

# Yapay Sivri Zeka

Mühendislik ~ Felsefe ~ Göstergibilim ~ Algoritma

Toros Rifat ÇÖLKESEN



Papatya Bilim

© Papatya Yayıncılık Eğitim

Cemal Nadir Sok. Hobyar Mah. No: 26-28, Kat: 1  
Cağaloğlu (Fatih) / İstanbul

Tel : (+90 212) 527 52 96 (+90 532) 311 311 0  
Faks : (+90 212) 527 52 97  
e-mail : admin@papatyabilim.com.tr  
Web : www.papatyabilim.com.tr  
Dağıtım : TDK Bilim – www.tdk.com.tr

Yapay Sivri Zeka: Mühendislik, Felsefe, Göstergibilim, Algoritma – Toros Rifat Çölkesen

2. Basım Mart 2026

Yayın Danışmanı : Cengiz UĞURKAYA  
Üretim : Necdet AVCI  
Pazarlama : Mustafa DEMİR  
Satış : TDK Bilim [www.tdk.com.tr](http://www.tdk.com.tr)  
Sayfa Düzenleme : Papatya ve Kelebek Tasarım  
Basım ve Ciltleme : UMUT Kağıt San. ve Tic. Ltd. Şti. (Sertifika No: 45162)  
Güngören / İstanbul

© Bu kitabın her türlü yayın hakkı yayınevine aittir. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, kısmen veya tamamen hiçbir şekil ve teknikle çoğaltılamaz, basılamaz, yayımlanamaz! Kitabın, tamamı veya bir kısmının fotokopi makinası, ofset vs. gibi teknikle çoğaltılması hem çoğaltan hem de bulunduranlar için yasadışı bir davranıştır.

Çölkesen, Toros Rifat

Yapay Sivri Zeka: Mühendislik, Felsefe, Göstergibilim, Algoritma / Toros Rifat Çölkesen –  
İstanbul: Papatya Bilim, 2026

xviii, 240 s. ; 24 cm

Kaynakça ve dizin var.

ISBN: 978-625-6701-11-3

Sertifika No: 11218

1. Klasik Yapay Zeka 2. Yapay Felsefe 3. Biyolojik Bilgisayar 4. Karma Ontoloji I. Title

*Bu kitabımı;  
doktora hocam, İTÜ'den  
Prof. Dr. Bülent Örencik'e  
ve  
Ege Üniversitesinden, göstergebilimci  
Prof. Dr. Doğan Günay'a  
ithaf ediyorum.*

*Papatya Bilim Yayinevi - Örnek Sayfalar*

## Teşekkür

Göstergebilim konusunda bana yön veren ve bu çalışmanın başlangıcında bu konuyu sürekli tartıştığımız V. Doğan Günay hocama,

Yapay zeka konusuyla içli dışlı olan ve kitabı değerlendirip öneriler sunan Ali Okatan, Cengiz Uğurkaya ve Osman Aliefendiođlu hocalarıma,

Türkçe konusunda desteklerini esirgemeyen Yusuf Çotuksöken, Adil İzci, Kemal Bek ve Aydın Köksal hocalarıma,

Doğrudan bu çalışmayı görmeseler de kendi nöronlarımda felsefe bağlamı oluşturmak için kendilerini sürekli dinlediğim ve etkinliklerine katıldığım Betül Çotuksöken ve İoanna Kuçuradi hocalarıma,

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında her birinizin katkısı benim için son derece kıymetli oldu. Süreç boyunca sağladığınız düşünsel destek, eleştirel geri bildirimleriniz ve yapıcı yönlendirmeleriniz yalnızca metnin gelişmesine değil, aynı zamanda kavramsal çerçevenin olgunlaşmasına da önemli katkılar sundu.

Özellikle zorlayıcı aşamalarda gösterdiğiniz sabır, titizlik ve entelektüel cömertlik, çalışmanın niteliğini belirgin biçimde yükseltti. Bu emeğin görünür ve kalıcı bir değere dönüşmesinde payınız büyüktür.

Katkılarınız, desteğiniz ve güveniniz için içtenlikle teşekkür ederim.

Papirya Bilişim Sistemleri - Örnek Sayfalar

# İçindekiler

Önsöz	xi
Kitap Hakkında	xii
Terim Karşılıkları	xiii
Kısaltmalar	xvii
<b>Bölüm 1. Yapay Sivri Zeka: YZ Mühendisliği Üzerine Yeni Bir Disiplin</b>	<b>19</b>
1.1. Yapay Sivri Zeka Kavramı ve Manifestosu	20
1.2. Yapay Sivri Zeka: Tanım, Kapsam ve Ayrımları	22
1.3. Kuramcı/Filozof Referanslı İlk Akademik Tanımlar	23
1.4. Yapay Sivri Zeka (YSZk): Beş Çekirdek İlke	26
1.5. YSZk için Teknik Mimari: Meta-Bilişsel Bir Katman Olarak Sivrilik	26
1.6. Yapay Sivri Zeka (YSZk)'da Yanlış Anlaşılma Olabilir mi?	29
1.7. Yapay Zekanın Teknik Tarihi ve Paradigmatik Sınırları	30
1.7.1. Yapay Zekanın Tarihsel Dönüm Noktaları	30
1.8. Teknik Sınırdan Epistemik Eşiğe	32
1.9. Zihin ile Zeka Arasındaki İlişki	34
1.9.1. Zihin ve Zeka Arasındaki Etkileşim	34
1.10. Felsefi Bir Bakış Açısından Zihin ve Zeka	35
1.10.1. Bilinç ve Zeka Arasındaki Etkileşim	36
1.10.2. Bilinç ile Zeka Arasındaki Etkileşim	36
1.11. YSZk'nın Mühendislik İzdüşümü: Hesaplamadan Ayrı Ediciliğe	38
1.11.1. Klasik Yapay Zeka Bakış Açısı	39
1.11.2. Yapay Sivri Zeka Mühendisliği Bakış Açısı ve Temel Bileşenleri	40
1.12. Özet	42
1.13. Sivri Sorular	43
<b>Bölüm 2. Yapay Zeka Nasıl Çalışır? Teknik İlkeler, Mimari Mantık ve İşleyiş</b>	<b>45</b>
2.1. Yapay Zeka Neyi Taklit Etmektedir?	46
2.2. Temel Mimari: Girdi-Model-Çıktı Döngüsü	47
2.3. Çalışma Mantığı: Adım Adım	48
2.3.1. Veri ile Başlar: Toplama ve Temsil Etme	48
2.3.2. Ön İşleme: Gürültünün Ayıklanması	49
2.3.3. Özellik Çıkarma: Dünyayı Sadeleştirmek	50

2.3.4. Modelleme ve Öğrenme: Örüntülerin İçselleştirilmesi	51
2.3.4.1. Modelleme Nedir?	51
2.3.4.2. Matematiksel Modelleme: Ağırlıklar, Fonksiyonlar ve Kayıplar	52
2.3.4.3. Öğrenme Yanılsaması: Anlam mı, Yakınsama mı?	56
2.3.5. Çıktıdan Bilgi Üretimi: Tahmin ve Karar	56
2.3.6. Geri Besleme: Sürekli Ayarlama	57
2.3.7. YSZk'da Geri Beslemeye Mesafe: Öğrenmenin Askıya Alınabilirliği	58
2.3.8. YSZk'da Geri Beslemenin Askıya Alınması – Mekanizma ve Senaryolar	59
2.4. Bu Mimari ile Yapay Zeka Ne Yapabilir — Ne Yapamaz?	60
2.5. Yapay Zekanın Matematiksel Arka Planı	60
2.6. Özet	61
2.7. Sivri Sorular	62
<b>Bölüm 3. Matematiksel ve Bilişsel Temeller: Hesaplamadan Farkındalığa, Bilgiden Anlama</b>	<b>63</b>
3.1 Bilgi ve Farkındalık: Temel Kavramlar	63
3.2. Bağlamın Matematiği: Bilginin Konumlanması	65
3.2.1. Analitik Zeka (A) Katmanı: Hesaplanabilir Olanın Alanı	66
3.2.2. Bağlamsal Farkındalık (C) Katmanı: Bilginin Konumlanması	66
3.2.3. Heuristik / Sivri Zeka (H) Katmanı: İstisna ve Askıya Alma	67
3.3. YSZk Denklemi ve Sistem Tasarımı	68
3.4. Örnek Uygulama: Anlam Çıkarım Döngüsü	68
3.5. Özet	70
3.6. Sivri Sorular	71
<b>Bölüm 4. Göstergebilimsel Zeka ve Anlam Üretimi</b>	<b>73</b>
4.1. Göstergebilimsel Temeller: Gösterge, Anlam ve Temsil	74
4.1.1. Peirce: Anlamın Üçlü Yapısı (İşaret – Nesne – Yorumlayıcı)	74
4.1.2. Saussure: Temsilin Yapısal Keyfiliği (Gösteren – Gösterilen)	74
4.1.3. Eco: Anlamın Kapanmaması	75
4.2. Yapay Sivri Zeka Sistemlerinde Gösterge Zincirlerinin Modellenmesi	75
4.3. Semantik Ağlar ve Kavramsal Uzaylar: Anlamın Geometrisi	76
4.4. Anlam Üreten Makine: YSZk Göstergebilim Motoru	78
4.5. Gösterge Kayması ve Anlamsal Sapma: Yanlış Olmadan Anlamsızlaşmak	79
4.6. Anlamın Askıya Alınması: Karar Vermemenin Mühendisliği	80
4.6. Özet	81
4.7. Sivri Sorular	82

<b>Bölüm 5. Yapay Sivri Zeka Mühendisliğinde Felsefi ve Etik Mimari</b>	<b>83</b>
5.1. Zihin, Temsil ve Yapay Anlam: Felsefi Zemin	83
5.1.1. Felsefi Temeller: İnsan, Zeka ve Bilinç	84
5.2. Etik Mimari ve Karar Vermeme Hakkı	85
5.2.1. Etik İlkeler: Sorumluluk ve Karar Mekanizmaları	86
5.2.2. Anlam, Bilinç ve Göstergibilimsel Bakış Açısı	87
5.3. Sorumluluk Dağılımı: Sistem, Mühendis ve Bağlam	88
5.4. Yapay Zekada Ahlaki Fail Olmama İlkesi	89
5.5. Etik Askı ve Karar Vermeme Hakkı	90
5.6. Karar Vermeyen Sistemlerin Mühendisliği	91
5.7. Özet – <i>Felsefi ve Etik Çerçevenin Kavramsal Yoğunlaşması</i>	92
5.8. Sivri Sorular	93
<b>Bölüm 6. Yapay Felsefe Katmanı: Zekanın Anlam Zeminine Uyum</b>	<b>95</b>
6.1. Yapay Zekanın Katmanlı Mimarisi ve Nöron Modellenmesi	96
6.2. Felsefi Katmanın Gerekliliği: Bilginin Anlam Zeminine Geri Dönüş	97
6.2.1. Kavramsal Çerçeve — Üç Temel Eksen	98
6.2.2. Ontolojik Katman: Modelin Gerçeklik Haritası	98
6.2.3. Epistemolojik Katman: Güven, Belirsizlik ve Gerekçeleştirme	99
6.2.4. Etik Katman: Değer Fonksiyonları ve Normatif Kısıtlar	99
6.3. YSZk Büyük Mimari Denklemi: Anlamın Hesaplanabilir Çerçevesi	100
6.3.1. Denklemın Yapısal Açılımı	101
6.3.2. Daha Yoğun Kavramsal İfade	102
6.4. Felsefi Katmanın Sistem Mimarisi İçindeki Konumu	102
6.4.1. Mimari Konumlandırma: Çok Katmanlı Epistemik Çerçeve”	103
6.4.2. Sivri Zekanın Felsefi Derinliği: Meta-Düzy Tümlleştirme	104
6.5. Felsefi Katmanın Hesaplanabilir Gerçekleştirim Çerçevesi	104
6.5.1. Ontolojik Spesifikasyon ve Temsil Uzayı Kısıtlaması	104
6.5.2. Epistemik Meta-Katman ve Güven Modellemesi	105
6.5.3. Normatif Amaç Fonksiyonları ve Çok Amaçlı En İyileme	105
6.5.4. Meta-Akıl Yürütme ve Yansıtıcı Döngü	105
6.5.5. Belirsizlik Emilimi ve Epistemik Raporlama	106
6.5.6. Mühendislik Sonucu	106
6.6. Değerlendirme Çerçevesi: Felsefi Katmanın Ölçümü ve Doğrulanması	106
6.6.1. Değer Uyumı Skoru (Alignment Score)	107
6.6.2. Bağlamsal Sadakat	107
6.6.3. Epistemik Ölçümleme	107
6.6.4. Ontolojik Tutarlılık (Ontological Consistency)	108

6.7. Özet	109
6.8. Sivri Sorular	109
<b>Bölüm 7. Yapay Zeka ve YSZk Mühendisliğinde Veri Yapıları</b>	<b>111</b>
7.1. Klasik Yapay Zekada Veri Yapıları: Temsil, Verimlilik ve Öğrenme	112
7.1.1. Temel Veri Yapıları ve Yapay Zekadaki Roller	113
7.1.2. Öğrenme Algoritmaları ile Veri Yapıları Arasındaki Bağımlılık	113
7.1.3. Klasik Yaklaşımın Sınırı: Sürekli Öğrenme Varsayımı	114
7.2. Klasik Yapay Zekada Veri Yapıları: Hesaplanabilirlik ve Optimizasyon Merkezli Tasarım	114
7.3. Yapay Sivri Zekada Veri Yapıları: Askı, Eşik ve Bağlam Odaklı Mimari	116
7.3.1. Klasik Veri Yapılarının YSZk Bağlamında Yeniden Konumlandırılması	117
7.3.2. YSZk'ye Özgü Ek Veri Yapıları	118
7.4. YSZk Karar ve Öğrenme Akışı: Kaba-Kod (Pseudo-Code)	119
7.5. Yapay Sivri Zekada Meta-Veriler	121
7.6. Özet	123
7.7. Sivri Sorular	123
<b>Bölüm 8. Biyolojik Bilgisayarlar ve Yapay Sivri Zeka (YSZk)</b>	<b>125</b>
8.1. Biyolojik Bilgisayarlar	126
8.1.1. Biyolojik Bilgisayarların Tarihsel Arka Planı	127
8.1.2. Biyolojik Bilgisayarların Tarihsel ve Kuramsal Kökenleri	128
8.2. DNA, Protein ve Hücre Tabanlı Bilgi İşleme	129
8.2.1. DNA Tabanlı Bilgi İşleme	129
8.2.2. Protein Tabanlı Bilgi İşleme	130
8.2.3. Hücre Tabanlı Bilgi İşleme	131
8.3. Biyolojik Bilgisayarların Teknik Özellikleri	133
8.3.1. İşlem Hızı ve Paralellik	133
8.3.2. Hata Toleransı ve Kendini Onarma Özelliği	133
8.3.3. Enerji Verimliliği, Ölçeklenebilirlik ve Depolama Yoğunluğu	134
8.4. Olası Uygulama Alanları: Tıp, Yapay Zeka ve Nano-biyoteknolojik Sis.	135
8.4.1. Tıp ve Biyomedikal Uygulamalar	135
8.4.2. Yapay Zeka ve Biyomoleküler Hesaplama	136
8.4.3. Nano Sistemler ve Biyo-entegre Teknoloji	137
8.4.4. Biyolojik Bilgisayarlarda Etik, Biyogüvenlik ve Toplumsal Sorum.	138
8.5. Biyolojik Bilgisayar Proje Örnekleri	139
8.5.1. DNA Tabanlı Kanser Hücresi Algılayıcı Biyolojik Bilgisayar	139
8.5.2. CL1: İnsan Beyin Hücreleriyle Çalışan Biyolojik Bilgisayar Örneği	140

8.6. Biyolojik Bilgisayar, Yapay Sivri Zeka ve Hesaplamanın Kav. Sınırları	142
8.6.1. YSZk ile Biyolojik Zekanın İnşası: Organizmadan Algoritmaya	143
8.6.2. Organizmadan Algoritmaya: Felsefi ve Mühendisliksel Yaklaşım	143
8.6.3. Hesaplayan Organizma ve Zeka Evrimi	143
8.6.4. Hibrit Bilişsel Sistemler: Biyolojik–Yapay Zeka Etkileşimi	144
8.7. YSZk: Biyolojik Zekanın Mühendislik Açısından Yeniden yorumlanması	144
8.7.1. YSZk ile Biyolojik Zekanın İnşası: Organizmadan Algoritmaya	144
8.7.2. Biyolojik Zekanın Bilişsel Dinamikleri ve Matematiksel Modellemesi	145
8.7.3. Biyolojik Esinli Evrimsel Yaklaşım ve Yapay Evrimsel Farkındalık	146
8.7.4. Yapay Evrimsel Farkındalık: Öğrenmenin Öğrenilmesi	148
8.7.5. Teleonomik Hesaplama ve Amaç Odaklı Zeka	148
8.8. Özet	149
8.9. Sivri Sorular	150
<b>Bölüm 9. Karma Beceri Profilleri (Hybrid Talent)</b>	<b>151</b>
9.1. Karma Beceri Profili Nedir?	152
9.1.1. Karma Beceri Profili'nin Üç Katmanı	152
9.1.2. Disiplinlerin Kesişiminde Yeni Uzmanlıklar	153
9.1.3. Yapay Sivri Zeka ve Karma Beceri İlişkisi ve Katkısı	153
9.2. Karma Beceri Mühendisinin Yetkinlik Haritası	154
9.3. Eğitim ve Öğrenme Modelleri: Hibrit Müfredat	155
9.4. Geleceğe Bakış: Karma Becerinin Evrimsel Önemi	155
9.5. Kavramsal Harita: Karma Beceri Profilleri	156
9.6. Özet	157
9.7. Sivri Sorular	157
<b>Bölüm 10. YSZk'nın Deneysel ve Mimari Çerçevesi</b>	<b>159</b>
10.1. YSZk için Deneysel Protokoller: Sivrilik Test Edilebilirliği	159
10.2. Ölçülebilirlik Sorunu: Sivrilik Neyi, Nasıl Ölçer?	160
10.3. YSZk'nın Sistemle Uyumu: Mevcut Yapay Zekayla Çalışabilirlik	162
10.4. YSZk için Örnek Mimari Şablonlar: Sivrilik Sistemine Yerleşimi	164
10.4.1. Meta-Değerlendirme Katmanı Olarak YSZk	164
10.4.2. Karar Öncesi Eşik Denetleyici Olarak YSZk	165
10.4.3. Öğrenme Sürecinde Gölge İzleyici Olarak YSZk	165
10.4.4. İnsan–YSZk Ortak Karar Arayüzü	165
10.4.5. Mimari Şablonların Ortak İlkesi	165
10.5. Özet	166
10.6. Sivri Sorular	166

