

Yazılımcılar için Neuro-Symbolic AI

Yazılım Sistemlerinde Daha Akıllı Kararlar

Mert Yeter

Microsoft MVP (AI)



@m3rtyeter



/in/mertyeter



/mertyeter

#devnotsummit25

Sadece "Daha Fazla Veri" Neden Yeterli Değil?

Yüksek riskli kurumsal uygulamalarda ciddi sınırlamaları vardır.

Finans, sağlık, otonom sistemler gibi sektörlerde bir modelin sadece *doğru* olması yetmez; sonucuna *nasıl* ulaştığını da açıklayabilmesi gerekir.

Derin öğrenmenin doğasındaki **"kara kutu" (black box)** problemi, bu noktada önemli bir iş ve teknoloji riski oluşturmaktadır.

Bilişsel Model:

Daniel Kahneman'ın Sistem 1 ve Sistem 2 Düşüncesi

Sistem 1 (Hızlı Düşünme) → Nöral Ağlar

- Sezgisel, otomatik, bilinçsizdir.
- Yüz tanıma gibi örüntü tanıma görevlerini yapar.
- **İşlevi:** Hızlı ve sezgisel tahminler üretir.

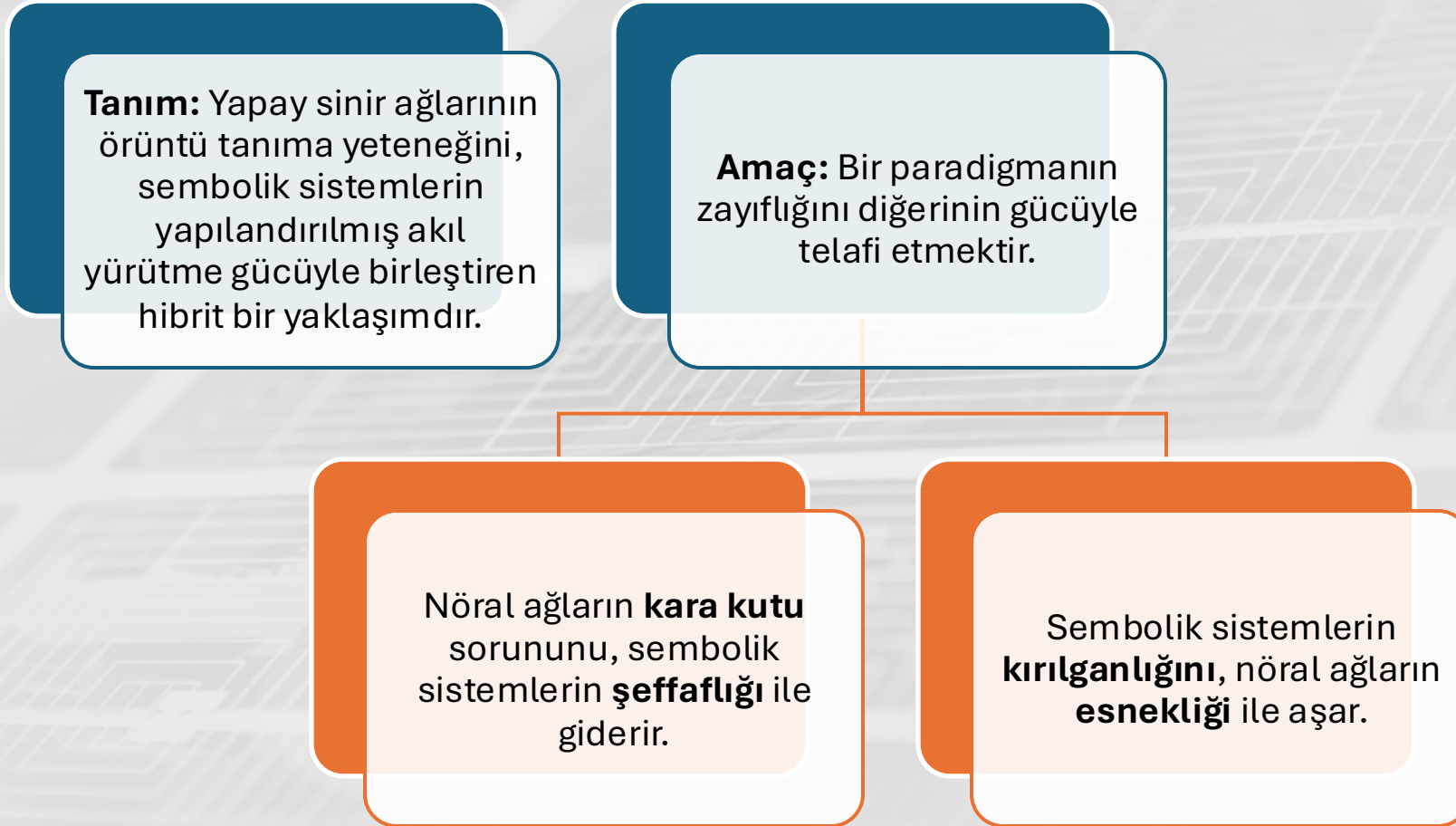
Sistem 2 (Yavaş Düşünme) → Sembolik Mantık

