(sonuc, sm.add_constant(testcikis)).fit().rsquared)
    return mse,r

def tahminegitim(model1):
    sonuc=model1.predict(egitimgiris)
    mse=mean_squared_error(egitimcikis,sonuc)
    #print("Deneme",sonuc)
    r=math.sqrt(sm.OLS(sonuc, sm.add_constant(egitimcikis)).fit().rsquared)
    return mse,r

def predict(model1,kontrol,sonucgoster,egitim):
    if (kontrol==1):
        model1=load_model('deep.h5')

    if (egitim==1):
        y=y_train
        x=egitimgiris
    else:
        y=y_test
        x=testgiris
    y_pred=model1.predict(x)
    y_pred = np.around(y_pred)
    #print(y_pred)

    y_non_category = [ np.argmax(t) for t in y ]
    y_predict_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_pred ]
    #print(y_predict_non_category)
    score, acc = model1.evaluate(x, y, batch_size=128)
    #score, acc = model1.evaluate(egitimgiris, y_train, batch_size=128)
    conf_mat = confusion_matrix(y_non_category, y_predict_non_category)
    f1=f1_score(y_non_category, y_predict_non_category,average='weighted')
    if (sonucgoster==1):
```

EK E'nin devamı

```
print(conf_mat)
print(classification_report(y_non_category, y_predict_non_category,digits=4))
print("ACC=",acc)
#skplt.metrics.plot_confusion_matrix(y_test_non_category, y_predict_non_category,
title="DNN-1", normalize=False)
plt.figure()
plot_confusion_matrix(conf_mat, classes=['BBM','TZKM','TBOM'],
title='Enerji_Korunumu')

return acc,f1

kacozellik=5
#veritum=pd.read_excel("newfinalfinal.xlsx", sheet_name="Enerji_Cesitleri")
#veritum=pd.read_excel("newfinalfinal.xlsx", sheet_name="Enerji_Donusumu")
veritum=pd.read_excel("newfinalfinal.xlsx", sheet_name="Enerji_Korunumu")
veriegitim, veritest = train_test_split(veritum,test_size=0.3, random_state=82) #82 #18

"""veriegitim=np.array(pd.read_excel("veriegitim.xlsx"))
veritest=np.array(pd.read_excel("veritest.xlsx"))"""
egitimgiris=veriegitim.iloc[:,0:kacozellik]
egitimcikis=veriegitim.iloc[:,kacozellik:kacozellik+1]
testgiris=veritest.iloc[:,0:kacozellik]
testcikis=veritest.iloc[:,kacozellik:kacozellik+1]

y_train = keras.utils.np_utils.to_categorical(egitimcikis-1, num_classes=3)
y_test = keras.utils.np_utils.to_categorical(testcikis-1, num_classes=3)
"""model = Sequential()
model.add(Dense(16, activation='relu', input_dim=205))
model.add(Dense(32, activation='relu'))
model.add(Dense(7, activation='softmax'))
model.compile(optimizer='Adadelta',
loss='mse',
metrics=['accuracy'])
model.fit(egitimgiris, y_train, epochs=1000, batch_size=32,verbose=0)
y_pred=model.predict(testgiris)
y_pred = np.around(y_pred)
y_test_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_test ]
y_predict_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_pred ]
print(classification_report(y_test_non_category, y_predict_non_category))
conf_mat = confusion_matrix(y_test_non_category, y_predict_non_category)
print (conf_mat)
score, acc = model.evaluate(testgiris, y_test, batch_size=128)
sonuc=model.predict(testgiris)
print("Score:",score)
print("ACC:",acc)"""
#mlp = MLPClassifier()
#mlp.fit(egitimgiris, y_train)
#mlpsonuc=mlp.predict(testgiris)
#mlpsonuc=mlp.score(testgiris, y_test)
#print (mlpsonuc)
#excele_yaz(veriegitim.values,"secilenegitim.xls");
#excele_yaz(veritest.values,"secilentest.xls");
testmi=0
if testmi==0:
    ebacc=0
```


EK E'nin devamı