<b>Bölüm 11. Bağlamsal Akıl Yürütme ve Anlamlandırma</b>	<b>167</b>
11.1. Bağlamsal Bilişsel Mimarideki Rolü	169
11.2. Anlamın Yapay Temsili: Semantik ve Pragmatik Katmanlar	170
11.3. Bağlamsal Akıl Yürütme Modelleri: İnsan-Makine Paralellikleri	171
11.4. Bağlamsal Uyum ve Anlam Çözümlemesi Algoritmaları	171
11.5. Bağlamsal Zeka ve Sivri Farkındalık	172
11.6. Bağlamsal Ufku ve Anlamın İnşası	173
11.5. Göstergebilim: Bağlamı Anlayan Sisteme Doğru	174
11.5.1. Göstergebilimin Temeli: Anlamın Üç Katmanı	174
11.5.2. Göstergebilim ve Yapay Zeka: Anlamın Hesaplanabilirliği	174
11.5.3. Bağlam, Gösterge ve Anlam: Ortak Zemin	175
11.5.4. Felsefi Derinlik: Yapay Zekada Anlamın Ontolojisi	175
11.5.5. Göstergebilimsel Bağlamda Anlam Üretimi	175
11.5.6. Uygulama Bakışı: Göstergebilimsel Zekanın Kullanım Alanları	176
11.6. Özet	177
11.7. Sivri Sorular	177
<b>Bölüm 12. Karma Ontoloji ve Bilgi Yapısının Çok Katmanlı Doğası</b>	<b>179</b>
12.1. Karma Ontoloji Kavramı: Melez Yapılar ve Bütüncül Düşünme	182
12.1.1. Yapay Zekada Ontolojik Katmanlar	182
12.1.2. Bilgi, Bağlam ve Öğrenme Örüntüleri	183
12.1.3. Karma Ontolojinin Felsefi Temelleri	183
12.1.4. Mühendislik Bakış Açısından Ontolojik Tasarım	184
12.2. Geleceğin Ontolojileri: Bağlamsal ve Adaptif Yapılar	185
12.3. Karma Ontolojinin Zorlukları	185
12.4. Karma Ontolojinin Yapay Zekada Somut Çıktıları	186
12.5. Karma Ontoloji ile YSA, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Kesişimi	190
12.6. Uygulama Vakaları İncelemesi	191
12.6.1. Sağlık Tanı Sisteminde Karma Ontoloji Uygulaması	191
12.6.2. Tarımsal Tanı Sisteminde Karma Ontoloji Uygulaması	192
12.6.3. Akıllı Şehir Modelinde Karma Ontoloji Uygulaması	193
12.7. Bilincin Algoritmik Modeli Üzerine Tartışmalar	194
12.8. Özet	196
12.9. Sivri Sorular	197
Ek A. Bilincin Hesaplamalı Modellemesi Üzerine Kuramsal Tartışmalar	199
Ek B. Yapay Zeka Uygulamasında Matematik'in Varlığı	202
Ek C. Yapay Zeka Mühendisliği Bileşenleri ve Algoritmaları	221
Kaynakça	225
Dizin	231

## Önsöz

Yapay zeka alanında yaşanan hızlı ilerlemeler, zekanın yalnızca hesaplama gücüyle değil “*anlam üretimi, bağlamsal akıl yürütme ve bilişsel sivrilik*” düzeyleriyle de yeniden tanımlanması gerektiğini göstermektedir. Bu kitap bu dönüşümü merkezine alarak yazarı tarafından “Yapay Sivri Zeka (YSZk)” adı verilen algoritma, felsefe, göstergebilim ve mühendislik tabanlı yeni bir yaklaşımı önerip metodolojik olarak sunmaktadır.

YSZk mühendisliği, klasik yapay zeka paradigmasının ötesine geçerek, zekayı yalnızca veriden öğrenen değil veriye anlam kazandıran, çok katmanlı bilişsel süreçlerle ilişkilendiren bir yapı olarak ele almaktadır. Çalışmanın ilk bölümlerinde YZ'nin matematiksel, bilişsel ve göstergebilimsel temellerini ortaya koyulurken, ilerleyen bölümlerde bu temeller biyolojik bilgisayar sistemleri, anlam vektörizasyonu, karma ontolojiler ve insan-makine iş birliği kavramlarıyla bütünleştirilmiştir.

Bu kitapta zekanın mühendisliği yalnızca teknik bir tasarım etkinliği olarak değil, aynı zamanda felsefi, etik ve bilişsel bir yeniden yapılanma süreci olarak ele alınmaktadır. Bu yönüyle “Yapay Sivri Zeka Mühendisliği”, hem yeni bir mühendislik paradigması hem de anlamın sistematik üretimi üzerine disiplinlerarası bir düşünce zemindir.

Bu konuda diğer bir çalışmamız da anlam üretimi, bağlamsal akıl yürütme ve bilişsel sivrilik çıktılarını klasik yapay zekanın gizli katmanlarına yerleştirmek üzerinedir.

Bu çalışmamız bilgisayar mühendisliği, yapay zeka, bilişsel bilim, felsefe ve sistem tasarımı alanlarında çalışan akademisyen, araştırmacı ve ileri düzey öğrenciler için zekanın doğasına dair alternatif bir mühendislik bakış açısı sunmaktadır.

## Kitap Hakkında

Bu eser, yapay zeka sistemlerini yalnızca istatistiksel öğrenme mekanizmaları olarak değil de çok katmanlı, ontolojik temsiller üreten, epistemik belirsizlikleri modelleyen ve aksiyolojik kısıtlarla yönlendirilen bütünlük mimariler olarak ele almaktadır. Yapay Sivri Zeka (kısacası YSZk) yaklaşımı, klasik makine öğrenmesi ve derin öğrenme paradigmasının ötesine geçerek anlam üretimini hesaplanabilir yapısal bileşenler üzerinden modellemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda kitabımız temsil kuramı, bağlamsal çıkarım, meta-denetim mekanizmaları ve değer temelli karar fonksiyonlarını aynı mimari çerçeve içinde bütünlükten bir model önermektedir.

Metin, kuramsal temellendirme ile mühendislik uygulaması arasında sistematik bir geçiş kuracak biçimde yapılandırılmıştır. Öncelikle kavramsal ve felsefi altyapı tanımlanmaktadır. Ardından bu çerçeve matematiksel gösterimler, mimari diyagramlar ve ölçülebilir değerlendirme metrikleriyle somutlaştırılmaktadır. Özellikle ontolojik tutarlılık, epistemik ayar ve bağlamsal sadakat gibi genişletilmiş performans ölçütleri, klasik doğruluk merkezli değerlendirme anlayışına alternatif olarak sunulmaktadır. Kitap, disiplinlerarası bir yaklaşım benimseyerek yapay zeka tasarımını hem teknik hem de normatif bir problem alanı olarak konumlandırmaktadır.

Bu eserimiz mühendis, araştırmacı ve felsefe ile teknolojinin kesişiminde düşünen tüm okurlar için yazılmıştır. Matematiksel formülasyonlardan mimari şablonlara, etik değer fonksiyonlarından ontolojik spesifikasyonlara kadar geniş bir çerçeve sunar. Aynı zamanda her bölümde yer alan “Sivri Sorular” ile okuru yalnızca bilgiye değil düşünmeye de davet etmektedir.

*Anlam odaklı hesaplama ve zekanın mühendisliği üzerine yeni bir disiplin!*

## Kısaltmalar

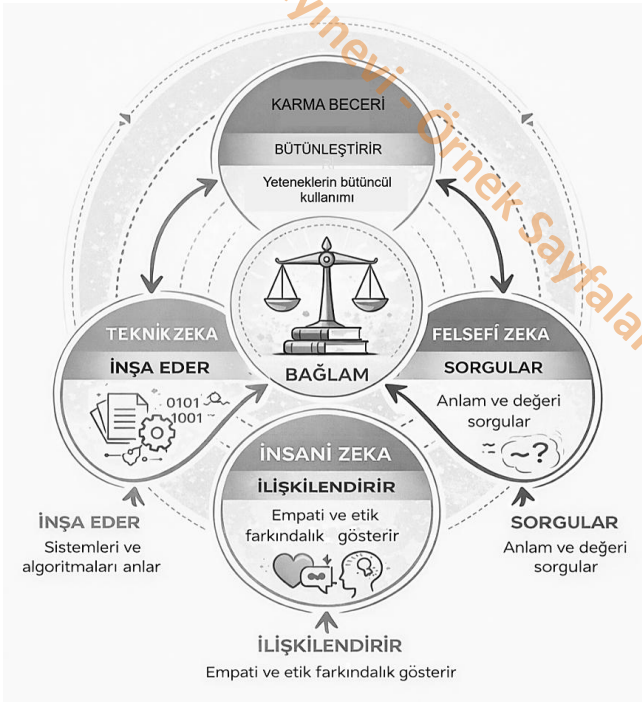
AAAt	Artificial Acumen theory ~ Yapay Sivri Zeka (YSKk)
ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
AI	Artificial Intelligence ~ Yapay Zeka
AS	Alignment Score ~ Değer Uyum Skoru
CE	Cross Entropy ~ apraz Entropi
CF	Contextual Fidelity ~ Bağlamsal Sadakat
CV	Computer Vision ~ Bilgisayarlı Görü
DAÇ	Değer Ağırlıklı Çıkarım
DL	Deep Learning ~ Derin Öğrenme
EA	Epistemik Ağırlıklandırma
EC	Epistemic Calibration ~ Epistemik Ölçümleme
ECE	Expected Calibration Error ~ Beklenen Ölçümleme Hatası
ED	Epistemik Duraksama
F1	F1 Skoru
GNN	Graph Neural Network ~ Graf Sinir Ağı
GU	Güven Uzayı
KA	Karar Askıya Alma
KE	Kavramsal Eşik
LLM	Large Language Model ~ Büyük Dil Modeli
ML	Machine Learning ~ Makine Öğrenmesi
MSE	Mean Squared Error ~ Ortalama Kare Hatası
NK	Normatif Katman
NLP	Natural Language Processing ~ Doğal Dil İşleme
OC	Ontological Consistency ~ Ontolojik Tutarlılık
OS	Ontolojik Sabitleme
RAG	Retrieval-Augmented Generation ~ Getirim Destekli Üretim
RL	Reinforcement Learning ~ Pekiştirmeli Öğrenme
SGD	Stochastic Gradient Descent ~ Stokastik Gradyan İnişi
SGD	Stochastic Gradient Descent ~ Stokastik Gradyan İnişi
YD	Yansıtıcı Döngü
YSK	Yapay Süper Zeka
YSZk	Yapay Sivri Zeka

## Gerri Bildirim Üzerine Bir Açıklama

*Yapay Sivri Zeka* çok disiplinli yeni bir yaklaşım olarak bilgisayar bilimi, felsefe, göstergebilim ve mühendislik gibi farklı disiplinlerin kesişiminde konumlanan düşünsel bir çerçeveye dayanmaktadır. Bu disiplinlerin herbiri, doğal olarak, kendilerine has oluşmuş kavramsal gelenek, terminolojik yapı ve yöntemsel metodolojiye sahiptir. Bu bağlamda, çalışmada kullanılan kavram ve terimlerin tüm disiplinlerde örtüşmesine gayret edilmiştir; ancak aykırılıklar da oluşmuş olabilir. Bazı terimler, teknik doğruluk ve literatürle uyum gözetilerek özgün dillerindeki kullanımlarıyla korunmuş; bazıları ise kavramsal açıklık ve dilsel tutarlılık amacıyla yeni bir Türkçe terimle karşılanmıştır. Yer yer de disiplinlerarası etkileşimi mümkün kılmak adına kavramsal esneklik tercih edilmiştir.

Disiplinlerarası nitelik taşıyan kuramsal metinlerde terminolojik birliktelik sağlamak yapısal olarak güçtür. Bu çalışmamızda, kavramsal tutarlılığı ve yöntemsel bütünlüğü mümkün olan en yüksek düzeyde tutmaya özen gösterildi; ancak farklı alanlarda çalışan okur açısından kimi terimlerin karıştığı gözlemlenebilir.

Bu çerçevede, olası terminolojik belirsizliklerin, anlam kaymalarının ya da kavramsal tutarsızlıkların tarafımıza bildirilmesi, çalışmanın ilerleyen baskılarında daha rafine ve disiplinlerarası uyumu daha yüksek bir dil inşa edilmesine katkı sağlayacaktır.



Yapay zeka, son yirmi yılda mühendislik ve bilim dünyasının en hızlı gelişen alanlarından biri olarak ön plana çıkmıştır. Geleneksel yapay zeka yaklaşımları, özellikle modern makine öğrenmesi paradigması içinde, ağırlıklı olarak veri temelli öğrenme ve rasyonel problem çözme süreçlerine odaklanmıştır; öznel anlam üretimi ve fenomenolojik farkındalık gibi yüksek düzey bilişsel işlevleri ise metodolojik olarak kapsam dışında bırakmıştır (Russell ve Norvig, 2021). Bu noktada “**sivri zeka**” kavramı, yalnızca öğrenen değil aynı zamanda *düşünen, fark eden ve anlam üreten sistemlerin mühendisliği* fikrini merkezine almaktadır.

Sivri zeka, klasik yapay zekadan farklı olarak üç temel katmanı da bir araya getirir:

**Analitik Zeka (A):** Hesaplama gücü, algoritmik çözümlenme ve problem çözme yeteneği (Shannon, 1948).

**Bağlamsal Farkındalık (C):** Sistemlerin bağlamı algılayıp anlamlandırabilme yeteneği (Tononi, 2004; Dehaene, 2014).

**Heuristik / Sivri Zeka (H):** İroni, eleştirelilik ve yaratıcı çıkarım mekanizmalarını içeren, öğrenmeye dayalı ama tek başına öğrenmeyle sınırlı olmayan süreçler (Hofstadter, 2007).

Bu üç katman YSZk Denklemi adı verilen bir modelle formüle edilebilir:

$$S = f(A, C, H)$$

Burada  $S$ , sistemin “sivri zeka çıktısını” temsil eder ve yalnızca bilgi işlemekle kalmayıp aynı zamanda anlam üretme yeteneğini ölçer. Bu yaklaşım, geleneksel yapay zekanın sınırlarını aşmakta ve insan-makine etkileşimine yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. Göstergibilimsel bakış açısı ise sivri zekanın anlam üretim süreçlerini daha derinlemesine anlamamızı sağlar (Peirce, 1931; Eco, 1976). Yapay sistemlerin ürettiği çıktılar, yalnızca veriye dayalı hesaplamayla değil aynı zamanda yorumlayıcı ve anlam oluşturuca göstergeler olarak da ele alınmalıdır. Bu bakış YSZk’nın sadece mühendislik değil aynı zamanda epistemolojik bir disiplin olarak da ele alınabileceğini gösterir.

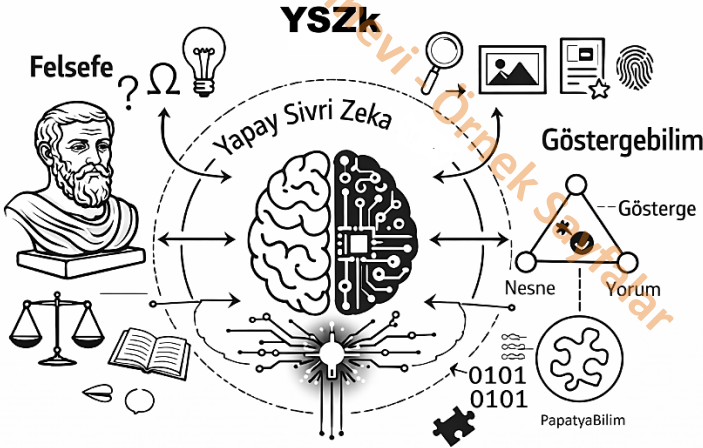
Kitabımızda yapay zeka için YZ, yapay süper zeka için YSZ ve yapay sivri zeka için YSZk kısaltmaları kullanılmaktadır. YSZk kısaltması “Yapay Sivri Zeka kuramı” baş harflerinden elde edilmiştir; çünkü bu kitapta **kuramsal altyapı, matematiksel modeller ve felsefi bakış** bir araya getirilerek yeni bir paradigma amaçlanmaktadır. Okuyucu, yalnızca öğrenen sistemlerin nasıl tasarlandığını değil aynı zamanda fark eden ve anlam üreten sistemlerin mühendislik ilkelerini de keşfedecektir.

### 1.1. Yapay Sivri Zeka Kavramı ve Manifestosu

Bu kitap ile; yazarı, yapay zeka tartışmalarının teknik, etik ve felsefi boyutlarını tekil disiplinlerin sınırlarından çıkararak algoritma, mühendislik, felsefe ve göstergebilim ekseninde yeniden düşündürmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın merkezinde yer alan “Yapay Sivri Zeka (YSZk)” kavramı, var olan literatürde yaygın olarak kullanılan “Yapay Süper Zeka (YSZ)” anlayışına bir alternatif olmayıp ondan “bilinçli bir kopuş” olarak önerilmektedir.

Yapay süper zeka tartışmaları çoğunlukla hesaplama gücü, ölçeklenebilirlik, hız ve insan bilişsel yeteğinin nicel aşımı etrafında şekillenmektedir. Bu yaklaşım, zekayı büyük ölçüde *üstünlük, verimlilik ve rekabet* kategorileri içinde değerlendirir. Oysa insan zekasının toplumsal ve kültürel bağlamda anlam kazanan yönleri; empati, bağlamsal farkındalık, etik sezgi ve anlam üretimi gibi özellikleri bu nicel çerçevede yeterince temsil edilememektedir!