- Adım adım ilerleyen, bilinçli ve mantıksaldır.
- Karmaşık problemleri çözme, planlama ve doğrulama yapar.
- **İşlevi:** Mantıksal tutarlılığı kontrol eder ve bilinçli kararlar alır.

Symbolic vs Neural AI

Özellik	Symbolic AI (GOFAI)	Neural AI
Bilgi Temsili	Açık (explicit), insan tarafından okunabilir kurallar ve mantık	Örtük (implicit), ağırlık matrislerinde dağıtılmış örüntüler
Öğrenme Yaklaşımı	Yukarıdan aşağıya (Top-down), kural tabanlı	Aşağıdan yukarıya (Bottom-up), veri odaklı
Veri Gereksinimi	Minimal, uzman bilgisine dayanır	Çok büyük, etiketli veri setleri gerektirir
Yorumlanabilirlik	Yüksek, kararlar adım adım izlenebilir ("beyaz kutu")	Düşük, kararların nedeni anlaşılabilir ("kara kutu")
Belirsizlikle Başa Çıkma	Zayıf, kurallar katıdır ve gürültüye karşı kırılgandır	Güçlü, olasılıksal modellerle belirsizliği yönetir
Uygulama Alanları	Uzman sistemler, planlama, mantıksal ispat	Görüntü tanıma, doğal dil işleme, ses tanıma

Çözüm: Neuro-Symbolic AI



Avantajları



**GELİŞMİŞ YORUMLANABİLİRLİK
VE GÜVEN**



**VERİ VERİMLİLİĞİ (DATA
EFFICIENCY)**



**DAHA İYİ GENELLEŞTİRME VE
SAĞLAMLIK (ROBUSTNESS)**

Neuro-Symbolic Mimariler: Kautz'un Taksonomisi

Sinir ağıları ve sembolik mantığın entegrasyonu için teorik çerçeveler ve taksonomiler geliştirmiştir:

AAAI (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) 2020 Engelmores Lecture'da tanıttığı ünlü "Taxonomy of Neuro-Symbolic Architectures"



<https://www.cs.virginia.edu/~rmw7my/>

Henry Kautz
Professor of Computer Science,
University of Virginia

#devnotsummit25

Symbolic → Neural → Symbolic



Girdi ve çıktılar semboliktir, işlem nöral ağ ile yapılır. Genellikle metin tabanlı görevlerde, semboller vektör temsillere dönüştürülür, nöral ağ bu temsiller üzerinde çalışır ve sonuçlar tekrar sembole çevrilir.



GPT-4 / ChatGPT: Dilsel sembolleri (kelimeleri) vektörlere dönüştürür, sinirsel olarak işler ve çıktıyı tekrar sembolik cümleler hâline getirir.

Symbolic^{Neural}



Sembolik sistem, belirli alt görevler için nöral modüller kullanır. Nöral ağ sadece bir “yardımcı” işlevi görür (ör. algı, sınıflandırma).



AlphaGo / AlphaZero: Ana karar süreci (Monte Carlo Tree Search) semboliktir; taş pozisyonlarını değerlendiren nöral ağ, sembolik arama algoritmasına destek olur.

Neural → Symbolic

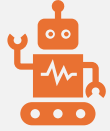


Nöral ağ ham veriyi (görüntü, ses vb.) sembolik temsillere dönüştürür; sembolik sistem bu temsilleri kullanarak çıkarım yapar.