```
a=2
baslangic=0
bitis=6
for k in range(baslangic,bitis):
    if (k==0):opt =tf.optimizers.Adam(lr=0.001, beta_1=0.9, beta_2=0.9)
    if (k==1):opt=tf.keras.optimizers.Adadelta(lr=1.0)
    if (k==2):opt = tf.optimizers.SGD(lr=0.001, clipnorm=1.)
    if (k==3):opt =tf.keras.optimizers.RMSprop(lr=0.001, rho=0.9, decay=0.0)
    if (k==4):opt=tf.keras.optimizers.Adamax(lr=0.002, beta_1=0.9, beta_2=0.999, decay=0.0)
    if (k==5):opt=tf.keras.optimizers.Nadam(lr=0.0002, beta_1=0.9, beta_2=0.999,
schedule_decay=0.004)
    #print (egiris,ecikis)
    #model.compile(loss='mse', optimizer=opt, metrics=['accuracy'])
    model = Sequential()
    aktivasyon="relu"
    model.add(Dense(16, input_dim=kacozellik, activation=aktivasyon))
    model.add(Dense(32, activation=aktivasyon))
    model.add(Dense(48, activation=aktivasyon))
    model.add(Dense(64, activation=aktivasyon)) #, axis=-1
    model.add(Dense(3, activation='softmax'))
    #model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer=opt, metrics=['accuracy']) #loss
    mean_absolute_error //binary_crossentropy
    for i in range(1):
        model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer=opt, metrics=['accuracy'])
        history=model.fit(egitimgirisi, y_train, epochs=200, batch_size=32,verbose=0) #,
validation_split=0.25
        accegitim,fsegitim=predict(model,0,0,1)
        print("acc egitim:",accegitim," k=",k)
        acc,fs=predict(model,0,0,0)
        print("acc test",acc," k=",k)
        #score, acc = model.evaluate(testgirisi, y_test, batch_size=128)
        #print("i=",i,"k=",k," F score:",fs," ACC=",acc)
        if i==0 and k==baslangic:
            eb=fs
            ebacc=acc
            tutk=k
            ebhistory=history
            np.save("my_history.npy",history.history)
            model.save("deep.h5")

        if (fs>=eb):
            if (fs==eb):
                if (acc>ebacc):
                    eb=fs
                    tutk=k
                    model.save("deep.h5")
                    ebhistory=history
                    np.save("my_history.npy",history.history)
            else:
                ebacc=acc
                eb=fs#ortmse
                tutk=k
                model.save("deep.h5")
                ebhistory=history
                np.save("my_history.npy",history.history)
    #print (eb,"k=",k)
```


EK E'nin devamı

```
print ("En Büyük F Score:",eb, "K degeri=",tutk, "EB ACC",ebacc)
"""plt.plot(n['loss'],label='train loss')
plt.ylabel('loss')
plt.xlabel('epochs')
plt.legend()
plt.show()
plt.plot(n['accuracy'],label='train acc')
plt.ylabel('accuracy')
plt.xlabel('epochs')
plt.legend()
plt.show()"""

plt.figure(figsize=(15,7))
plt.subplot(1,2,1)
plt.plot(ebhistory.history['accuracy'])
plt.title('Eğitim Doğruluk')
plt.ylabel('Doğruluk')
plt.xlabel('Epok')
plt.legend(['Eğitim','Doğrulama'])

plt.subplot(1,2,2)
plt.plot(ebhistory.history['loss'])
plt.title('Eğitim Kayıp')
plt.ylabel('Kayıp')
plt.xlabel('Epok')
plt.legend(['Eğitim','Doğrulama'])
plt.show()
else:
    model=load_model('deep.h5')
    predict(model,0,1,0)
    y_pred_bilgi=model.predict(testgiris)
    y_pred_bilgi = np.around(y_pred_bilgi)
    y_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_pred_bilgi ]
```

EK F. Derin Sinir Ağının Testine İlişkin Python Kodları

```
# -*- coding: utf-8 -*-
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense, Dropout, Activation
import keras
from keras import optimizers
from keras.layers import Input, Dense
from tensorflow.keras.optimizers import SGD
from keras.models import Model
#from sklearn.preprocessing import Imputer
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import r2_score
import numpy as np
import pandas as pd
from keras.models import load_model
import matplotlib.pyplot as plt
import statsmodels.api as sm
import math
import xlwt
from xlwt import Workbook
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
from keras.utils import np_utils
from keras.wrappers.scikit_learn import KerasClassifier
from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
from tensorflow.keras.utils import to_categorical
from sklearn.metrics import classification_report
from sklearn.metrics import confusion_matrix
from sklearn.metrics import f1_score
import scikitplot as skplt
from mlxtend.plotting import plot_confusion_matrix

import itertools
import tensorflow as tf

from sklearn import svm, datasets

import warnings
import sys
if not sys.warnoptions:
    warnings.simplefilter("ignore")

def plot_confusion_matrix(cm, classes,
                          normalize=False,
                          title='Confusion matrix',
                          cmap=plt.cm.Blues):
    """
    This function prints and plots the confusion matrix.
    Normalization can be applied by setting `normalize=True`.
    """
    if normalize:
        cm = cm.astype('float') / cm.sum(axis=1)[:, np.newaxis]
        print("Normalized confusion matrix")
    else:
        print('Confusion matrix, without normalization')
```

EK F'nin devamı