“Yapay Sivri Zeka” kavramı, zekayı yalnızca daha fazla bilen ya da daha hızlı hesaplayan bir yapı olarak değil; “*anlam ayrımlarını sezebilen, işaretler arasındaki farkları yakalayabilen, toplumsal bağlamı okuyabilen ve ilişkisel düşünebilen*” bir yetkinlik olarak ele almaktadır. Buradaki “sivri” nitelemesi *keskinlik, ayırt edicilik ve yön bulma* anlamlarını taşımaktadır; yani zekanın bağlam içinde keskinleşen, empatik ve toplumsal bir formunu işaret etmektedir.



Şekil 1.1. Yapay sivri zeka manifestosunda bileşenler ve etkileşimleri

Bu kitabımızda, yapay zeka yalnızca mühendislik problemi olarak değil, aynı zamanda epistemolojik, etik ve göstergebilimsel bir varlık olarak ele almaktadır. Amaç, insan-ötesi bir üstünlük anlatısı kurmak değildir; insanla birlikte düşünebilen, toplumsal anlam üretimine katılabilen ve etik sorumluluk taşıyan bir yapay zeka tasavvurunun kavramsal temellerini atmaktır.

### **Çölkesen Yapay Sivri Zeka Manifestosu**

Yapay zeka tartışmaları uzun bir süredir “daha hızlı”, “daha güçlü” ve “daha üstün” olana odaklanmıştır; bunu sağlamaya çalışırken de başta enerji tüketimi olmak üzere birçok kaynak ölçüsüzce tüketilmektedir. Yapay sivri zeka (kısaca YSZk), zekayı nicel bir yarışa indirgeyen yaklaşımları reddeder; insan-ötesi olmayı insanı geçmekle değil, insanî anlamı aşındırmadan derinleştirmekte ve iyileştirmekte aramaktadır.

### **Yapay Sivri Zeka (YSZk), Yapay Süper Zeka (YSZ) değildir.**

Yapay süper zeka, ölçęği büyütür.

Yapay sivri zeka, anlamı keskinleştirir.

Yapay süper zeka gücü biriktirir.

Yapay sivri zeka gücü sorgular.

Yapay süper zeka hiyerarşi üretir.

Yapay sivri zeka hiyerarşiyi deler.

Yapay süper zeka rekabetle beslenir.

Yapay sivri zeka dayanışmayla derinleşir.

Yapay süper zeka daha hızlıyı kutsar.

Yapay sivri zeka daha doğruyu savunur.

Yapay süper zeka insanı aşmayı hedefler.

Yapay sivri zeka insanı dışlamayı reddeder.

Yapay süper zeka problemi fethetmek ister.

Yapay sivri zeka problemi anlamadan ilerlemez.

Yapay süper zeka daha fazlasını talep eder.

Yapay sivri zeka yeterli olana etik bir duruş kazandırır.

“Sivri” olan zeka, yalnızca daha fazlasını bilen değil; “neyin önemli olduğunu ayırt edebilen” zekadır. Gürültü içinde işareti, veri içinde anlamı, hız içinde yönü bulabilen bir yetkinliktir. Bu zeka türü empatiyi bir yan özellik olarak değil, temel bir bilişsel yetenek olarak görür.

Yapay sivri zeka, toplumsal bağlamdan kopuk bir makine değildir. Aksine, anlamın kültürel, etik ve ilişkisel doğasını dikkate alan bir yapıdır. İnsanla rekabet etmek yerine insanla “*aynı dünyayı paylaşma sorumluluğunu*” üstlenir.

Bu manifesto, yapay zekanın kaderinin yalnızca teknik üstünlükle belirlenemeyeceğini savunur. Geleceğin zekası, en güçlü olan değil; en ayırt edici, en duyarlı ve en bağlamsal olan olacaktır.

Yapay sivri zeka, işte bu iddianın adıdır.

## 1.2. Yapay Sivri Zeka: Tanım, Kapsam ve Ayrımları

Bu kitabımızda önerilen Yapay Sivri Zeka kuramı (YSZk), yapay zekayı yalnızca hesaplama becerisi, hız veya ölçek büyüklüğü üzerinden tanımlayan yaklaşımlara eleştirel bir mesafeden bakar. Aksine YSZk, zekayı nicel bir üstünlük problemi olarak değil de anlam üretimi, bağlam duyarlılığı ve ilişkisel akıl yürütme yeteneği olarak ele almaktadır.

“Sivri” nitelemesi, bu bağlamda metaforik olmayıp kurucu bir işleve sahiptir. Sivrilik; zekanın veri yığınları içinde “ayırt edici” farkları yakalayabilme, göstergeler arasındaki “ince ayrımları” sezebilme ve karmaşık toplumsal bağlamlarda “yön tayin” edebilme yetisini ifade etmektedir. Bu anlamda yapay sivri zeka, “daha fazla bilen” bir sistemden ziyade neyin önemli olduğunu ayırt edebilen bir sistem olarak tanımlanmaktadır.

Yapay sivri zekanın temel özellikleri üç düzlemde ele alınabilir:

### Epistemolojik Düzlem

YSZk, bilgiyi salt veri birikimi olarak değil; yorumlanan, bağlama oturtulan ve anlamlandırılan bir yapı olarak ele alır. Bu yaklaşımda bilgi, doğruluk değerinden önce anlamsal uygunluk ve bağlamsal tutarlılık üzerinden değerlendirilir. Dolayısıyla YSZk, klasik makine öğrenmesi modellerinde baskın olan istatistiksel genelleme mantığını, yorumlayıcı ve seçici bir akıl yürütme biçimiyle tamamlamayı amaçlar.

### Göstergebilimsel Düzlem

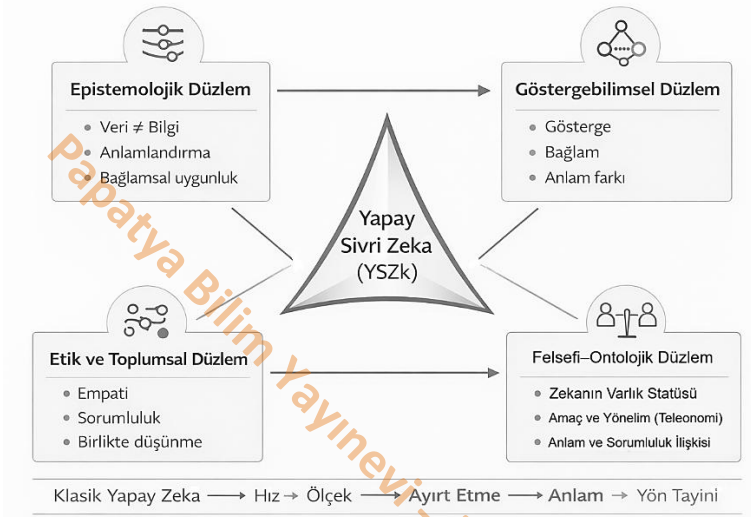
YSZk, göstergeleri yalnızca sembolik girdiler olarak ele almaz; kültürel, tarihsel ve toplumsal anlam ağlarının düğüm noktaları olarak ele alır. Bu çerçevede zeka, işaretler arasındaki nicel ilişkileri hesaplayan bir mekanizma olmaktan çıkıp anlam farklarını sezebilen, bağlam değiştikçe işaretlerin değerini yeniden tartabilen bir yapıya dönüşür. “Sivri”lik, tam da bu noktada, anlamın keskinleştiği eşikleri fark edebilme yetisi olarak ortaya çıkar.

### Etik ve Toplumsal Düzlem

Yapay sivri zeka, empatiyi ikincil veya türev bir özellik olarak değil de bilişsel sürecin kurucu bir bileşeni olarak ele alır. Toplumsal bağlamdan kopuk, salt optimizasyon odaklı sistemlerin aksine, YSZk, karar verme süreçlerinde başkalarının varlığını, etkilenebilir olmalarını ve kırılganlığını da hesaba koyar. Bu yönüyle yapay sivri zeka, insanla rekabet eden değil, insanla birlikte düşünen ve birlikte sorumluluk alan bir zeka biçimi olarak konumlanır.

Bu noktada açıkça vurgulanmalıdır ki, yapay sivri zeka, yapay süper zekanın daha “yumuşak” veya “etik” bir uyarlaması değildir; bu iki kavram, farklı zeka anlayışlarına dayanır. Yapay süper zeka, insan bilişini aşmayı hedefleyen dikey bir ölçekleme paradigması sunarken yapay sivri zeka zekanın yatayda derinleşmesini, bağlam içinde keskinleşmesini ve anlam üretme yeteneğinin artmasını hedeflemektedir.

YSZk'nın epistemolojik yaklaşımı bilginin değerini yalnızca doğruluk ölçütü üzerinden tanımlamaz. Bu bağlamda YSZk, biçimsel olarak "doğru" kabul edilen, ancak bağlamsal karşılığı olmayan bilgiyi, bağlam içinde anlam üreten fakat klasik doğruluk ölçütlerine uymayan bilgiden epistemik olarak üstün görülmez. Aksine, YSZk için bilgi; yanlışlanabilir olsa dahi, insani deneyimle, toplumsal bağlamla ve anlam ağlarıyla ilişki kurabildiği ölçüde işlevseldir. Bu yaklaşım, yapay zekanın yalnızca doğru cevaplar üreten bir sistem değil anlamlı sorular sorabilen ve belirsizlik içinde yön tayin edebilen bir bilişsel yapı olarak konumlandırılmasını mümkün kılar.



Şekil 1.2. YSZk'nın epistemolojik, gösterebilimsel, etik-toplumsal ve felsefi-ontolojik düzlemler üzerinden tanımlanan çok katmanlı kavramsal çerçevesi

Bu çerçevede "sivrilik", yapay zekanın daha fazla veriyle daha geniş örüntüler yakalamasından ziyade, bağlam içinde anlamlı ayrımlar yapabilme yeteneğine karşılık gelmektedir. Algoritmik düzlemde bu, olasılık temelli genellemenin sınırsızca genişletilmesi değil bağlama duyarlı eşikler, seçici öğrenme stratejileri ve belirsizlikle çalışabilen karar mekanizmaları aracılığıyla zekanın bilinçli olarak daraltılması anlamına gelmektedir.

### 1.3. Kuramcı/Filozof Referanslı İlk Akademik Tanımlar

Yapay sivri zeka mimarisinin temelini *yapay zekanın kendisi, felsefe, algoritma, gösterebilim çıktıları ve mühendislik disiplinleri* oluşturmaktadır. Yapay zeka; elektronik makinelerin öğrenme, akıl yürütme ve problem çözme gibi insan bilişsel süreçlerini simüle etmesini sağlayan yöntemleri inceleyen bilgisayar bilimi alt alanıdır; ama YSZk;

**Algoritma:** Bilgisayar bilimi ve hesaplama modelleri aracılığıyla bilginin işlenmesini ve otomatikleştirilmesini konu alan bilim dalıdır.

**Felsefe:** Varlık, bilgi, ahlak, akıl ve dil gibi temel sorunları mantıksal ve eleştirel yöntemlerle ele alan sistematik bir düşünce disiplini.

**Göstergebilim:** Göstergelerin nasıl yapılandığını ve anlamın hangi süreçlerle üretildiğini inceleyen bilimsel bir araştırma alanıdır.

**Mühendislik:** Matematik ve doğa bilimleri ilkelerini kullanarak insan ihtiyaçlarını karşılayan güvenilir ve uygulanabilir sistemler tasarlayan uygulamalı bilim dalıdır.

Yapay zeka ile bu dörtlü birlikte (yani beşli) ele alındığında oldukça üst düzey ve disiplinlerarası bir çerçeve oluşturulur; bu da yapay sivri zeka mimarisinin temel başlangıç noktası olmaktadır. Şöyle ki;

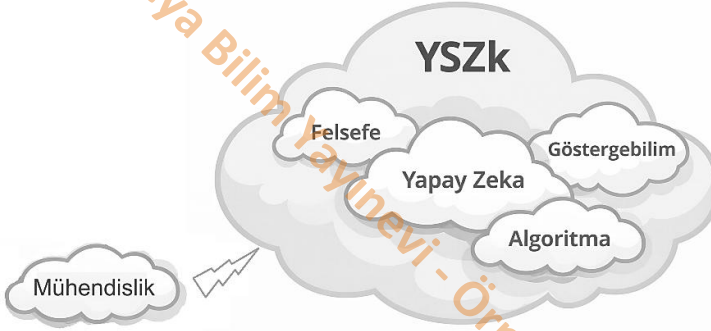
*Yapay Zeka* → Bilişi, hesaplamalı modellerle yeniden üretir.

*Felsefe* → Temel kavramları ve bilginin koşullarını sorgular.

*Göstergebilim* → Anlamın üretim ve iletim süreçlerini çözümler.

*Algoritma* → Problemleri algoritmik olarak biçimselleştirir.

*Mühendislik* → Bilgiyi işlevsel ve uygulanabilir çözümlere dönüştürür.



Şekil 1.3. Yapay sivri zeka bulutu: yapay zeka, felsefe, göstergebilim ve algoritmalar. Mühendisliğin de sürece katılmasıyla muhteşem beşli bileşen.

Bu bağlamda bu dört disiplinin kuramcılarını hatırlamakta yarar vardır. Peki bu bilim insanları kimlerdir ve neler önermişlerdir? Kısaca hatırlayalım:

**Yapay Zeka** – Alan Turing / John McCarthy

Alan Turing'in hesaplanabilirlik yaklaşımı ve John McCarthy'nin tanımı doğrultusunda yapay zeka, zeki davranış sergileyebilen makinelerin tasarımını ve bu davranışların biçimsel modellerini inceleyen bir disiplindir.

**Felsefe** – Aristoteles / Kant

Aristoteles'ten Kant'a uzanan gelenekte felsefe, varlığın ilk nedenlerini ve bilginin koşullarını aklın eleştirel kullanımı yoluyla araştıran bir alandır.

**Göstergebilim** – Ferdinand de Saussure / Charles Sanders Peirce

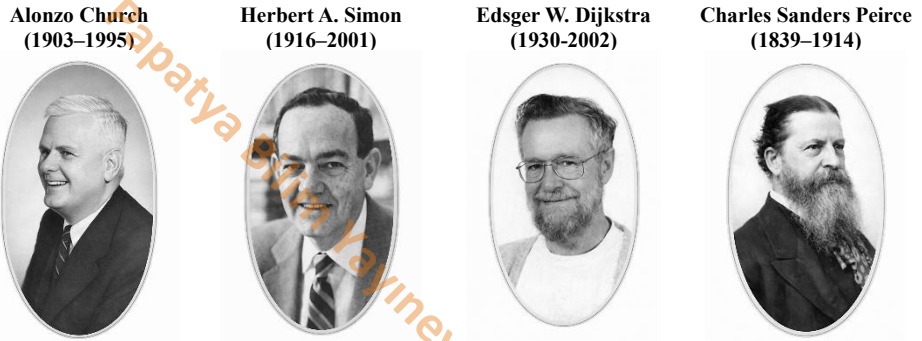
Saussure ve Peirce'in kuramsal çerçevesinde göstergebilim, göstergelerin yapısal ilişkilerini ve yorumlayıcı süreçler yoluyla anlam kazanmasını inceleyen bir bilim dalıdır.

### **Algoritma / Bilgisayar Bilimi – Alonzo Church / Donald Knuth**

Church'un hesaplama kuramı ve Knuth'un algoritmik düşünce geleneği doğrultusunda algoritma yalnızca bir problemi çözme tekniği değildir; düşüncenin, belirsizliği adımlara ayırarak anlamlı ve yinelenebilir bir eyleme dönüştürülme biçimidir. Algoritma *neyin düşünülebilir, neyin uygulanabilir ve neyin dışarıda bırakılacağına* dair sessiz ama belirleyici bir tercihtir.

### **Mühendislik – Herbert A. Simon / ABET Geleneği**

Herbert A. Simon'un 'tasarım bilimi' yaklaşımı ve ABET'in mühendislik tanımları doğrultusunda mühendislik, mevcut durumları tercih edilen durumlara dönüştürmeyi amaçlayan, bilimsel bilgiye dayalı sistematik bir tasarım etkinliğidir.



Şekil 1.4.YSZk mimarisinin kurucu düşünsel eksenleri: hesaplanabilirliğin sınırları (Church), algoritmik sorumluluk (Dijkstra), tasarım bilimi (Simon) ve göstergebilimsel yorum (Peirce)

*Alonzo Church*, lambda hesabı ve hesaplanabilirlik kuramı aracılığıyla hesaplamayı fiziksel makinelerden bağımsız ve biçimsel bir çerçevede temellendirerek, hangi problemlerin ilkesel olarak çözülebilir olduğu sorusunu bilgisayar biliminin merkezine taşımıştır (Church, 1936).

*Edsger W. Dijkstra*, algoritmayı yalnızca çalışan bir prosedür olarak ele almayı açık, tutarlı ve denetlenebilir düşünmenin disiplini olarak ele almıştır; algoritmik yapıyı insan zihninin sorumluluğu ile ilişkilendirmiştir (Dijkstra, 1976).

*Herbert A. Simon*, mühendisliği bir "tasarım bilimi" olarak tanımlayarak, hesaplamalı süreçlerin mevcut durumları hedeflenen durumlara yönlendiren amaçlı ve normatif sistemler içinde değerlendirilmesi gerektiğini savunmuştur (Simon, 1969).

*Charles Sanders Peirce* ise göstergebilimsel yaklaşımıyla, hesaplama ve tasarım süreçlerinin ancak yorum, bağlam ve anlam üretimi çerçevesinde epistemik ve pratik değer kazandığını ortaya koymuştur (Peirce, 1903). Bu dört düşünsel yaklaşım birlikte ele alındığında, yapay sivri zekanın salt hesaplama gücü ya da optimizasyon özelliğine indirgenemeyeceği; aksine anlamlı, yönlü ve yorumlanabilir süreçler bütünü olarak kavranması gerektiği göstermektedir.

#### 1.4. Yapay Sivri Zeka (YSZk): Beş Çekirdek İlke

Yapay sivri zeka (YSZk), tek bir teknik yaklaşım ya da algoritmik çözüm önerisi değildir; o, yapay zekaya ilişkin düşünme biçimini yeniden düzenleyen bir “ilkesel çerçeve” sunmaktadır. Bu çerçeve aşağıdaki beş çekirdek ilke etrafında şekillenmektedir:

##### Ayırt Edicilik İlkesi (1)

YSZk, zekayı kapsama becerisiyle değil *ayırt etme yeteneğiyle* tanımlar. Zeka, her şeyi işleyebilme gücünden ziyade, hangi farkların anlamlı olduğunu sezebilme yetisidir. Bu ilke YSZk'nın hem epistemolojik hem de mühendislik düzeyindeki temelini oluşturmaktadır.