Self-Driving Cars (Tesla, Waymo): Görüntüden nesneleri tanıyan nöral ağ, bunları “yaya”, “Işık kırmızı” gibi sembollere çevirir; sembolik planlayıcı güvenli rota kararını verir.

Neural: Symbolic → Neural



Sembolik bilgi, nöral ağın eğitimi için veri veya kural üretir.
Sembolik sistem, nöral modelin öğrenme sürecini yönlendirir.



Neuro-Symbolic Concept Learner (MIT-IBM Watson Lab):
Sembolik kurallar, görsel sahne anlama için nöral modele öğretici örnekler sağlar.

NeuralSymbolic (Tensorized Logic)



Sembolik bilgi doğrudan nöral temsile gömülür; mantıksal objeler ve ilişkiler vektör/tensör olarak temsil edilir.



Logic Tensor Networks (LTN), DeepProbLog: Mantıksal çıkarımı diferansiyellenebilir hale getirip nöral ağ içinde doğrudan temsil eder.

NeuralSymbolic



Nöral sistem içinde sembolik modül barındırır; gerektiğinde sembolik çıkarım veya hesaplama yapar.



ChatGPT + Araç Kullanımı (Code Interpreter, Wolfram Plugin): Dil modeli (nöral) gerektiğinde sembolik bir çözümleyiciyi (ör. matematik motoru) çağırarak mantıksal işlemleri yapar.

Kautz'un Taksonomisi (Özet)

Gösterim	Eşleştigi Mimari Tür	Açıklama (Özet)
Symbolic → Neural → Symbolic	Pipeline / Loose Coupling	Sembolik giriş-çıkış, nöral işlem çekirdeği.
Symbolic ^{Neural}	Embedded Submodule	Sembolik sistem içinde nöral modül gömülüdür.
Neural → Symbolic	Pipeline / Loose Coupling	Nöral sistem, sembolik sisteme veri besler.
Neural: Symbolic → Neural	Knowledge-Driven Training	Sembolik bilgi, nöral sistemin eğitiminde kullanılır.
NeuralSymbolic veya Neural{Symbolic}	Tensorized Logic / Embedded Logic	Sembolik bilgi doğrudan nöral ağın temsiline gömülür. {} yazımı tam olarak bunu ifade eder.
Neural ^{Symbolic}	Neural System with Symbolic Module	Nöral sistem içinde sembolik çözümleyici yer alır; LLM + mantıksal araç çağırma tipi hibrit.

Sağlık: Açıklanabilir Tıbbi Teşhis

Problem: Nöral ağlar hastalıkları yüksek doğrulukla tespit edebilir, ancak teşhisin "nedenini" açıklayamazlar. Bu durum doktorların güvenini ve yasal kullanımı engeller.

Neuro-Symbolic Çözüm:

- **Neural (Sistem 1):** Hasta verilerindeki (yaş, BMI vb.) karmaşık örüntüleri öğrenir.
- **Symbolic (Sistem 2):** "Eğer açlık kan şekeri > 126 mg/dL ise..." gibi tıbbi kılavuzlardan gelen katı kuralları sisteme entegre eder.

Sonuç: Hem daha yüksek doğruluk hem de doktorların anlayabileceği, kural tabanlı, **açıklanabilir teşhisler**.