```
print(cm)

plt.imshow(cm, interpolation='nearest', cmap=cmap)
plt.title(title)
plt.colorbar()
tick_marks = np.arange(len(classes))
plt.xticks(tick_marks, classes, rotation=45)
plt.yticks(tick_marks, classes)

fmt = '.2f' if normalize else 'd'
thresh = cm.max() / 2.
for i, j in itertools.product(range(cm.shape[0]), range(cm.shape[1])):
    plt.text(j, i, format(cm[i, j], fmt),
             horizontalalignment="center",
             color="white" if cm[i, j] > thresh else "black")

plt.tight_layout()
plt.ylabel('True')
plt.xlabel('Predicted')

def tahmin(model1):
    sonuc=model1.predict(testgiris)
    mse=mean_squared_error(testcikis,sonuc)
    #print("Deneme",sonuc)
    r=math.sqrt(sm.OLS(sonuc, sm.add_constant(testcikis)).fit().rsquared)
    return mse,r

def tahminegitim(model1):
    sonuc=model1.predict(egitimgiris)
    mse=mean_squared_error(egitimcikis,sonuc)
    #print("Deneme",sonuc)
    r=math.sqrt(sm.OLS(sonuc, sm.add_constant(egitimcikis)).fit().rsquared)
    return mse,r

def predict(model1,kontrol,sonucgoster,egitim):
    if (kontrol==1):
        model1=load_model('deep.h5')

    if (egitim==1):
        y=y_train
        x=egitimgiris
    else:
        y=y_test
        x=testgiris
    y_pred=model1.predict(x)
    y_pred = np.around(y_pred)
    #print(y_pred)

    y_non_category = [ np.argmax(t) for t in y ]
    y_predict_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_pred ]
    #print(y_predict_non_category)
    score, acc = model1.evaluate(x, y, batch_size=128)
    #score, acc = model1.evaluate(egitimgiris, y_train, batch_size=128)
    conf_mat = confusion_matrix(y_non_category, y_predict_non_category)
    f1=f1_score(y_non_category, y_predict_non_category,average='weighted')
    if (sonucgoster==1):
        print (conf_mat)
```

EK F'nin devamı

```
print(classification_report(y_non_category, y_predict_non_category,digits=4))
print("ACC=",acc)
#skplt.metrics.plot_confusion_matrix(y_test_non_category, y_predict_non_category,
title="DNN-1", normalize=False)
plt.figure()
plot_confusion_matrix(conf_mat, classes=['BBM','TZKM','TBOM'],
title='Enerji_Korunumu')

return acc,f1

kacozellik=5
#veritum=pd.read_excel("newfinalfinal.xlsx", sheet_name="Enerji_Cesitleri")
#veritum=pd.read_excel("newfinalfinal.xlsx", sheet_name="Enerji_Donusumu")
veritum=pd.read_excel("newfinalfinal.xlsx", sheet_name="Enerji_Korunumu")
veriegitim, veritest = train_test_split(veritum,test_size=0.3, random_state=82) #82 #18

"""veriegitim=np.array(pd.read_excel("veriegitim.xlsx"))
veritest=np.array(pd.read_excel("veritest.xlsx"))"""
egitimgiris=veriegitim.iloc[:,0:kacozellik]
egitimcikis=veriegitim.iloc[:,kacozellik:kacozellik+1]
testgiris=veritest.iloc[:,0:kacozellik]
testcikis=veritest.iloc[:,kacozellik:kacozellik+1]

y_train = keras.utils.np_utils.to_categorical(egitimcikis-1, num_classes=3)
y_test = keras.utils.np_utils.to_categorical(testcikis-1, num_classes=3)
"""model = Sequential()
model.add(Dense(16, activation='relu', input_dim=205))
model.add(Dense(32, activation='relu'))
model.add(Dense(7, activation='softmax'))
model.compile(optimizer='Adadelta',
loss='mse',
metrics=['accuracy'])
model.fit(egitimgiris, y_train, epochs=1000, batch_size=32,verbose=0)
y_pred=model.predict(testgiris)
y_pred = np.around(y_pred)
y_test_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_test ]
y_predict_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_pred ]
print(classification_report(y_test_non_category, y_predict_non_category))
conf_mat = confusion_matrix(y_test_non_category, y_predict_non_category)
print (conf_mat)
score, acc = model.evaluate(testgiris, y_test, batch_size=128)
sonuc=model.predict(testgiris)
print("Score:",score)
print("ACC:",acc)"""
#mlp = MLPClassifier()
#mlp.fit(egitimgiris, y_train)
#mlpsonuc=mlp.predict(testgiris)
#mlpsonuc=mlp.score(testgiris, y_test)
#print (mlpsonuc)
#excele_yaz(veriegitim.values,"secilenegitim.xls");
#excele_yaz(veritest.values,"secilentest.xls");
testmi=1
if testmi==0:
    ebacc=0
```

EK F'nin devamı