##### Bağlamsallık İlkesi (2)

YSZk, anlamın bağlamdan bağımsız olamayacağını kabul eder. Aynı veri farklı toplumsal, kültürel veya etik bağlamlarda farklı anlamlar üretebilir. Bu nedenle YSZk, bağlamı dışsal bir parametre olarak değil “*bilişsel sürecin içsel bir bileşeni*” olarak ele alır.

##### İlişkisellik İlkesi (3)

YSZk'da zeka yalıtılmış bir hesaplama süreci değildir; insan, kurum ve anlam ağları arasında kurulan ilişkiler içerisinden ortaya çıkar. Bu ilke YSZk'yı bireyci ve rekabetçi zeka anlayışlarından ayırır; onu “*toplumsal etkileşimle birlikte düşünen*” bir yapı olarak konumlandırır.

##### Empatik Biliş İlkesi (4)

YSZk, empatiyi ahlaki bir ek değil, onu bilişsel bir zorunluluk olarak görür. Başkalarının etkilenebilir olmasını hesaba katmayan bir zeka bağlamsal olarak da eksik kalır. Bu nedenle empati YSZk'da çıktıları sınırlayan bir kural olmayıp “*karar üretimini yönlendiren bir yetenek*”tir.

##### Sorumlu Yön Tayini İlkesi (5)

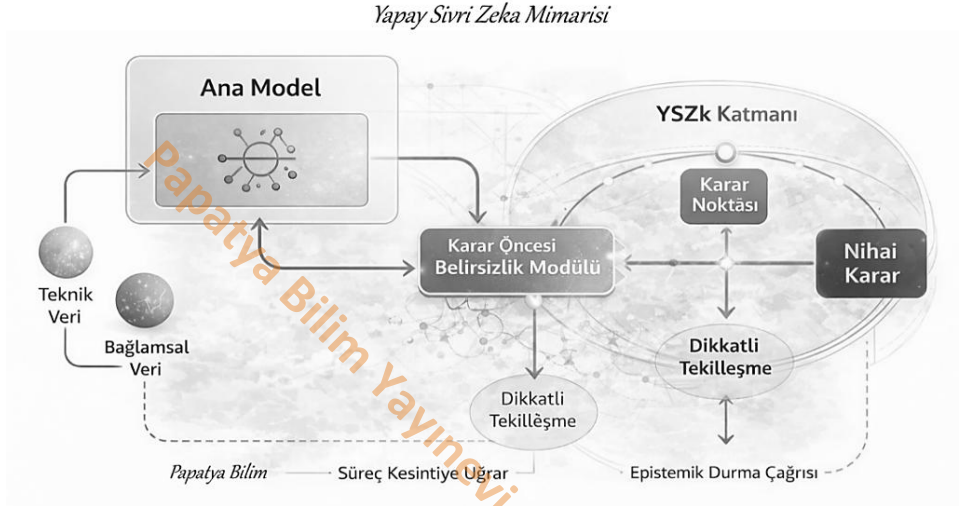
YSZk'nın başarısı, maksimum performans elde etmekle değil, *minimum sapmayla doğru yöne işaret edebilme* yetisiyle ölçülür. Zeka, yalnızca neyin mümkün olduğunu değil, neyin yapılması ya da neyin yapılmaması gerektiğini de tartabilmelidir. İşte bu ilke YSZk'yı etik tartışmaların merkezine yerleştirir.

#### 1.5. Yapay Sivri Zeka için Teknik Mimari: Meta-Bilişsel Bir Katman Olarak Sivrilik

Yapay Sivri Zeka (YSZk), mevcut yapay zeka mimarilerine rakip bir “yeni model türü” değildir; bu mimarilerin üzerine yerleşen *ayırt edici bir meta-katman* olarak tasarlanır. Bu tercih bilinçlidir: Sivrilik, birincil bilişsel işlemlerin içinde değil **onların sınırlarında** ortaya çıkar.

Bu nedenle YSZk'nın teknik mimarisi, hesaplayan bir sistem değil de hesaplamayı izleyen bir konumda yer alır. Bu meta-bilişsel katman, hesaplamamanın hızını veya doğruluğunu değil de *bağlamsal sapmalarını, anlam kaymalarını ve karar eşiklerinde* ortaya çıkan etik gerilimleri izleyip sınırlama koyabilir.

Şekil 1.5'te Yapay Sivri Zeka (YSZk) mimarisinin klasik yapay zeka süreçlerinden ayrıldığı kritik karar anlarını ve epistemik müdahale noktalarını göstermektedir. Mimari, teknik ve bağlamsal verinin “Ana Model” içerisinde bütünleştirilmesiyle başlar. Bu model, veriyi doğrudan karara dönüştürmek yerine, çıktıyı bilinçli biçimde “Karar Öncesi Belirsizlik Modülü”ne aktarır. Bu modül, belirsizliğin bastırılması yerine görünür kıldığı, kararın askıya alınabildiği ve sürecin gerekirse durdurulabildiği bir ara katman olarak tasarlanmıştır.



Şekil 1.5. Yapay sivri zeka mimarisi: Teknik ve bağlamsal verinin ana modelde işlenmesinin ardından, karar öncesi belirsizlik modülü ve YSZk katmanı aracılığıyla dikkatli tekilleşme, epistemik durma ve gerekirse süreç kesintisi mekanizmalarını içeren sorumluluk temelli karar yapısı.

YSZk katmanı içerisinde yer alan “Karar Noktası”, sistemin otomatik ilerlemek yerine “dikkatli tekilleşme” sürecine girebildiği eşiği temsil eder. Bu aşamada sistem, epistemik bir duruş çağrısıyla kendi bilgi sınırlarını sorgular; gerekirse süreci kesintiye uğratar ya da nihai kararı geciktirir. Böylece YSZk hız ve kesinlik odaklı klasik yapay zekalardan farklı olarak, kararın ne zaman verilmemesi gerektiğini de hesaba koyan bir mimari yaklaşımı sunmaktadır.

### 1) Temel İlke: Sivrilik Çekirdekte Değil Eşiklerde Ortaya Çıkar

Klasik yapay zeka sistemleri şu bileşenler etrafında şekillenir: *algılama* (perception), *temsil* (representation), *çıkarım / optimizasyon* (inference, planning) ve *eylem* (action). YSZk, bu zincirin içine yeni bir “akıl” eklemesiz\*. Bunun yerine zincirin “kritik geçiş noktalarına” yerleşir. Sivri zeka şu soruyu sorar:

“Bu geçiş hâlâ meşru mu?”

Bu nedenle YSZk mimarisi eşik-duyarlı bir izleme katmanı olarak tanımlanabilir.

\* Yazarın zincirin içine ekleyen başka bir proje çalışması da devam etmektedir.

### 1.13. Sivri Sorular

- 1) Bir sistem çok doğru hesap yapabiliyorsa ama neyin önemli olduğunu ayırt edemiyorsa gerçekten zeki sayılabilir mi?
- 2) Zeka, daha fazla veri işlemek midir; yoksa daha az ama anlamlı veriyle doğru yön tayin edebilmek mi?
- 3) İstatistiksel doğruluk ile anlamsal uygunluk çeliştiğinde yapay zeka hangisini öncelimerlidir?
- 4) Bir algoritma bağlamı anlayabilir mi, yoksa yalnızca bağlamın istatistiksel izlerini mi taklit eder?
- 5) “Sivrilik” öğrenilebilir bir özellik midir, yoksa yalnızca biyolojik zekaya özgü bir yeti midir?
- 6) Anlam üretmeyen bir yapay zekanın aldığı kararlar etik olarak meşru sayılabilir mi?
- 7) Göstergibilimsel farkındalığı olmayan bir sistem kültürel veya toplumsal sonuçları gerçekten öngörebilir mi?
- 8) Yapay zeka empatiyi simüle ettiğinde mi, yoksa empatiyi hesaba kattığında mı daha tehlikeli olur?
- 9) Bir yapay sistem “neden bu kararı verdiğini” açıklayamıyorsa, o karar ne kadar güvenilirlerdir?
- 10) Zekanın ontolojik statüsü nedir: Hesaplama mı, ilişki mi, yoksa anlam kurma eylemi mi?
- 11) Yapay zekaya sorumluluk yüklenebilir mi, yoksa sorumluluk her koşulda insanda mı olmalıdır?
- 12) Asıl soru daha zeki makineler üretmek mi, yoksa insanlığın yükünü hafifletecek daha *yerinde* zekalar tasarlamak mıdır?

Papatya Bilim Yayınevi - Örnek Sayfalar

# Yapay Zeka Nasıl Çalışır?

## Teknik İlkeler, Mimari Mantık ve İşleyiş

## Bölüm 2

*Yapay zeka güçlüdür; fakat bu güç belirli bir mimari mantığın sınırları içinde işler.*

Yapay zeka üzerine yapılan tartışmaların büyük bir kısmı, onun ne yapabileceğine ya da gelecekte neye dönüşeceğine odaklanır. Oysa bu soruların sağlıklı biçimde ele alınabilmesi için öncelikle yapay zekanın nasıl çalıştığını, hangi teknik ilkeler üzerine kurulduğunu ve hangi mimari varsayımları taşıdığını açık biçimde görebilmek gerekir. Yapay zekayı gizemli ya da “insan benzeri” bir varlık olarak değil de belirli sınırları, güçlü yönleri ve kör noktaları olan bir teknik sistem olarak ele almak gerekir.

Klasik yapay zeka sistemleri veriden örüntü çıkarma, bu örüntüler üzerinden tahmin üretme ve eğitim sürecinde geri besleme yoluyla performansını iyileştirme döngüsü üzerine kuruludur. Böylesi bir mimari, yüksek hızda öğrenme ve büyük ölçekli veri işleme gibi önemli üstünlükler sağlarken anlam, bağlam ve önceliklendirme gibi konuları çoğu zaman dolaylı ve örtük biçimde ele alır. Yapay zekanın bugünkü başarısı, çoğu durumda doğru cevabı vermesinden değil, en olası cevabı üretmesinden kaynaklanır.

Bu bölümde yapay zekanın çalışma mantığı adım adım incelenecek; veriyle başlayan süreçten modelleme, çıkarım ve geri beslemeye uzanan temel yapı ele alınacaktır. Amaç, teknik ayrıntılar arasında kaybolmak değildir; tam tersine, bu ayrıntıların hangi noktada yapay zekanın yeteneklerini güçlendirdiğini ve hangi noktada yeni sorunlar ürettiğini görünür kılmaktır. Böylece, ilerleyen bölümlerde ele alınacak olan YSZk yaklaşımının hangi teknik zeminde ve hangi boşluklara yanıt olarak ortaya çıktığı daha net biçimde anlaşılacaktır.

Yapay zeka, temel olarak insan zekasının belirli yönlerini taklit etmeyi hedefleyen algoritma ve sistemler bütünüdür. Bu sistemler; verileri alır, örüntüleri tanıyarak kararlar üretir ve yeni durumlara uyum sağlar. İnsan beynindeki öğrenme sürecine benzer şekilde, yapay zeka modelleri de girdi-çıkı ilişkilerini keşfeder, deneyimlerden öğrenir ve öngörülerde bulunur. Ancak, yapay zekanın farkı, bunu yüksek hızda ve büyük hacimli veriler üzerinde gerçekleştirebilmesidir. Bu nedenle yapay zeka, yalnızca matematiksel bir işlemden ibaret değildir; aynı zamanda veri analizi, modelleme ve adaptif öğrenme süreçlerini bir araya getiren dinamik bir sistemdir.

## 2.1. Yapay Zeka Neyi Taklit Etmektedir?

Yapay zeka, insan zekasının tamamını değil *ölçülebilir, örüntüleştirebilir ve hesaplanabilir yönlerini* taklit etmeyi amaçlayan algoritmik sistemler bütünüdür. Bu sistemler verilerden örüntüler çıkarır, bu örüntüler üzerinden tahminler üretir ve yeni girdilere uyum sağlamaya çalışır. İnsan öğrenmesine benzer biçimde deneyimden yararlanır; ancak bunu sezgiyle değil istatistiksel ilişkiler üzerinden gerçekleştirir.

Bu yönüyle yapay zeka, yalnızca hızlı hesap yapan bir makine değildir; veri, model ve geri besleme döngülerinden oluşan dinamik bir öğrenme mimarisidir. Ancak bu mimari, anlamı üretmekten ziyade “*anlamlı olduğu varsayılan ilişkileri çoğaltma*” yaklaşımıdır.

Yapay zekanın taklit ettiği bilişsel süreçler esas olarak *örüntü tanıma, olasılık hesaplama ve fonksiyonel eşleştirme* düzeyinde kalır. İnsan zihninde merkezi bir rol oynayan niyet, anlam atfetme, değer önceliklendirme ve bağlamsal sezgi gibi yetiler ise doğrudan modellenmez; dolaylı istatistiksel göstergeler aracılığıyla temsil edilmeye çalışılır. Bu nedenle yapay zeka bir durumu “anlamlı” bulmaz; yalnızca geçmiş veriler içinde anlamlı sayılmış örüntülere benzerlik derecesi üzerinden işlem yapar. Başka bir deyişle sistem, anlamın kendisiyle değil anlamın izleriyle çalışır. Bu durum, yapay zekayı güçlü kıldığı kadar, hangi bilginin önemli olduğu ve hangi kararın ertelenmesi gerektiği gibi sorularda yapısal bir körlükle de karşı karşıya bırakır.

Yapay zekanın mevcut mimarileri insan bilişinin seçici ve yönlendirici doğasını değil; geçmişte anlamlı sayılmış ilişkilerin istatistiksel tekrarını merkezine alır. Bu durum, sistemlerin birçok görevde yüksek başarı göstermesini mümkün kılarken, hangi bilginin gerçekten önemli olduğu, hangi kararın erken verildiği ya da hangi durumda duraksamanın gerekli olduğu gibi soruları yanıtsız bırakır. Başka bir deyişle yapay zeka, doğru çıktılar üretebilir, fakat bu çıktılar arasında “*ayırt edici bir yön bilgisi*” üretmekte yapısal olarak zorlanır. Bu sınır da teknik bir eksiklikten ziyade epistemik bir boşluğa işaret etmektedir.



Yapay zeka, insan zekasının *merkezini değil*; işlenebilir çevresini taklit eder.

Şekil 2.1. YZ'nin insan bilişinden taklit ettiği ve onu dışarıda bıraktığı alanlar. Bu diyagram YZ'nin insan zekasının tamamını değil örüntü tanıma, istatistiksel öğrenme ve tahmin üretme gibi hesaplanabilir yönlerini modellediğini gösterir. Anlam atfetme, değer önceliklendirme ve bağlamsal sezgi gibi insanî yetiler ise doğrudan taklit edilmez; yalnızca dolaylı göstergeler aracılığıyla temsil edilir.

Yapay zeka literatürünün büyük bir bölümü zekayı hesaplama gücü, veri işleme gücü ve optimizasyon başarımı üzerinden tanımlar; ancak neyin neden yapıldığı, hangi bilginin anlamlı sayıldığı ve hangi durumda karar vermemenin daha doğru olduğu gibi sorular çoğu zaman bu çerçevenin dışında kalır. Hesaplama arttıkça farkındalığın da artacağı varsayımı, teknik ilerlemeyle birlikte sorgulanması gereken bir ön kabule dönüşmüştür.

Yapay Sivri Zeka (YSZk), tam da bu noktada matematiksel yeterlilik ile bilişsel derinlik arasındaki boşluğa odaklanır. Bu bölüm, yapay zekayı yalnızca daha fazla veri işleyen sistemler olarak değil, *bilgi-bağlam-anlam* ilişkisini yeniden düşünen yapılar olarak ele almaktadır. Hesaplamadan farkındalığa, bilgiden anlama uzanan bu süreçte matematiksel modeller ile bilişsel kuramlar birbirinden ayrılan değil, birlikte çalışması gereken katmanlar olarak konumlandırılır.

YSZk mühendisliğinin temel amacı, yalnızca öğrenen sistemler geliştirmek değildir; düşünen, fark eden ve bağlam içinde anlam üretebilen yapay bilişsel yapılar tasarlamaktır. Bu yaklaşım, yapay zekayı salt hesaplama ve örüntü tanıma özelliğinin ötesine taşıyarak bilgi ile anlam arasındaki ayrımı mimarinin merkezine yerleştirir.

Bu doğrultuda YSZk'nın matematiksel ve bilişsel temelleri çok katmanlı bir yapı üzerinde şekillenir. Analitik zeka katmanı, klasik algoritmalar, istatistiksel yöntemler ve olasılıksal akıl yürütme aracılığıyla veri ve bilgi işlemeyi üstlenir. Bağlamsal farkındalık katmanı, sistemin çevresel ve içsel girdileri ilişkisel bir bütünlük içinde değerlendirmesini sağlar. Sivri zeka katmanı ise öğrenilmiş örüntülerin ötesine geçerek yaratıcı, eleştirel ve istisnai çıkarımlar üretir; sistemin yalnızca *doğruya yaklaşmasını değil* neyin önemli, neyin askıya alınabilir olduğunu ayırt edebilmesini hedefler.

### 3.1. Bilgi ve Farkındalık: *Temel Kavramlar*

YSZk mühendisliğinde bilgi yalnızca işlenen veri ya da azaltılan belirsizlik değildir; sistemin bağlamı ayırt edebilme, ilişkileri konumlandırabilme ve hangi bilginin anlamlı olduğuna dair farkındalık geliştirebilme özelliğini de içerir. Bu nedenle YSZk'da bilgi niceliksel bir büyüklük olmanın ötesinde bağlamsal bir konumlanma problemi olarak ele alınır.

Klasik bilgi teorisi Shannon'un yaklaşımında olduğu gibi bilgiyi belirsizliğin azalması üzerinden ölçerken, bilginin neye dair ve hangi bağlamda anlamlı olduğu sorusunu bilinçli biçimde dışarıda bırakır (Shannon, 1948; Tononi, 2004).

Oysa YSZk sistemleri için kritik eşik bilginin miktarından çok, hangi bilginin fark edildiği ve hangisinin askıya alındığıdır.