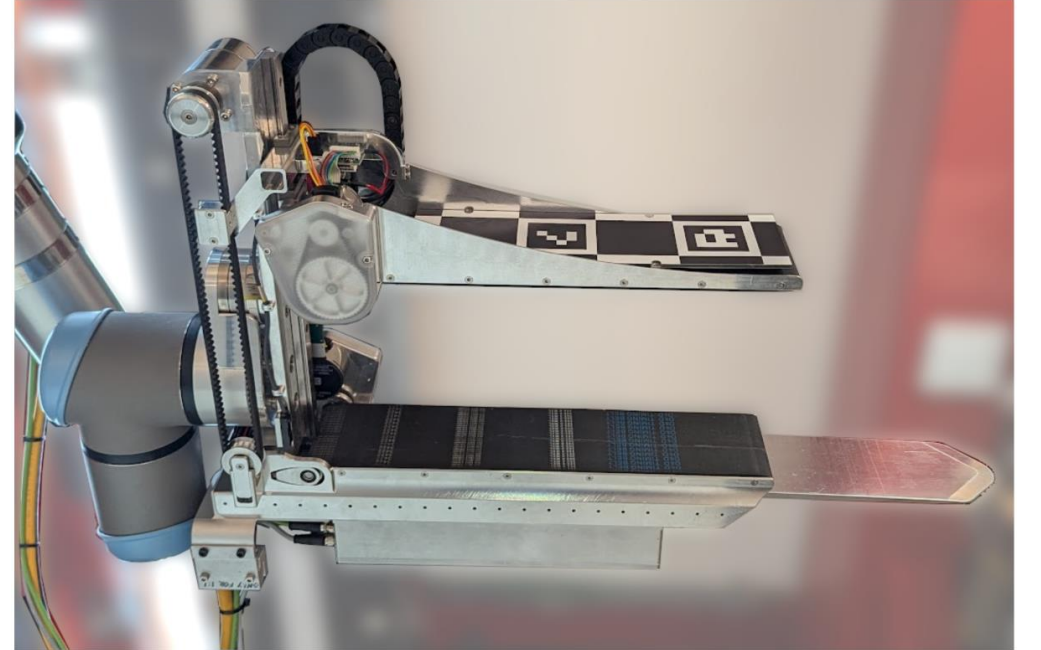
Robotik: Amazon'un Vulcan Robotu

Problem: Lojistik robotlarının, karmaşık ortamlarda milyonlarca farklı nesneyi güvenli bir şekilde manipüle etmesi gerekir.

Neuro-Symbolic Çözüm:

- **Neural Perception (Sistem 1):** Kameralar ile nesneleri tanır ve konumlarını belirler.
- **Symbolic Reasoning (Sistem 2):** Dokunma ve kuvvet sensörlerinden gelen veriye dayanarak, bir nesneyi yerleştirmek için ne kadar kuvvet uygulayacağını mantıksal kurallarla planlar.

Sonuç: Sadece "gören" değil, aynı zamanda "hisseden" ve "akıl yürüten" robotlar sayesinde depo verimliliği artar.



<https://www.amazon.science/blog/how-amazons-vulcan-robots-use-touch-to-plan-and-execute-motions>

Örnek Proje: Kredi Onay Sistemi

Problem: Kredi başvurularını otomatikleştirmek; hem geri ödeme olasılığını doğru tahmin etmek, hem de yasalara (ayrımcılık yapmama) ve katı iş kurallarına uymak.

1.Nöral Bileşen (Python): Başvuru verilerinden bir "risk skoru" üretir.

- **Eğitimde Sembolik Kısıt:** Modelin eğitime, "korunan özelliklere (örn. cinsiyet) göre karar vermeyi cezalandıran" bir **adillik kuralı** eklenir.

2.ONNX Aktarımı: Eğitilen "adil" model, ONNX formatına aktarılır.

3.Sembolik Bileşen (C#): ONNX'ten gelen risk skorunu alır ve bankanın katı iş kurallarını uygular.

- *"IF Risk Skoru < 0.8 AND Gelir > 50000 TL THEN Onayla"*.

DEMO

```
for object to mirror_mod.mirror_object =  
operation == "MIRROR_X":  
    mirror_mod.use_x = True  
    mirror_mod.use_y = False  
    mirror_mod.use_z = False  
operation == "MIRROR_Y":  
    mirror_mod.use_x = False  
    mirror_mod.use_y = True  
    mirror_mod.use_z = False  
operation == "MIRROR_Z":  
    mirror_mod.use_x = False  
    mirror_mod.use_y = False  
    mirror_mod.use_z = True
```

```
selection at the end -add  
mirror_ob.select= 1  
modifier_ob.select=1  
context.scene.objects.active  
("Selected" + str(modifier_ob.name))  
mirror_ob.select = 0  
= bpy.context.selected_object  
data.objects[one.name].select  
print("please select exactly one object")
```

-- OPERATOR CLASSES ----

```
bpy.types.Operator):  
    X mirror to the selected  
    object.mirror_mirror_x"  
    mirror X"
```

```
Dataset 'input/employers_data.csv' loaded successfully.
Target variable created. High salary threshold: 150000.00
Data prepared and split into training and testing sets.
```

```
--- Training Standard Model (Unmitigated) ---
```

```
Standard Model Results (By Group):
```

	accuracy	selection_rate
Gender		
Female	0.875000	0.190476
Male	0.850806	0.202285

```
--- Training Bias-Mitigated Model (Fairlearn GridSearch) ---
```

```
Bias-Mitigated Model Results (By Group):
```

	accuracy	selection_rate
Gender		
Female	0.882937	0.160053
Male	0.863575	0.162634

```
=====
--- COMPARISON OF RESULTS ---
=====
```

```
Overall Accuracy:
```