```
a=2
baslangic=0
bitis=6
for k in range(baslangic,bitis):
    if (k==0):opt =tf.optimizers.Adam(lr=0.001, beta_1=0.9, beta_2=0.9)
    if (k==1):opt=tf.keras.optimizers.Adadelta(lr=1.0)
    if (k==2):opt = tf.optimizers.SGD(lr=0.001, clipnorm=1.)
    if (k==3):opt =tf.keras.optimizers.RMSprop(lr=0.001, rho=0.9, decay=0.0)
    if (k==4):opt=tf.keras.optimizers.Adamax(lr=0.002, beta_1=0.9, beta_2=0.999, decay=0.0)
    if (k==5):opt=tf.keras.optimizers.Nadam(lr=0.0002, beta_1=0.9, beta_2=0.999,
schedule_decay=0.004)
    #print (egiris,ecikis)
    #model.compile(loss='mse', optimizer=opt, metrics=['accuracy'])
    model = Sequential()
    aktivasyon="relu"
    model.add(Dense(16, input_dim=kacozellik, activation=aktivasyon))
    model.add(Dense(32, activation=aktivasyon))
    model.add(Dense(48, activation=aktivasyon))
    model.add(Dense(64, activation=aktivasyon)) #, axis=-1
    model.add(Dense(3, activation='softmax'))
    #model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer=opt, metrics=['accuracy']) #loss
    mean_absolute_error //binary_crossentropy
    for i in range(1):
        model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer=opt, metrics=['accuracy'])
        history=model.fit(egitimgis, y_train, epochs=200, batch_size=32,verbose=0) #,
validation_split=0.25
        accegitim,fsegitim=predict(model,0,0,1)
        print("acc egitim:",accegitim," k=",k)
        acc,fs=predict(model,0,0,0)
        print("acc test",acc," k=",k)
        #score, acc = model.evaluate(testgis, y_test, batch_size=128)
        #print("i=",i,"k=",k," F score:",fs," ACC=",acc)
        if i==0 and k==baslangic:
            eb=fs
            ebacc=acc
            tutk=k
            ebhistory=history
            np.save("my_history.npy",history.history)
            model.save("deep.h5")

        if (fs>=eb):
            if (fs==eb):
                if (acc>ebacc):
                    eb=fs
                    tutk=k
                    model.save("deep.h5")
                    ebhistory=history
                    np.save("my_history.npy",history.history)
            else:
                ebacc=acc
                eb=fs#ortmse
                tutk=k
                model.save("deep.h5")
                ebhistory=history
                np.save("my_history.npy",history.history)
    #print (eb,"k=",k)
```

EK F'nin devamı

```
print ("En Büyük F Score:",eb, "K degeri=",tutk, "EB ACC",ebacc)
"""plt.plot(n['loss'],label='train loss')
plt.ylabel('loss')
plt.xlabel('epochs')
plt.legend()
plt.show()
plt.plot(n['accuracy'],label='train acc')
plt.ylabel('accuracy')
plt.xlabel('epochs')
plt.legend()
plt.show()"""

plt.figure(figsize=(15,7))
plt.subplot(1,2,1)
plt.plot(ebhistory.history['accuracy'])
plt.title('Eğitim Doğruluk')
plt.ylabel('Doğruluk')
plt.xlabel('Epok')
plt.legend(['Eğitim','Doğrulama'])

plt.subplot(1,2,2)
plt.plot(ebhistory.history['loss'])
plt.title('Eğitim Kayıp')
plt.ylabel('Kayıp')
plt.xlabel('Epok')
plt.legend(['Eğitim','Doğrulama'])
plt.show()
else:
    model=load_model('deep.h5')
    predict(model,0,1,0)
    y_pred_bilgi=model.predict(testgiris)
    y_pred_bilgi = np.around(y_pred_bilgi)
    y_non_category = [ np.argmax(t) for t in y_pred_bilgi ]
```