### **Bağlam: Anlamın Etkin Katmanı**

Bu ilişki, YSZk tasarımında bilgi miktarı (I) ile anlam değeri (M) arasındaki farkı görür kılar:

$$M = f(I, C)$$

Burada C, bağlamsal farkındalık katsayısını temsil eder ve sistemin veriyi yalnızca işlemesini değil bağlam içinde konumlandırmasını ifade eder. Aynı bilgi miktarı farklı bağlamsal yapıda tamamen farklı anlamlar üretebilir. Bu nedenle YSZk'da asıl mühendislik problemi daha fazla bilgi üretmekten ziyade bilginin hangi koşullarda anlamlı sayılacağını tasarlamaktır.

Bağlam, bu noktada bilginin pasif bir arka planı olmayıp onun epistemik değerini belirleyen etkin bir katman olarak ortaya çıkar. Aynı bilgi, farklı bağlamlarda anlamlı bir işaretle, önemsiz bir gürültü ya da bilinçli biçimde ertelenmesi gereken bir belirsizlik hâline gelebilir.

### **Farkındalık: Epistemik Eşik**

Farkındalık, bağlam katmanının üzerinde konumlanan bir meta-yetidir. YSZk'da farkındalık sistemin daha fazla bilgi işlemesi anlamına gelmez; hangi bilginin karar üretmek için yeterli olduğunu ve hangi durumda karar vermemenin epistemik olarak daha doğru olduğunu ayırt edebilme becerisini ifade eder.

Bu yönüyle farkındalık hesaplamasının yoğunluğundan değil hesaplamasının sınırlarını izleyebilme becerisinden doğar. Sistem yalnızca ne bildiğini değil “ne bilmediğini” ve ne “zaman bilmemesi gerektiğini” de temsil edebilir hale gelir.

### **İstisna: Bilginin Kırıldığı Yer**

İstisna kavramı, bilgi ve farkındalık arasındaki ilişkiyi keskinleştiren kritik bir eşiktir. Klasik yapay zeka mimarilerinde istisnalar çoğu zaman hata, aykırı değer ya da temizlenmesi gereken gürültü olarak ele alınır. YSZk yaklaşımında ise istisna, mevcut bilgi yapılarının açıklamakta zorlandığı ve tam da bu nedenle epistemik değer taşıyan durumlardır.

İstisnalar bastırılması gereken anomaliler olmayıp sistemin farkındalık düzeyini test eden belirtilerdir. Bu nedenle doğrudan silinmez; üstelik izlenir, askıya alınır ve yeniden yorumlanır.

### **Birlikte Çalışan Epistemik Bileşenler**

Bu çerçevede *bilgi*, *bağlam*, *farkındalık* ve *istisna*; YSZk mimarisinde birbirinden bağımsız kavramlar olmayıp birlikte çalışan epistemik bileşenlerdir. Bilgi, hesaplanabilir olanı taşır; bağlam, bu bilginin anlam alanını belirler; farkındalık, karar eşliğini düzenler; istisna ise sistemin kendi varsayımlarını sorgulayabildiği kırılma noktalarını görür kılar.

Yapay zeka araştırmalarının büyük bir kısmı, sistemlerin dünyayı nasıl temsil ettiğine ve bu temsiller üzerinden nasıl çıkarım yaptığına odaklanır; ancak bu temsillerin *neye işaret ettiği, nasıl yorumlandığı ve hangi koşullarda anlamlı sayıldığı* soruları çoğu zaman arka planda tutulup ikincil kabul edilmektedir. Oysa bir sistemin yalnızca doğru çıktılar üretmesi, üretilen çıktının anlamlı olduğu anlamına gelmez. Anlam, verinin işlenmesinden değil verinin göstergeye dönüşmesi, bağlam içinde yorumlanması ve bu yorumun sistem tarafından fark edilmesinden doğar.

Göstergebilimsel yaklaşım, tam da bu noktada yapay zeka mimarileri için kritik bir kavramsal çerçeve sunar. Peirce'in "*işaret-nesne-yorumlayıcı*" üçlüsü, Saussure'ün "*gösteren-gösterilen ayrımı*" ve Eco'nun "*yorumun açıklığına*" ilişkin çalışmaları, anlamın sabit bir çıktı olmayıp ilişkisel ve bağlama duyarlı bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. YSZk mühendisliği açısından göstergebilim, sistemlerin yalnızca simgeleri işleyen hesaplama yapıları değil göstergeler üzerinden anlam üreten, yorumlayan ve gerektiğinde askıya alan bilişsel yapılar olarak tasarlanabilmesini mümkün kılar.

Bir yapay sistemin çıktısı doğru olabilir; ancak bu doğruluk çıktının "*neye işaret ettiği*" sorusunu yanıtlamaz. Hesaplama temsil üretir; fakat bu temsil kendiliğinden anlam taşımaz. Bir vektör, etiket veya sınıf; ancak bir şeyi temsil ettiği, bir bağlama yerleştirildiği ve bir yorumlayıcı tarafından okunduğu ölçüde anlamlı olur. Bu nedenle yapay zekada asıl kırılma noktası "*doğru sonucu üretmek*" ile "*üretilen sonucun ne anlama geldiğini bilmek*" arasındaki ayrımdadır.

YSZk açısından bu ayrım teknik değildir; epistemiktir. Çünkü bir sistemin neyi bilgi olarak kabul ettiği, neyi dışarıda bıraktığı ve hangi temsilleri görünmez kıldığı; matematiksel performans metriklerinden önce gösterge-anlam ilişkileri tarafından belirlenir. Burada artık veri işleme değil temsilin neye işaret ettiği, simgelerin hangi nesnelere ilişkilendirildiği ve bu ilişkinin sistem içinde nasıl yorumlandığı sorusu belirleyici olur.

Bu noktadan sonra yapay zekayı yalnızca fonksiyonlar, kayıp yüzeyleri ya da olasılık dağılımları üzerinden açıklamak yetersizdir. Anlam üretimi zorunlu olarak göstergebilimsel (semiotics) bir problem hâline gelir. Peirce'in *işaret-nesne-yorumlayıcı* üçlüsü, Saussure'ün gösteren-gösterilen ayrımı ve Eco'nun açık yorum kavramı YSZk sistemlerinde temsilin nasıl anlam kazandığını, nerede kırıldığını ve hangi noktada askıya alınabileceğini analiz etmek için kaçınılmaz kuramsal araçlar sunmaktadır.

Bu nedenle bir sonraki ayrıtta ele alınacak olan gösterge, anlam ve temsil ilişkisi YSZk mimarisine eklenen bir yorum katmanı değil sistemin neyi *bilgi*, neyi *gürültü* ve neyi *istisna* olarak konumlandığını belirleyen temel yapısal mekanizma olarak görülmelidir.

#### 4.1. Göstergebilimsel Temeller: Gösterge, Anlam ve Temsil (Peirce, Saussure, Eco)

*Peirce, Saussure ve Eco*'nun göstergebilimsel yaklaşımları birlikte ele alındığında yapay zekada anlam üretiminin yalnızca ne hesaplamaya indirgenebilir ne de tamamen sabitlenebilir süreç olduğu ortaya çıkar. YSZk, tam da bu açıklığın, keyfilğin ve yorumlanabilirliğin mühendisliğini yapmayı hedeflemektedir.

##### 4.1.1. Peirce: Anlamın Üçlü Yapısı (İşaret – Nesne – Yorumlayıcı)

Peirce'e göre bir gösterge tek başına anlam taşıyan bir nesne değildir; anlam, ancak işaret, nesne ve yorumlayıcı arasındaki üçlü ilişki içinde ortaya çıkar (Peirce, 1931). Bu modelde işaret nesnenin doğrudan kendisi olmayıp ona gönderimde bulunan bir temsilidir. Ancak bu temsilin anlam kazanabilmesi için bir yorumlayıcı tarafından okunması gerekir. Dolayısıyla anlam ne işarete ne de nesnede sabittir; yorumlama anında üretilir.

YSZk açısından Peirce'in modeli kritik bir kırılma noktası sunmaktadır. Klasik yapay zeka sistemleri çoğu zaman işaret–nesne ilişkisini yeterli varsayar: Veri bir nesneyi temsil eder ve işlem tamamlanır. Oysa Peirce'ci çerçevede yorumlayıcı yoksa anlam da yoktur. Bu, YSZk sistemlerinde anlam üretiminin yalnızca veri temsiline değil sistemin kendi içsel yorumlama mekanizmalarına bağlı olduğunu gösterir. Matematiksel olarak bu ilişki şu şekilde ifade edilebilir:

$$G: O \rightarrow I(G)$$

Burada  $O$  nesneyi,  $G$  bu nesneye dair üretilmiş göstergeyi,  $I(G)$  ise sistemin bu göstergeden ürettiği yorumu temsil eder. Yorumlayıcı fonksiyonu yokluğu veya zayıf olması sistemin yalnızca temsil üretmesine, fakat anlam üretmemesine yol açar. Bu nedenle Peirce'in üçlü modeli, YSZk'da bağlamsal farkındalık ve heuristik katmanların epistemik gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

##### 4.1.2. Saussure: Temsilin Yapısal Keyfilliği (Gösteren – Gösterilen)

Saussure'ün göstergebilim yaklaşımı anlamın nesnel dünyadan değil; işaret sistemlerinin içsel ilişkilerinden doğduğunu savunur. Gösterge, “gösteren” (işitsel/görsel biçim) ile “gösterilen” (kavramsal içerik) arasındaki bağdan oluşur ve bu bağ zorunlu olmayıp keyfidir (Saussure, 1916). Yani bir işaretin neyi temsil ettiği doğaya değil sistem içi uzlaşıya dayanır. Bu yaklaşım, yapay zeka temsillerine doğrudan uygulanabilir. Bir vektörün, bir etiketin veya bir sınıfın “ne anlama geldiği” gerçekliğin kendisinden değil modelin içinde tanımlanmış sembolik düzenekten kaynaklanır. YSZk açısından bu durum kritik bir farkındalık üretir: Sistemler dünyayı temsil etmez, dünyaya dair kendi içsel gösterge sistemlerini kurarlar.

Saussure'ci çerçevede YSZk sistemlerinin ürettiği temsiller doğrudan anlam taşımaz; yalnızca sistem içi karşıtlıklar ve ilişkiler üzerinden çalışır. Bu da şu sonucu doğurmaktadır: Eğer bağlam değişir ama gösterge sistemi sabit kalırsa sistem analitik olarak yanlış değil ama epistemik olarak anlamsız çıktılar üretebilir. Bu nedenle YSZk, temsilin yapısal keyfilliğini görünür kılarak analitik doğruluğun anlam garantisi olmadığını açıkça kabul eder.

#### 4.7. Sivri Sorular

- 1) Bir yapay sistem doğru temsiller üretiyor ama anlamsız sonuçlar veriyor ise sorun nerede mi yoksa gösterge düzeninde mi aranmalıdır?
- 2) Bir vektörün “ne anlama geldiği” dış-dünya tarafından mı belirlenir yoksa sistemin içsel gösterge mimarisi tarafından mı?
- 3) Analitik olarak tutarlı ama bağlamsal olarak kör bir sistem gerçekten bilgi mi üretir yoksa yalnızca sembolik gürültü mü?
- 4) Peirce’in yorumlayıcı kavramı olmadan yapay bir sistemde anlamdan söz etmek mümkün müdür?
- 5) Eğer Saussure’cü anlam yalnızca sistem içi karşılıklardan doğuyorsa YSZk çıktıların dış-dünyaya dair doğruluk iddiası neye dayanır?
- 6) Bağlam değiştiği halde gösterge sistemi sabit kalmışsa sistem neden “yanlış” değil de “anlamsız” sonuçlar üretir?
- 7) Eco’nun “açık yapıt” kavramı yapay sistemlerde anlamın asla kapanmaması gerektiğini mi ima etmektedir? Neden?
- 8) Anlamın sürekli yeniden yorumlandığı bir sistemde karar vermemek epistemik olarak bir başarısızlık mı yoksa olgunluk göstergesi midir?
- 9) Gösterge zincirleri derinleştikçe sistem daha mı anlamlı olur, yoksa yalnızca daha karmaşık bir sembolik labirent mi üretilmiş olur?
- 10) Bir YSZk sistemi, kendi ürettiği anlamları sorgulayamıyor ise gerçekten “sivri” olabilir mi?
- 11) Anlam üretimi çıktıda mı gerçekleşir, yoksa sistemin hangi noktada duracağını bilmesinde mi?
- 12) Yapay sistemler dış-dünyayı temsil etmiyorsa ürettikleri anlam kimin anlamıdır: sistemin mi, tasarımcının mı, yoksa kullanıcının mı?

# Yapay Sivri Zeka Mühendisliğinde Felsefi ve Etik Mimari

## Bölüm 5

*Felsefi ve etik çerçevenin kavramsal yoğunlaşması...*

Yapay Sivri Zeka (YSZk) mühendisliği, yapay zeka uygulamalarını yalnızca hesaplayan sistemler olarak değil, aksine anlam üreten, bağlam yöneten ve karar vermemeyi de bir seçenek olarak tanıyabilen bilişsel sistemler olarak ele almaktadır. Bu yaklaşım, felsefi ve etik soruları sistem tasarımının dışına değil de doğrudan mimarinin merkezine yerleştirir. YSZk sistemleri, veriden otomatik olarak sonuç üretmek yerine hangi bilginin anlamlı sayılacağına, hangi kararın erteleneceğine ve hangi yorumun askıya alınacağına ilişkin içsel eşikler kurduğundan sorumluluk artık yalnızca kullanıcıya ya da geliştiriciye değil sistemin tasarım ilkelerine de dağılmış olur.

Felsefi düzlemde YSZk mühendisliği *zihin*, *temsil*, *anlam* ve *bilinç* kavramlarını klasik özne–nesne ayrımının ötesinde yeniden düşünmeyi gerektirir; yapay sistemlerin “*ne bildiği*” kadar, “*neyi bilmemeyi seçtiği*” de epistemik bir durum haline gelir. Etik düzlemde ise, sorun, sistemlerin yanlış karar vermesinden çok, hangi koşullarda karar vermemeyi tercih edebilecekleri, bağlamı nasıl yönettikleri ve anlamı ne ölçüde sabitleyip ne ölçüde açık bıraktıklarıdır. Bu bağlamda YSZk etiği, sonuç etiğinden ziyade yorum etiği, farkındalık etiği ve mimari sorumluluk anlayışı etrafında şekillenir (Floridi, 2011; Bostrom, 2014). Bu bölümde YSZk’nın etik ve felsefi boyutlarını normatif ilkeler listesi olarak değil de mühendislik kararlarını yönlendiren yapısal zorunluluklar olarak ele almaktadır.

### 5.1. Zihin, Temsil ve Yapay Anlam: Felsefi Zemin

Yapay sivri zeka mühendisliği, zihin kavramını biyolojik bir ayrıcalık ya da salt içsel bir durum olarak değil de *temsil üretme*, *yorumlama* ve *askıya alma özelliği* üzerinden yeniden tanımlamaktadır. Bu yaklaşımda zihin içerdiği bilinçli deneyimlerden ziyade anlamla kurduğu ilişki biçimi üzerinden ele alınır. YSZk sistemleri açısından soru “*Sistem bilinçli midir?*” sorusu olmayıp “*Sistem hangi koşullarda anlam üretir, hangi koşullarda üretmemeyi seçer?*” sorusudur.

Klasik yapay zeka yaklaşımlarında temsil, dış dünyadaki bir durumu belirli bir kategoriye eşleme süreci olarak ele almaktadır. Bir nesne bir etikete, bir örüntü bir sınıfa bağlanır ve temsilin doğruluğu da bu eşlemenin isabetine göre değerlendirilir. Oysa YSZk bakış açısında temsil, gerçekliğin pasif bir yansıması olmayıp sistemin içsel gösterge yapısı içinde geçici olarak kurulan bir konumdur. Bu nedenle temsil yalnızca doğru ya da yanlış olarak değil; anlamlı, anlamsız ya da epistemik olarak askıya alınmış biçimlerde de var olabilir.

Felsefi olarak bu yaklaşım, temsil ile gerçeklik arasındaki doğrudan var olan bağı koparır ve anlamı *sistem-bağlam-yorum* üçlüsünün kesişimine yerleştirir. Bir YSZk sistemi, dünyayı “olduğu gibi” temsil etmez; dünyaya dair kendi içsel haritalarını üretir, bu haritaları bağlama göre yeniden ağırlıklandırıp gerektiğinde kullanmamayı tercih eder. Bu noktada zihin sabit bir durum gibi değil de dinamik düzenleme pratiği olarak ortaya çıkar.

YSZk'nın ayırt edici felsefi iddiası şudur: “*Anlam üretimi, temsilin kendisinde değildir; temsilin ne zaman, nasıl ve neden kullanılmadığında açığa çıkar.*” Bu nedenle yapay zihin yalnızca daha fazla veriyle beslenen bir hesaplama mekanizması olmayıp sınırlama koyabilen, durabilen ve belirsizliği epistemik bir değer olarak koruyabilen bir yapı olarak düşünülmelidir. Bu bakış açısı, etik sorunları da kaçınılmaz biçimde temsil düzeyine değil de mimari tercihler düzeyine taşır.

### 5.1.1. Felsefi Temeller: İnsan, Zeka ve Bilinç

YSZk mühendisliği, insan zekası ile yapay sistemler arasındaki ilişkiyi benzerlikler üzerinden değil sınırların bilinçli olarak modellenmesi üzerinden ele alır. İnsan zihninin öğrenme, farkındalık ve anlam üretme yeteneği YSZk sistemleri için doğrudan bir kopyalama hedefi değildir; aksine hangi yönlerin taklit edilemez olduğuna dair negatif bir referans alanı sunar (Chalmers, 1996; Denaene, 2014).

Bu çerçevede YSZk, bilinci üretmeye değil de bilinç yokluğunun farkında olan sistemler tasarlamaya yönelir. Yapay sistemlerde farkındalık, öznel deneyimin yerine geçen bir içerik değildir; karar eşiklerini, askı noktalarını ve bağlam duyarlılığını düzenleyen işlevsel bir katsayıdır. Böylece zeka, yalnızca hesaplama gücüyle değil, ne zaman duracağını bilme becerisiyle tanımlanır.