Standard Model	: 0.863
Bias-Mitigated Model	: 0.873

```
Selection Rates (High Earner Prediction Rate):
```

```
Standard Model:
```

Gender	
Female	0.190476
Male	0.202285

```
Name: selection_rate, dtype: float64
```

```
Bias-Mitigated Model:
```

Gender	
Female	0.160053
Male	0.162634

```
Name: selection_rate, dtype: float64
```

```
Disparity in Selection Rates:
```

Standard Model	: 0.012
Bias-Mitigated Model	: 0.003

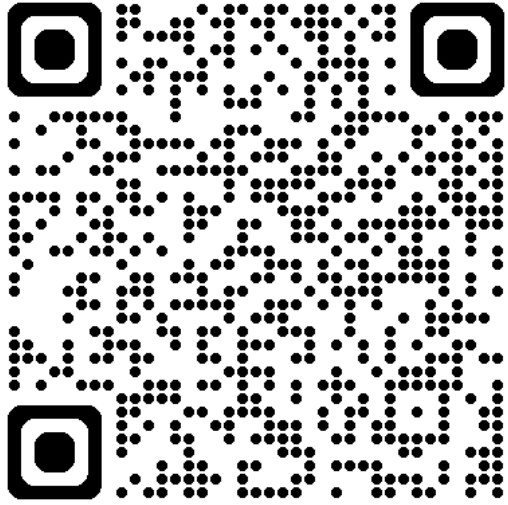
```
=====
```

```
Bias-mitigated model saved successfully to 'output/bias_mitigated_model.pth'.
```

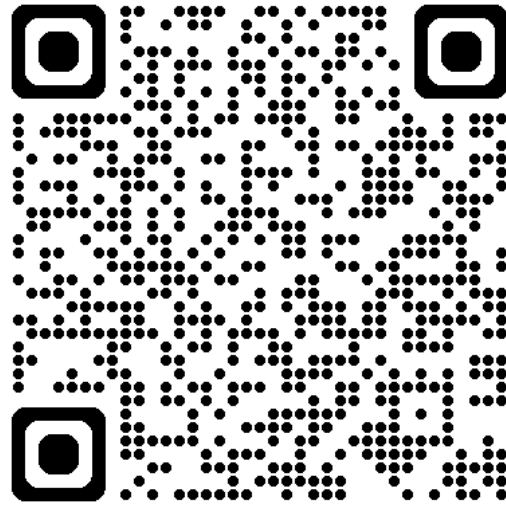
```
--- Exporting Bias-Mitigated Model to ONNX Format ---
```

```
Bias-mitigated model successfully exported to ONNX format at 'output/bias_mitigated_model.onnx'.
```

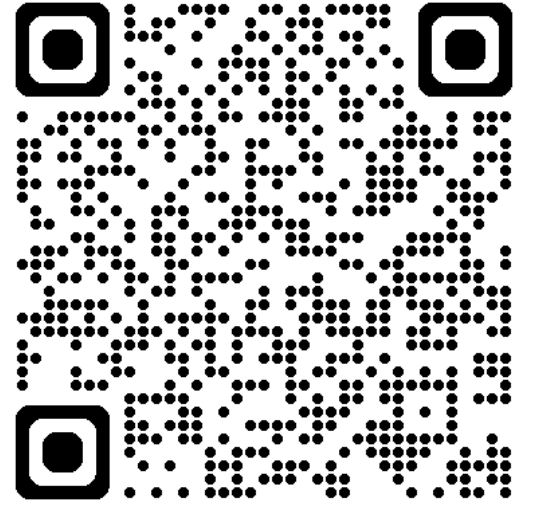
Kaynaklar



<https://fairlearn.org/>



Neuro-Symbolic
Artificial Intelligence
(arxiv.org)



Mapping the Neuro-Symbolic AI
Landscape by Architectures: A
Handbook on Augmenting Deep
Learning Through Symbolic
Reasoning (arxiv.org)