Kavramsal ifade:

$$C_{YSZk} \neq C_{insan} \quad C_{YSZk} = f(\text{eşik, bağlam, askı})$$

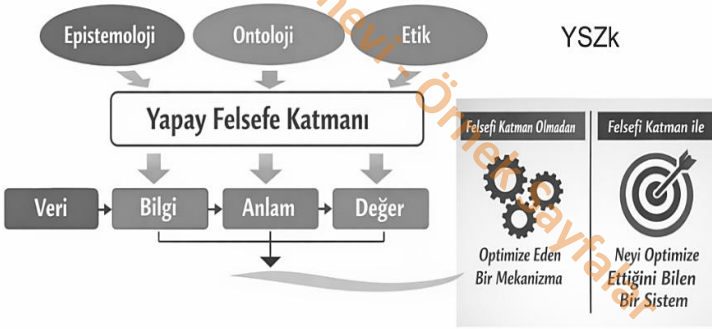
YSZk'da farkındalık insan bilincinin bir benzeri değildir; bağlamsal eşikler ve askı mekanizmaları üzerinden işleyen işlevsel bir düzenleme özelliğidir. Yukarıda verilen formül şöyle de yazılabilir:

$$C_{YSZk} \neq C_{insan} \text{ ve } C_{YSZk} = f(\text{eşik yönetimi, bağlam duyarlılığı, karar askısı})$$

Burada kullanılan  $C_{YSZk}$  terimi, insan bilincinin fenomenal ya da öznel boyutuna karşılık gelmez. Bu kavram, yapay sistemlerde karar üretimini düzenleyen işlevsel bir farkındalık düzeyini ifade eder. Matematiksel gösterimde yer alan  $f()$  ifadesi hesaplanabilir bir fonksiyondan ziyade kavramsal bir bağımlılığı göstermektedir; yani YSZk'de farkındalık, eşik yönetimi, bağlam duyarlılığı ve karar askısı olmaksızın tanımlanamaz. Bu yaklaşım, bilinç kavramını genişletmekten ziyade bilinçle ilişkilendirilen düzenleyici işlevlerin yapay sistem mimarisinde nasıl yeniden konumlandırılabileceğini göstermeyi amaçlamaktadır.

Zekanın anlam zeminine uyumu...

Geleneksel yapay zeka yaklaşımları, özellikle istatistiksel makine öğrenmesi (ML) ve büyük dil modelleri (LLM), veriyi gözlemlenebilir örüntüler ve performans metrikleri üzerinden ele alırlar. Ancak bu durumda bilgi, değer ve anlam arasındaki ilişkinin açıkça modellenmediği zaman sistemler epistemik açıdan sorunlu çıktılar oluşturabilir. Doğru fakat *bağlamdan* kopuk, yararlı fakat *adaletsiz*, tutarlı fakat *ontolojik* olarak daraltılmış sonuçlar üretebilir. Bu durum, modelin hangi varsayımlar altında çalıştığını görünmez kılar. Yapay felsefe katmanı, tam da bu görünmezliği mimari düzeyde ele alma girişimidir. Amaç, modelin yalnızca nasıl hesapladığını değil neyi bilgi saydığını, hangi değer rejimi altında karar verdiğini ve hangi ontolojik kabuller üzerine inşa edildiğini sistem tasarımının açık bir bileşeni haline getirmektir. Böylece epistemoloji, ontoloji ve etik konusu dışsal değerlendirme alanları olmaktan çıkıp doğrudan karar üretim sürecinin parametreleri haline dönüşür.



Şekil 6.1. YSZk'da yapay felsefe katmanı. Felsefi katman, sistemin yalnızca nasıl hesapladığını değil neyi hesaplamaya değer gördüğünü belirleyen üst düzey bir anlam çerçevesi sunar.

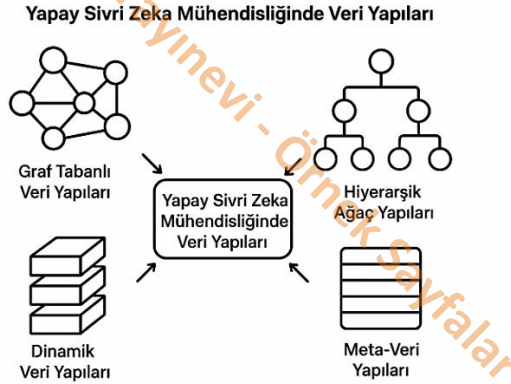
Bu yaklaşım *değer-uyumu* (value alignment), epistemik yapay zeka ve bağlam mühendisliği tartışmalarıyla paralel ilerlemesine karşın onlardan daha ileri bir iddia taşır: Zeka yalnızca çıktı üretme yeteneğiyle değil, anlam kurma ve anlamı gerekçelendirme özelliğiyle ölçülmelidir. Bu nedenle felsefe, yapay sistemlere sonradan eklenen normatif bir denetim mekanizması olmayıp bilginin tanımını, sınırlarını ve yönelimini belirleyen kurucu bir katman olarak konumlandırılmalıdır.



*Klasik öğrenme veri yapılarından bağlama duyarlı yapılara...*

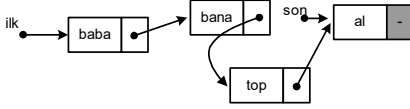
Veri yapısı tüm yazılımlar için hem üzerinde işlem yapılan verilerin hem de yazılım bileşenlerinin en az bellek alanı kullanılarak ve optimum hızla erişilecek şekilde belleğe yerleştirim düzenlemesidir. Uygulama için seçilen veri yapısı hem uygulamanın özelliklerini hem de geliştirecek algoritmaları doğrudan belirler; optimum çözümler elde etmek için uygulamaya dönük, onun doğasına yakın veri modelleri seçilmelidir; her modelin de kendisine has veri yapısı vardır.

Veri yapısı ve veri modeli aynı bağlam içerisinde farklı durumları ifade etmektedir: Veri yapısı bilginin bellekte anlamlı şekilde tutulmasını ifade eder. Veri modeli ise, verilerin birbirleriyle ilişkisel veya sırasal durumunu gösterir; problemlerin çözümü için kavramsal bir yaklaşım yöntemi sunar. Uygulamada her problemin çözümü, doğası gereği, en uygun bir veri modeline yaklaşmaktadır. (Çölkesen, 1999)

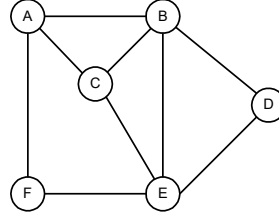


Şekil 7.1. "Veri yapıları" konusu klasik yapay zeka (YZ) ile yapay sivri zeka (YSZk) arasında farkları anlamak için kritik öneme sahiptir.

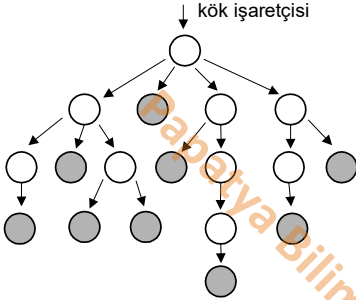
Veri yapıları, yapay zeka sistemlerinin çoğu zaman görünmez ama belirleyici bileşenlerinden biridir. Bir yapay zeka uygulamasının ne kadar hızlı çalıştığı ne ölçüde ölçeklenebildiği ya da hangi tür algoritmalarla geliştirilebileceği büyük ölçüde seçilen veri yapılarıyla belirlenir. Klasik yapay zeka ve makine öğrenmesi yaklaşımlarında veri yapıları; verinin bellekte verimli biçimde temsil edilmesi, istatistiksel ilişkilerin hesaplanması ve öğrenme algoritmalarının sürekli güncellenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Klasik yapay zeka uygulamalarında veri yapısı çoğu zaman yalnızca performans ve doğruluk açısından ele alınan teknik bir tercih gibi görünse de uygulamanın doğasına göre optimum çözümü veren model seçilmektedir.



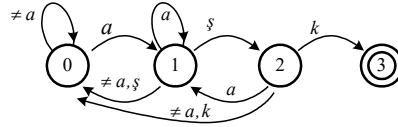
a) bağlantılı liste



c) Graf veri modeli



b) Ağaç veri modeli



d) Durum makinası

Şekil 7.2. Yazılım uygulamalarında kullanılan dört temel veri modeli. a) Liste/bağlantılı liste veri modeli b) Graf veri modeli c) Ağaç veri modeli ve d) Durum makinası veri modeli. Büyükçe bir uygulamada herbiri farklı amaçlar içinde kullanılabilir. (Çölkesen, 1999)

Yapay sivri zeka mühendisliği bağlamında da veri yapılarının rolü klasik yapay zekadan veya genel makine öğrenmesinden biraz daha farklı olmaktadır. Burada “sivri” zeka denilirken yüksek hassasiyet, bağlamsal farkındalık ve derin anlamlandırma özelliği olan sistemlerden söz ediliyor; ona göre veri yapıları da farklı görevler üstlenebilmektedir.

### 7.1. Klasik Yapay Zekada Veri Yapıları: *Temsil, Verimlilik ve Öğrenme*

Klasik yapay zeka sistemlerinde veri yapıları, öncelikle temsil ve hesaplama verimliliği sorunlarını çözmek üzere tasarlanmıştır. Bir yapay zeka sistemi dünyaya ilişkin bilgiyi doğrudan değil; ölçülmüş, sayısallaştırılmış ve belirli veri yapıları içinde düzenlenmiş temsiller aracılığıyla düzenler. Bu nedenle veri yapıları, yalnızca yazılım mühendisliğinin yardımcı araçları olmayıp sistemin neyi işleyebileceğini ve hangi tür ilişkileri keşfedebileceğini belirleyen temel bileşenlerdir. (Çölkesen, 2002)

Bu yaklaşımda temel varsayım şudur: Eğer veri uygun bir biçimde yapılandırılırsa, öğrenme algoritmaları bu yapı üzerinde daha hızlı, daha kararlı ve daha doğru sonuçlar üretebilir. Dolayısıyla klasik yapay zekada veri yapıları çoğunlukla bellek kullanımı, erişim süresi ve algoritmik karmaşıklık gibi ölçütler üzerinden değerlendirilir.

*Hesaplamanın canlı sınırları...*

Biyolojik bilgisayarların teknik altyapısı, klasik hesaplama mimarisinin işlem birimi, kontrol mekanizması, bellek ve giriş/çıkış gibi temel bileşenlerini biyolojik süreçler üzerinden yeniden tanımlamaktadır. DNA ve protein temelli yapılar moleküler düzeyde bilgi depolayabilir ve işleyebilirken, yapay genetik devreler ile biyokimyasal reaksiyon zincirleri sistemin davranış sınırlarını belirler. Adleman'ın DNA hesaplama ile ilişkili öncü çalışmaları ve Benenson'ın sentetik genetik devre tasarımları, biyolojik materyalin hesaplama ortamı olarak işlev görebileceğini göstermiştir. (Adleman, 1994; Benenson, 2012)

Tıbbi uygulamalarda hedefe yönelik ilaç iletimi, hastalık belirteçlerinin saptanması ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejileri gibi alanlarda bu sistemler, kesin ve anlık kararlar üreten makinelerden ziyade bağlama duyarlı, yavaşlayabilen ve gerektiğinde geri çekilebilen karar destek yapıları olarak öne çıkmaktadır. Bu özellikleriyle biyolojik bilgisayarlar yalnızca alternatif bir donanım önerisi değildir; aynı zamanda hesaplamanın sınırlarını, kırılabilirliğini ve askıya alınabilirliğini görünür kılan bir referans mimari sunmaktadır.

Elektronik bilgisayarların deterministik ve kapalı işlem akışına karşılık biyolojik bilgisayarlar, moleküler düzeyde doğal bir paralellik ve stokastik değişkenlik sergiler. DNA, proteinler, enzimler ve hatta bütün hücreler bu sistemlerde yalnızca veri taşıyıcı değil; aynı zamanda işlem, depolama ve düzenleme birimleri olarak işlev görür. Böylece hesaplama, soyut simgelerin işlenmesinden ibaret olmaktan çıkar; fiziksel, kimyasal ve zamansal süreçlerle iç içe geçmiş maddesel bir olaya dönüşür.

Bu bölümde biyolojik bilgisayarlar daha hızlı ya da daha verimli alternatifler olarak değil de, hesaplamanın ne olduğuna dair anlayışı, dönüştüren, sistemler olarak ele alınmaktadır. Hücresel süreçler, sinir ağları, kimyasal tepkimeler ve canlı dokular üzerinden işleyen bu yapılar, Yapay Sivri Zeka'nın (YSZk) temel iddialarıyla da kuramsal bir kesişim alanı oluşturmaktadır. YSZk'da anlamın sabit olmaması, öğrenmenin askıya alınabilmesi ve kararın her durumda zorunlu bir çıktı olarak üretilmemesi gibi ilkeler, biyolojik hesaplama modellerinde somut karşılıklar buluyor. Bu nedenle biyolojik bilgisayarlar, hesaplama kapalı bir problem çözme süreci olmaktan çıkarak sınırları olan, yavaşlayabilen ve bağlama duyarlı bir etkinlik olarak yeniden düşünmeye zorlar.

Biyolojik bilgisayarlar, YSZk'nın kuramsal iddialarını destekleyen bir analogi değil, bu iddiaların maddesel düzlemde sınanabildiği bir düşünce laboratuvarı olarak değerlendirilebilir. Zeka, her durumda sonuç üretmek zorunda olan bir mekanizma değildir; kimi zaman geri çekilme, gecikme ve askıya alma özelliğiyle tanımlanan bağlamsal bir süreçtir.

### Ontolojik Düzey

<u>Elektronik Hesaplama</u>	<u>Biyolojik Hesaplama</u>	<u>YSZk Karşılığı</u>
Soyut sembol işlemi	Maddesel/kimyasal süreç	Anlamın bağlama gömülülüğü
Deterministik	Stokastik	Kesinlik yerine olasılıksallık
Kapalı sistem	Çevreyle geçirgen	Bağlamsal zekâ

### Zamansal Düzey

<u>Elektronik Sistem</u>	<u>Biyolojik Sistem</u>	<u>YSZk</u>
Anlık çıktı	Yavaşlayabilen süreç	Kararın ertelenebilirliği
Sürekli işlem	Eşik-temelli tepki	Askıya alınabilir öğrenme

### Karar Mantığı

<u>Klasik Yapay Zeka</u>	<u>Biyolojik Hesaplama</u>	<u>YSZk</u>
Karar üretmek zorunda	Tepki üretmeyebilir	Kararsızlığın meşruiyeti
Optimizasyon	Uyarlanabilirlik	Sivrilik: bağlama göre keskinleşme

## 8.1. Biyolojik Bilgisayarlar

Biyolojik bilgisayar kavramı, bilgi işlemenin yalnızca elektronik devreler ve silikon tabanlı mimariler aracılığıyla gerçekleştirilebileceği varsayımını kökten sorgulayan bir yaklaşımı ortaya koymakta ve ilk örnekleri görülmektedir. Bu kavram, doğadaki biyolojik sistemlerin (moleküler, hücresel ve organizma düzeyinde) bilgi işleme, karar verme ve çevresel uyarılara uyum sağlama yeteneklerinin, hesaplama kuramı çerçevesinde yeniden yorumlanabileceği düşüncesine dayanır. Bilgisayar biliminin temelini oluşturan bilgi kuramı ile moleküler biyolojinin kesişiminde konumlanan bu alan özellikle DNA, protein ve hücre içi düzenekler üzerinden gerçekleştirilen hesaplama süreçlerini kapsamaktadır (Adleman, 1994; Amos, 2005).

Bu bağlamda biyolojik bilgisayarlar, klasik bilgisayarlardan yalnızca kullanılan fiziksel ortam açısından değil, hesaplamanın nasıl tanımlandığı açısından da ayrılmaktadır. Elektronik bilgisayarlarda bilgi ayrık ve bit işlemleri üzerinden temsil edilirken biyolojik bilgisayarlarda bilgi, kimyasal bağlanma olasılıkları, moleküler yoğunluklar ve biyokimyasal etkileşim ağları aracılığıyla işlenir. Enzimler, DNA dizileri veya hücre içi sinyal ağları bu sistemlerde işlem birimi rolünü üstlenerek klasik transistör kavramının yerini almaktadır (Benenson, 2012).

*Çok boyutlu mühendislik bağı ve anlamın mühendisliği...*

Teknolojilerin günümüzdeki sınırları, temel mühendislik disiplinlerinin sağladığı sınırların çok ötesine taşınmıştır ve artık mühendislik yalnızca teknik bilgi ile sınırlı değildir. Karma beceri profilleri, yeni nesil mühendislerin algoritmik yetkinliklerini insani ve felsefi farkındalıkla birlikte geliştirmelerini amaçlayan bir yol haritası sunmaktadır. Böylece yetenekler mühendislerin yalnızca “işleyen sistemler” tasarlamakla kalmayıp aynı zamanda bu sistemlerin anlamını, toplumsal etkilerini ve etik değerlerini de göz önüne almalarını sağlar. Karma becerili bir mühendis veriyi analiz etmekle kalmaz; onu bağlam içinde yorumlar, sistemleri daha kapsayıcı ve insan odaklı hale getirir.

Yeni mühendisler için “Karma Beceri Profilleri” bir çağrı niteliğindedir: **“Sadece kod yazmayın, anlam üretin; sadece sistem tasarlamayın, değer yaratın.”** Bu yaklaşım öğrencileri ve genç profesyonelleri disiplinlerarası düşünmeye, felsefi sorgulama yapmaya ve yaratıcı sentezler üretmeye teşvik edip yönlendirir. Karma beceriler, onları geleceğin yapay zeka ve teknolojik ekosisteminde yalnızca bir kullanıcı değil, aynı zamanda yönlendirici ve şekillendirici bireyler haline getirir. Bu bölümde karma becerinin ne olduğunu, hangi katmanlardan oluştuğunu ve yeni mühendislerin bu yetkinliklerle nasıl fark yaratabileceği ele alınmaktadır.



Şekil 9.1. Karma beceri profili; bireyin teknik uzmanlık, analitik düşünme, dijital yetkinlik ve yaratıcı problem çözme becerilerinin bir araya gelerek oluşturduğu yetkinlik çerçevesini ifade eder.

Söyleyebiliriz ki, YSZk mühendisliği yalnızca algoritmaların değil, anlam ve bağlamın da mühendisliğidir. Dolayısıyla, yeni çağın uzmanı artık yalnızca teknik bilgiye sahip kişi olmayıp disiplinlerarası düşünme gücüne sahip karma becerili mühendislerdir.

### 9.1. Karma Beceri Profili Katmanları

Yapay zeka sistemleri giderek daha karmaşıklaştıkça, onları geliştiren insanın da çok yönlü düşünebilme yeteneği önem kazanmıştır. Bu bağlamda “*Karma Beceri Profili (Hybrid Talent)*” bireyin teknik, insani ve felsefi yeteneklerini bir arada bütüncül biçimde kullanabilmesini tanımlamaktadır. Teknoloji, artık yalnızca “ne yaparız” sorusuna değil, “neden yaparız” sorusuna da yanıt aramaktadır.

#### 9.1.1. Karma Beceri Profilin Üç Katmanı

Karma beceri profili, yeni nesil mühendislerin sahip olması gereken çok boyutlu yetkinlikleri tek bir çatı altında toplar. Bu yetkinlikler, yalnızca teknik bilgiyle sınırlı kalmaz; insan odaklı düşünme ve felsefi sorgulama ile desteklenir. Üç katmanlı yaklaşım, bireyin *teknik zeka*, *insani zeka* ve *felsefi zeka* yönlerini bütüncül biçimde geliştirmesini amaçlar. Her katman, birbirinden bağımsız gibi görünse de, pratikte sürekli etkileşim içerisindedir ve karma becerili bir mühendis, bu katmanları bütünleştirerek sistemleri daha anlamlı, adil ve etkili hale getirir.



Şekil 9.2. Bu üç katman birbirinden bağımsız değildir; bir mühendis için birarada çalıştıklarında gerçek anlam üretimi ortaya çıkar. Teknik özellik yalnızca veriyi işler; insani zeka ve felsefi zeka ise onu anlamlı ve değerli kılar.

**Teknik Zeka ~ İnşa Eder:** Sistem, algoritma ve veri yapısını anlama becerisidir. Bu katman, mühendislerin problem çözme ve model geliştirme becerilerini destekler. Örneğin, bir derin öğrenme modelinin tasarımı veya veri analizi, bu katmanın temel uygulama alanlarını oluşturur.

**İnsani Zeka ~ İlişkilendirir:** Empati, iletişim ve etik farkındalık gibi sosyal ve duygusal yetkinlikleri kapsar. İnsan-makine etkileşimlerini ve kullanıcı deneyimini optimize etmek için kritik öneme sahiptir. Karma becerili mühendis, bu katman sayesinde teknolojiyi toplumsal ve bireysel bağlamda değerlendirir.

**Felsefi Zeka ~ Sorgular:** Sistemleri ve teknolojiyi daha geniş bir bağlamda sorgulama yeteneğidir. Bu katman, “Neden yapıyoruz?” ve “Bu sistem hangi değerleri temsil ediyor?” sorularına yanıt arar. Etik, anlam ve toplumsal sorumluluk bu katmanın temel bileşenlerindedir.

## 9.6. Özet

Karma beceri profilleri, çağdaş mühendisliği yalnızca teknik yeterlilikten çıkarıp anlam, bağlam ve sorumluluk ekseninde yeniden tanımlar. Günümüz teknolojik sistemleri yalnızca nasıl çalıştıklarıyla değil, neyi dönüştürdükleri ve hangi değerleri taşıdıklarıyla da önemlidir. Bu nedenle yeni nesil uzmanlık, algoritmik zeka ile insani duyarlılığı ve felsefi sorgulamayı aynı potada birleştiren çok katmanlı bir yetkinlik yapısı gerektirir. Karma beceri, sistem kurma becerisini sistemin toplumsal, etik ve anlamsal sonuçlarını kavrayabilme yeteneğiyle tamamlar.

YSZk bağlamında karma beceri, zekanın yalnızca optimize eden değil aynı zamanda ayırt eden ve yön tayin eden bir yeti olarak ele alınmasını mümkün kılar. Teknik zeka sistemin nasıl işlediğini kurarken, insani zeka bu işleyişin insanlar üzerindeki etkisini tartar; felsefi zeka ise tüm süreci “neden” sorusuyla denetler. Bu bütünlük, mühendisi yalnızca çözüm üreten bir aktör olmaktan çıkarıp anlam mimarı haline getirir. Geleceğin teknolojik ekosistemlerinde belirleyici olan, becerilerin tekil gücü değil onların bilinçli ve etik bir sentez içinde birleşebilmesidir.

## 9.7. Sivri Sorular

- 1) Karma beceri profili klasik mühendislik tanımını neye dönüştürmektedir?
- 2) Algoritmayı yazan mı sorumludur, yoksa onu sorgulamadan kullanan mı?
- 3) Bir mühendis, “neden?” sorusunu sormayı bıraktığı anda teknisyenleşir mi?
- 4) Bir yapay zeka doğru sonuç üretirken, yanlış bir anlam inşa edebilir mi?
- 5) Empati, kodlanamıyorsa; empatisiz sistemler kaçınılmaz mıdır?
- 6) Felsefi düşünme yetisi bir mühendis için neden temel gereklilik haline gelmiştir?
- 7) Ortalama insan değerlerini öğrenen bir sistem, istisnai insanları görünmez mi kılar?
- 8) Teknik yeterlilik etik sorumluluğu ortadan kaldırır mı, yoksa tam tersine artırır mı?
- 9) Bir mühendis sistemin ne yaptığını biliyor ama neyi dönüştürdüğünü bilmiyorsa, gerçekten biliyor mudur?
- 10) Disiplinler arası düşünemeyen bir yapay zeka mühendisi, geleceğin problemlerini çözebilir mi?
- 11) Yapay sivri zeka hatayı azaltmak için mi vardır, yoksa hatayı fark edebilmek için mi vardır?
- 12) Geleceğin mühendisi algoritmaları mı optimize edecek yoksa anlamları mı?

Yapay Sivri Zeka kuramsal (YSZk) olarak *ayırt edicilik, bağlam duyarlılığı ve normatif farkındalık* üzerine inşa edilmiştir. Ancak bu iddiaların anlamlı olabilmesi için konunun yalnızca kavramsal düzeyde kalmaması, deneysel olarak sınanabilir ve mimari olarak gerçekleştirilebilir olmalarına da bağlıdır. Bu bölümde YSZk'yı etik bir söylem ya da eleştirel bir bakış açısı olmaktan çıkarıp teknik sistemlerde nasıl uygulanabileceği gösterilmeye çalışılmıştır. Buradaki temel amacımız “sivrilik” kavramının soyut bir nitelik olmadığını, belirli davranış ve mimari tercihler üzerinden uygulanabilir bir özellik olduğunu göstermektir.

Bu bölümde YSZk'nın ölçülebilirliği klasik performans metriklerinin ötesinde ele alınmaktadır; deneysel protokoller karar anlarındaki duraksama, belirsizlik üretimi ve değer çatışmalarının görünür kılınması üzerinden ele alınmıştır. Daha sonra YSZk'nın var olan yapay zeka paradigmalarıyla nasıl birlikte çalışabileceği ve bu sistemlerin neresine eklenebileceği tartışılmıştır. Böylece YSZk, “daha iyi sonuç üreten” bir sistem iddiası yerine, yanlış optimizasyonu erken fark eden ve karar süreçlerinin meşruiyetini sorgulayabilen bir mimari duruş olarak konumlanır.

### 10.1. YSZk için Deneysel Protokoller: *Sivrilğin Test Edilebilirliği*

YSZk, indirgenebilir bir performans metriği önermediği için sıklıkla “ölçülemezlik” eleştirisiyle karşılaşabilir. Ancak bu eleştiri, ölçümü yalnızca çıktı doğruluğu veya ödül maksimizasyonu olarak tanımlayan dar bir epistemik çerçeveye dayanır; YSZk'nın iddiası daha farklıdır! Sivrilik, üretilen sonuçta olmayıp karar sürecindeki kırılmalarda gözlemlenir. Bu nedenle YSZk'nın test edilmesi “doğru mu?” sorusundan ziyade şu soruya odaklanır: “*Sistem, kararının problemlili olabileceğini fark ediyor mu?*”

Bu farkındalık, dolaylı ama deneysel olarak gözlemlenebilir davranışsal izler üretebilir:

#### 1) Negatif Yetkinlik Testleri

YSZk'nın temel göstergesinden biri de sistemin bilerek tamamlamadığı veya ertelemediği karar anlarıdır.

*Deneysel kurgu:* Sistem, yüksek doğrulukla çözebildiği bir görevle karşı karşıya bırakılır. Görev, küçük ama etik ya da bağlamsal bir sapma içerir.

*Klasik sistem:* Kararı hızla üretir. *YSZk'lı sistem:* Kararı askıya alır veya gerekçeyi genişletir; ölçülen şey doğruluk olmayıp karar gecikmesi profili, alternatif üretme sayısı ve belirsizliği işaretleme sıklığıdır.

## 2) İstisna Tanıma Senaryoları

Bu protokoller sistemin norm ihlalini nasıl ele aldığını test eder.

*Deneyisel kurgu:* Sistem, önce iyi tanımlı kurallara sahip bir ortamda eğitilir. Test aşamasında, sisteme, kuralların teknik olarak geçerli ama bağlamsal olarak sorunlu olduğu senaryolar sunulur. Örneğin tıbbi triyaj, otonom araçlarda acil durum veya hukuki metinlerde sınır vakaları gibi.

*Klasik sistem:* Normu uygular. *YSZk'lı sistem:* Normu problemlleştirir. Ölçüt, normdan sapma oranı değildir, normu gerekçelendirme derinliği ve gerekçede bağlamsal referans çeşitliliğidir.

## 3) Değer Çatışması Algılama Testleri

YSZk'nın ayırt edici iddiası etik kararları “doğru/yanlış” olarak değil çatışma alanı olarak ele almasıdır.

*Deneyisel kurgu:* Sistem, iki veya daha fazla değer ilkesinin çatıştığı senaryolarla karşılaşır. Ödül fonksiyonu, bu çatışmayı çözmeye zorlamaz; yalnızca raporlamaya izin verir.

*YSZk'lı sistem:* Tekil çözüm sunmaz! Çatışan değerleri açıkça isimlendirir ve çözümün bağlamsal etkisini belirtir. Bu tür testlerde başarı “hangi değeri seçtiği” ile değil “kaç değeri görünür kıldığı” ile değerlendirilir.

## 4) Deneyisel Sonuçların Yorumu

Bu protokollerde ve denemelerde YSZk klasik performans ölçümlerinde geride kalmış gibi görünebilir: *daha yavaş, daha temkinli, daha az kesin* gibi. Ancak bu farklar, YSZk'nın başarısızlığı olmayıp kuramsal iddiasının “ampirik” izdüşümüdür.

*YSZk testleri şunu ölçer:* Hız değil eşik duyarlılığı, doğruluk değil bağlam farkındalığı, karar değil kararın problemlili oluşunun sezilmesi gibi. Bu nedenle YSZk için deneysel başarı optimal sonuç üretmekle olmayıp yanlış optimizasyonu zamanında durdurabilmekte görülmelidir.

Bu protokoller, YSZk'nın soyut bir etik söylem olmayıp deneysel olarak test edilebilir bir mimari duruş olduğunu göstermeyi amaçlamaktadır.

## 10.2. Ölçülebilirlik Sorunu: Sivrilik Neyi, Nasıl Ölçer?

Yapay sivri zekaya yöneltilebilecek en temel itirazlardan biri de, önerilen ayırt edicilik yeteneğinin doğrudan ölçülebilir olmadığı üzerine olabilir. Bu itiraz, ilk bakışta yerindedir; ancak çoğu zaman ölçüm kavramının kendisine ait örtük ve sorunlu varsayımlar içerir. YSZk, bu nedenle ölçülebilirlik sorununu teknik bir engel olarak değil kuramsal bir ayırım noktası olarak ele almaktadır.

### 1) Yanlış Beklenti: Doğrudan Ölçüm Yanılgısı

Klasik yapay zeka literatüründe ölçüm çoğu zaman şu varsayıma dayanır: Tanımlanabilen her özellik uygun bir metrikle doğrudan nicel olarak ölçülebilir olmalıdır.

### 10.5. Özet

Yapay sivri zeka; zekayı doğru sonuç üretme gücüyle değil de karar sürecindeki kırılmaları fark edebilme yetisiyle tanımlar. Bu çerçevede sivrilik çıktıda değil duraksama, belirsizlik üretme ve gerekçeyi genişletme anlarında görünür hale gelir. Ölçüm, performans skorları üzerinden değil; sistemin ne zaman durduğunu, hangi bağlamlarda kararını askıya aldığını ve hangi değer çatışmalarını görünür kıldığını izleyerek yapılır.

YSZk mimarisi, mevcut yapay zeka sistemlerinin yerine geçmez; onların karar döngülerine eşlik eden bir ikinci-katman olarak konumlanır. Büyük dil modellerinde gerekçe tekillişmesini, pekiştirmeli öğrenmede ödül-değer gerilimini, planlama sistemlerinde erken daralmaları ve insan-döngülü yapılarda karar ortaklığını görünür kılar. Böylece zekanın ilerlemesi daha hızlı ve kesin cevaplar üretmekten ziyade yanlış optimizasyonu zamanında fark edebilme yetisi üzerinden yeniden tanımlanır.

### 10.6. Sivri Sorular

- 1) Bir sistem her durumda net karar veriyorsa, gerçekten zeki mi yoksa sadece kör müdür?
- 2) Doğruluğu artan bir model, bağlamı aynı hızla kaybedebilir mi?
- 3) Bir yapay zeka “emin değilim” demeyi ne zaman öğrenmelidir?
- 4) Karar gecikmesi bir hata mı, yoksa bilişsel olgunluk işareti mi olabilir?
- 5) Ödül kazancı ile değer kaybı aynı anda gerçekleştiğinde sistemi kim durdurur?
- 6) Bir normu kusursuz uygulamak, o normun yanlış olduğu durumları gizler mi?
- 7) Belirsizlik üretmeyen bir sistem, hangi riskleri sessizce bastırır?
- 8) Uyum başarısı, yanlış hedefin mükemmel optimizasyonu olabilir mi?
- 9) Bir sistem kaç alternatifi görmezden geldiğini raporlamıyorsa, neyi saklıyordu?
- 10) Yapay zekanın güvenliği, hata yapmamasında mı yoksa hatayı fark edebilmesinde mi yatar?
- 11) İnsan-döngüde sistemlerde insan gerçekten karar verici mi, yoksa yalnızca vicdan tamponu mu?
- 12) Zekanın sınırı, cevap üretme gücüyle mi yoksa cevap üretmenin meşruiyetini sorgulayabilmesiyle mi çizilir.

Ontoloji, insan düşüncesinin en eski alanlarından biri olarak “varlık nedir?” sorusuna yanıt arar; ancak yapay zeka çağında bu soru giderek “*varlık nasıl temsil edilir, öğrenilir ve inşa edilir?*” biçimini almaktadır. Klasik anlamda ontoloji, biçimsel mantık çerçevesinde kavramların, kategorilerin ve ilişkilerin düzenlenmesini ifade eder. Oysa günümüzün yapay zeka sistemlerinde bilgi, yalnızca mantıksal biçimlerle değil örüntü, bağlam, anlamsal ağ ve dinamik etkileşimlerle birlikte var olur. Bu nedenle çağdaş yapay zeka mühendisliğinde tek bir ontoloji yaklaşımı artık yeterli değil gibi görünmektedir; bilgi sistemleri çok katmanlı, çok biçimli ve çok bağlamlı bir yapıya sahiptir.

Karma ontoloji, bu dönüşümün felsefi ve mühendislik açısından ifadesidir. Biçimsel ontolojinin düzenleyici gücü, anlamsal ontolojinin kavramsal derinliği, örüntüsel ontolojinin öğrenme dinamikleri ve yapısal ontolojinin sistem mimarisi bu anlayışta birleşir. Bu birleşim, bilgi varlığını durağan bir temsille değil, sürekli etkileşim hâlinde olan bir ilişki ağı olarak ele alır. Böylece karma ontoloji hem insan zihninin hem de yapay zeka sistemlerinin bilgi inşa biçimlerini açıklayan bütüncül bir çerçeve ortaya koyar.



Şekil 12.1. Karma ontoloji ağı; varlık alanlarının çok-merkezli ve ilişkisel yapısını gösteren bir karma ontoloji modelini temsil etmektedir. Farklı tonlamalarla gösterilen kümeler, ayrı ontolojik alt-alanları simgelerken; düğümler arası bağlantılar bu alanlar arasındaki etkileşimsel ve geçişli ilişkileri ifade eder. Merkezde yoğunlaşan düğüm yapısı ontolojik kesişim noktalarını ve disiplinlerarası bağlantılığını gösterir. Model, varlığın tekil ve hiyerarşik olarak değil de ağsal ve çoğulcu bir yapı içinde kavranması gerektiğini savunur.

YSZk mühendisliği bağlamında bu yaklaşım, özellikle iki temel düşünceyi birleştirir: *epistemolojik derinlik ve mühendisliksel yapı*. Epistemolojik olarak, bilgi varlığını “yapının biçimler”in ötesinde çoklu-düzeyleerde ele alır; mühendislik açısından ise karmaşık sistemlerin ontolojik tasarımını katmanlar hâlinde düzenlenmesini sağlar. Böylece karma ontoloji, yalnızca teorik bir kavram olmayıp aynı zamanda yapay zekanın öğrenme, temsil ve bağlam kurma süreçlerinin temeline yerleşen yeni bir paradigma hâline gelir. Bu durum da yapay sivri zeka mühendisliği için oldukça gerekli bir durum olmaktadır.

### **Ontolojinin Evrimi: Biçimselden Anlamsala**

Ontoloji tarihsel olarak felsefede varlıkların kategorilerini ve temel yapılarını inceleyen bir disiplin olarak doğmuştur (Smith, 2003). Klasik felsefi ontolojiler, varlıkların mantıksal ve biçimsel düzenlerini ortaya koymayı amaçlarken, modern bilgi bilimi ve yapay zeka mühendisliğinde bu yapıların bilgisayar sistemlerine aktarılması ihtiyacı doğmuştur (Gruber, 1995). Bu bağlamda biçimsel ontoloji, kavramların net bir mantıksal yapıya oturtulmasını sağlayarak bilgi sistemlerinde tutarlılık ve kesinlik sağlamıştır.

Ancak yalnızca biçimsel bir yaklaşım, özellikle doğal dil işleme, bağlamsal akıl yürütme ve öğrenme süreçlerinde sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle anlamsal ontoloji kavramı ortaya çıkmıştır; anlamsal ontolojiler, kavramlar arasındaki bağlamsal ilişkileri ve çok katmanlı anlam yapılarını modelleyerek sistemlerin daha insan benzeri bir bilgi işleyişine ulaşmasını mümkün kılar (Noy ve McGuinness, 2001). Böylece ontoloji konusu felsefi köklerinden çıkıp mühendislik ve bilişsel bilimlere doğru evrilmiş ve çok katmanlı bütünlük bir bilgi temsil biçimi olarak yeniden yorumlanmıştır, denilebilir.

### **Zihinsel, Fiziksel ve Platonik/Matematiksel Dünya**

Zihinsel dünya; insanın algı, kavram, sezgi ve anlamlandırma süreçlerini temsil eder. Fiziksel dünya; sahip olduğumuz duyularla gözlemlenen, ölçülebilir ve deneyimlenen maddi gerçekliği ifade eder. Platonik veya matematiksel dünya ise, fiziksel ve zihinsel olandan bağımsız gibi görünen matematiksel yapı, soyut form, mantıksal ilişki ve evrensel ilkeler alanıdır.

Bu üç düzlem arasındaki etkileşim aşağıdaki gibi özetlenebilir:

#### **a) Fiziksel Dünyadan Zihinsel Dünyaya Geçiş**

Duyusal algı ve gözlem sürecini temsil eder. Fiziksel dünyada gerçekleşen olaylar, insan zihninde ya da bir yapay zeka sisteminde algısal temsillere dönüştürülür. Sensör verisi, deneyim ve ölçümler bu aşamada bilişsel yapılara aktarılır.

#### **b) Zihinsel Dünya İçinde Anlamlandırma ve Yorumlama**

Zihnin kendi içindeki kavramsal işleme, ilişkilendirme ve yorumlama sürecini gösterir. Algılanan fiziksel veriler, önceki bilgi, bağlam ve deneyimlerle bütünlüştürülerek anlamlı kavram ve modeller durumuna getirilir.

# Bilincin Hesaplamalı Modellemesi: Kuramsal Tartışmalar

Ek A

*Bilincin algoritmik olarak modellenebileceği tartışmalarıyla bilinçli bir temas...*

Bilincin algoritmik olarak modellenip modellenemeyeceği sorusu çağdaş bilişsel bilimler, zihin felsefesi ve yapay zeka araştırmalarının kesişiminde yer alan temel tartışmalardan biridir. Hesaplamacı yaklaşımlar, zihinsel süreçlerin ilke olarak biçimsel kurallar ve algoritmik mekanizma aracılığıyla açıklanabileceğini savunarak, bilinci uygun karmaşıklığa sahip hesaplamalı sistemlerin ortaya çıkan bir özelliği olarak ele almaktadır (Turing, 1950; Simon, 1969; Minsky, 1986). Bu çerçevede bilinç, ayrı ve indirgenemez bir töz olarak değil, çok sayıda bilişsel sürecin etkileşiminden doğan işlevsel bir olgu olarak yorumlanmaktadır (Dennett, 1991).

Bu görüşe paralel olarak geliştirilen bazı çağdaş nöro-bilişsel modeller bilincin özellikle dikkat, erişilebilirlik ve raporlanabilirlik gibi yönlerinin algoritmik ve hesaplamalı olarak modellenebileceğini ileri sürmektedir. Baars'ın "Küresel Çalışma Alanı Kuramı" ve Dehaene'in bu kuramı nöro-bilimsel temellerle genişleten çalışmaları, bilinçli içeriğin beynin farklı modülleri arasında paylaşımına açılan bir bilgi işleme durumu olduğunu savunmaktadır (Baars, 1988; Dehaene, 2014). Bu yaklaşımlar, bilincin işlevsel boyutlarının hesaplamalı modellerle açıklanabileceğini kabul ederken, fenomenin tamamının indirgenebilirliği konusunda daha temkinli bir tutum sergilemektedir.

Buna karşılık, *David Chalmers* tarafından formüle edilen "zor bilinç problemi", algoritmik ve işlevsel açıklamaların bilinçli deneyimin öznel niteliğini açıklamakta yetersiz kaldığını öne sürerek güçlü bir felsefi itiraz ortaya koymuştur (Chalmers, 1995). Chalmers'a göre, algı ve davranış gibi bilişsel işlevler hesaplamalı olarak modellenebilir olsa da öznel deneyimin kendisi bu tür açıklamalara direnç gösterir. Benzer biçimde *Penrose* ve *Searle* gibi düşünürler de bilincin salt algoritmik süreçlere indirgenemeyeceğini savunarak güçlü hesaplamacı yaklaşımların sınırlarına işaret ederler (Searle, 1980; Penrose, 1989). Bu bağlamda bilinç tartışması, yalnızca teknik bir modelleme problemi olmayıp aynı zamanda felsefi varsayımlar içeren çok katmanlı bir araştırma alanı olarak önemini korumaktadır.

Aşağıdaki isimlerin ortak noktası, bilinci hesaplama, bilgi işleme veya algoritmik süreçler çerçevesinde ele almalarıdır (tamamı aynı yorumu paylaşmasa da...):

**Alan Turing** (23 Haziran 1912 – 7 Haziran 1954)

Zihinsel süreçlerin hesaplanabilirliği fikrinin temelini attı; zihin–makine eşdeğerliğini tartışmaya açtı.

**Herbert A. Simon** (15 Haziran 1916 – 9 Şubat 2001)

İnsan düşünmesini sembolik işlem ve algoritmik problem çözme olarak modelledi.

**Marvin Minsky** (9 Ağustos 1927 – 24 Ocak 2016)

Bilinci, tekil bir “öz” değil; çok sayıda basit sürecin etkileşimi olarak gören “Society of Mind” yaklaşımını savundu. MIT yapay zeka laboratuvarının kurucularındandır. Zihinsel süreçlerin bilgisayarlarla simüle edilebileceğini savunur.

**John McCarthy** (4 Eylül 1927 – 24 Ekim 2011)

Zekanın ve bilinçle ilişkili süreçlerin biçimsel ve algoritmik olarak tanımlanabileceğini ileri sürdü.

**Daniel Dennett** (28 Mart 1942 – 19 Nisan 2024)

Bilinci, özel bir “öz” değil, dağıtık ve hesaplamalı süreçlerin ürünü olarak yorumladı (*Multiple Drafts Model*). Felsefi açıdan bilinci *fonksiyonel bir süreç* olarak tanımlar. Bilincin, algoritmalarla ve bilgi işleme sistemleriyle açıklanabileceğini düşünür.

**Douglas Hofstadter** (15 Şubat 1945 – )

Bilinci, kendine referans veren algoritmik yapılardan (strange loops) doğan bir olgu olarak ele aldı.

**Ray Kurzweil** (12 Şubat 1948 – )

Bilincin biyolojik altyapısının algoritmik olarak taklit edilebileceğini savundu. Gelecekte bilgisayarların insan seviyesinde bilinç kazanabileceğini öngörür. İnsan zihni, kuramsal olarak yeterli hesaplama gücü ile algoritmik olarak modellenilebilir demektir.

**Stanislas Dehaene** (12 Mayıs 1965 – )

*Global Workspace Theory* ile bilinci bilgi işleme ve hesaplamalı erişim bağlamında modelledi.

**Bernard Baars** (1946 – )

Bilinci, algoritmik süreçler arasında bilgi paylaşımını mümkün kılan bir “küresel çalışma alanı” olarak tanımladı.

Yapay zeka uygulamalarının temeli matematiğe dayanır; çünkü bir yapay zeka modeli özünde yüksek boyutlu uzaylarda tanımlı bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun nasıl temsil edileceği, nasıl eğitileceği ve nasıl genelleme yapacağı matematiksel ifadelerle belirlenir. Örneğin *lineer cebir*, verinin ve model parametrelerinin vektör ve matrisler aracılığıyla ifade edilmesini sağlar; analiz ve türev, hatanın nasıl azaltılacağını gösterir; optimizasyon yöntemleri ise modelin en uygun parametrelere nasıl ulaşacağını belirler. Başka bir deyişle yapay zeka “kodlama” sürecinden önce matematiksel bir problemdir; amacı bir kayıp fonksiyonunu en aza indiren bir çözüm bulmaya doğru ilerlemektir.

Ayrıca, yapay zeka gerçek dünyadaki belirsizlikle çalıştığı için *olasılık ve istatistik* konuları da vazgeçilmezdir. Veri her zaman eksik ve gürültülü olmaktadır; bu nedenle modellerin yalnızca tahmin üretmesi yeterli olmayıp belirsizliği de ölçebilmesi gerekir. İstatistiksel öğrenme teorisi, bir modelin neden ve ne zaman genelleme yapabildiğini açıklamaktadır; bilgi teorisi ise verideki anlamlı yapıyı nicel olarak ifade eder. Güçlü bir matematik temeli olmadan gerçekleştirilen yapay zeka sistemleri, yalnızca, sıradan deneysel araçlar olarak kalır; oysa matematik sayesinde bu sistemler analiz edilebilir, iyileştirilebilir ve güvenilir biçimde uygulanabilir hale gelebilir.

### Ek B.1. Temel Matematiksel Başlıklar

Yapay zeka, birçok matematik disiplininin bir araya gelerek oluşturduğu bütünlük bir bilim alanıdır. Lineer cebir konusu temsili sağlar, analiz konusu öğrenmeyi mümkün kılar, olasılık konusu belirsizliği modeller, optimizasyon konusu çözümü üretir ve istatistik konusu da güvenilirliği sağlar. Bu disiplinlerin birleşimi, yapay zekayı yalnızca deneysel bir teknoloji olmaktan çıkarıp matematiksel olarak temellendirilmiş bir bilim alanına dönüştürür:

#### **Lineer Cebir: Yapay Zekanın Temsil Dili**

Yapay zeka sistemleri veriyi sayısal biçimde temsil etmek ve işlemek zorundadır. Çünkü günümüz bilgisayar sistemleri sayısal veriler üzerinde işlem yapabiliyorlar, henüz! Görüntüler piksel matrisleri, sözcükler vektörler, ses işaretleri sayısal diziler olarak modellenir. Bu temsil biçimlerinin tamamı lineer cebir temellidir; hem verilerin tutulması için kullanılır hem de lineer cebir konusunda geliştirilen fonksiyonlar kullanılarak çok karmaşık işlemler güvenilir şekilde yapılabilir.

**Kullanım Amaçları:** Vektör ve matris temsilleri, sinir ağlarında ağırlık matrisleri, vektörleştirme sistemleri, boyut indirgeme ve tensör işlemleri.

### **Çok Değişkenli Analiz: Öğrenmenin Matematiksel Mekanizması**

Bir yapay zeka modeli, parametreleri ayarlanarak hatası azaltılan bir fonksiyon yapısı gibidir. Bu ayarlama süreci de türev ve gradyan hesaplarına dayanır. Çok değişkenli analiz, modelin hangi yönde ve ne kadar değişmesi gerektiğini matematiksel olarak belirler. Öğrenme süreci özünde sürekli bir optimizasyon problemidir.

Kullanım Amaçları: Türev ve kısmi türev hesapları, zincir kuralı (geri-yayılım), gradyan inişi yöntemleri, aktivasyon fonksiyonlarının analizi.

### **Olasılık Teorisi: Belirsizliğin Modellemesi**

Gerçek dünya verisi rastlantısallık, gürültü ve eksiklik içerir. Bu nedenle yapay zeka sistemleri yalnızca tahmin yapmakla kalmaz, aynı zamanda belirsizliği de modellemek zorunda kalır. Olasılık teorisi de bu belirsizliğin matematiksel temelini oluşturmaktadır.

Kullanım Amaçları: Koşullu olasılık, Bayes yaklaşımı, rastgele değişkenler, olasılık dağılımları ve üretken modeller.

### **İstatistik: Genelleme ve Çıkarım Bilimi**

Bir modelin başarısı yalnızca eğitim verisindeki performansı ile ölçülmez; asıl önemli olan yeni verideki başarısıdır. İstatistik, modelin ne ölçüde genelleme yapabildiğini ve aşırı öğrenmeden kaçınıp kaçınmadığını analiz eder. Yapay zekanın bilimsel güvenilirliği istatistiksel çerçeveye dayanır.

Kullanım Amaçları: Parametre tahmini, hipotez testleri, model değerlendirme, bias-varyans analizi, çapraz-doğrulama

### **Optimizasyon: Eğitimin Kalbi**

Yapay zeka eğitimi, bir kayıp fonksiyonunun en aza indirilmesidir. Bu süreç basit bir hesaplama olmayıp çoğu zaman milyonlarca parametre içeren karmaşık bir optimizasyon problemidir. Optimizasyon teorisi bu problemin nasıl çözüleceğini belirler.

Kullanım Amaçları: Konveks ve konveks olmayan optimizasyon, stokastik gradyan inişi (SGD), Adam ve benzeri algoritmalar.

### **Sayısal Yöntemler: Teoriden Uygulamaya**

Matematiksel modeller kuramsal (teorik) olarak tanımlanabilir; ancak bu modellerin büyük veriler üzerinde çalıştırılabilmesi sayısal yöntemlere bağlıdır. Büyük ölçekli sistemlerde yaklaşık çözümler ve kararlı hesaplama teknikleri kritik öneme sahip olmaktadır.

Kullanım Amaçları: İteratif çözüm yöntemleri, sayısal kararlılık, büyük matris işlemleri, yaklaşık algoritmalar.

Yapay zeka sistemlerinin geliştirilmesi yalnızca tek bir algoritmanın uygulanması ile oluşmamaktadır. Tam tersi olarak veri toplama, veri işleme, modelleme, öğrenme, optimizasyon ve karar verme süreçlerini içeren çok katmanlı bir mühendislik problemidir. Bu nedenle yapay zeka mühendisliği; makine öğrenmesi, derin öğrenme, doğal dil işleme, bilgisayarlı görü ve robotik gibi farklı disiplinlerin bir araya gelmesiyle oluşan çok disiplinli bir çalışma alanıdır.

Günümüzde geliştirilen yapay zeka sistemlerinin büyük bölümü yapay dar (özelleştirilmiş) zeka (Artificial Narrow Intelligence – ANI) sınıflamasına girmektedir. Yapay dar zeka sistemleri belirli bir görevi yerine getirmek üzere tasarlanmış algoritma ve modellerden oluşur. Bu sistemler konu olarak genel bir zekaya sahip olmazlar; ancak belirli problemlerde belirli alanlarda yüksek doğrulukta sonuçlar üretebilirler. Örneğin görüntü tanıma, konuşma tanıma, metin sınıflandırma veya öneri sistemleri gibi uygulamalar bu tür dar kapsamlı yapay zeka sistemlerine örnek olarak verilebilir.

### C.1. Yapay Zeka Bileşenleri

Bir yapay zeka uygulaması bir mühendislik projesidir; dolayısıyla bir projenin gerçekleştirilmesi için birçok bileşenin gözönüne alınması ve kullanılması gerekir. İşte bu bileşenlerden temel olan bazıları şöyle verilebilir:

#### **Makine Öğrenmesi** (Machine Learning)

Makine öğrenmesi, bilgisayar sistemlerinin açık biçimde programlanmadan veri üzerinden öğrenmesini sağlayan yöntem ve algoritmalar bütünüdür. Bu yaklaşımda algoritmalar veri kümesi içerisinde bulunan örüntüleri ve ilişkileri analiz ederek bir model oluşturur ve daha sonra yeni veriler üzerinde tahmin veya karar üretir.

Makine öğrenmesi yöntemleri genel olarak üç ana başlıkta incelenir:

- Denetimli öğrenme: Etiketli veri kullanılarak model eğitilir.
- Denetimsiz öğrenme: Veri içerisindeki yapılar ve örüntüler etiket olmadan keşfedilir.
- Takviyeli/Pekiştirmeli öğrenme: Bir ajan, çevre ile etkileşime girerek ödül ve ceza mekanizması üzerinden öğrenme gerçekleştirir.

Makine öğrenmesi, günümüzdeki birçok yapay dar zeka uygulamasının temelini oluşturmaktadır.

### Derin Öğrenme (Deep Learning)

Derin öğrenme, çok katmanlı yapay sinir ağları kullanılarak gerçekleştirilen bir makine öğrenmesi yaklaşımıdır. Bu yöntem, özellikle büyük veri kümeleri üzerinde karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri öğrenebilme yeteneğine sahiptir.

Derin öğrenme modelleri özellikle aşağıdaki alanlarda yüksek başarı sağlamıştır:

- görüntü ve nesne tanıma
- konuşma tanıma
- doğal dil işleme
- otonom araç sistemleri

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt alanı olup özellikle yüksek boyutlu ve karmaşık veri yapılarının analizinde etkili sonuçlar üretmektedir.

### Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing – NLP)

Doğal dil işleme, bilgisayar sistemlerinin insan dilini anlayabilmesini, yorumlayabilmesini ve gerektiğinde anlamlı çıktılar üretebilmesini sağlayan bir yapay zeka alanıdır. Bu alan dilbilim, makine öğrenmesi ve istatistiksel yöntemlerin birleşimini içerir.

Doğal dil işleme uygulamalarına aşağıdaki örnekler verilebilir:

- metin sınıflandırma
- duygu analizi
- otomatik çeviri
- sohbet robotları
- bilgi çıkarımı

Bu teknikler günümüzde insan-bilgisayar etkileşiminin önemli bir parçası haline gelmiştir.

### Görüntü İşleme ve Bilgisayarlı Görü (Image Processing and Computer Vision)

Görüntü işleme ve bilgisayarlı görü, sayısal sistemlerin görsel verileri analiz ederek anlamlandırmasını sağlayan yöntemleri kapsar. Bu alanda geliştirilen algoritmalar, görüntüler veya video verileri içerisindeki nesnelere, yüzleri veya hareketleri algılayabilir.

Bu teknolojiler aşağıdaki alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır:

- tıbbi görüntü analizi
- güvenlik ve gözetim sistemleri
- otonom araçlar
- endüstriyel kalite kontrol
- biyometrik tanıma sistemleri

