

Derleme

10.48070/erciyesakademi.1787010

Künye:

Cilt: 39(4)

Yıl: 2025

Sayfa: 1217-1231

 Zeynep Altan*

^a Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Beykent
Üniversitesi,
zeynepaltan@beykent.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi: 19.09.2025

Kabul Tarihi: 09.12.2025

Yayın Tarihi: 31.12.2025

Atıf:

Zeynep Altan (2025). Hinton ve
Anadol: Yapay Zekada Bilim-Sanat
Kesişiminde Karşılaştırmalı Bir
İnceleme . Erciyes Akademi, 39(4),
1217-1231.
[https://doi.org/10.48070/erciyesaka
demi.1787010](https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.1787010)

Hinton ve Anadol: Yapay Zekada Bilim-Sanat Kesişiminde Karşılaştırmalı Bir İnceleme

Öz

Derin öğrenme konusundaki çalışmalarıyla, 2018 Turing Ödülü'nü alan Geoffrey Hinton, yapay zekanın babası olarak tanınmaktadır. Hinton'un günümüz yapay zekâ uygulamalarına sinir ağları ve derin öğrenme alanındaki çalışmalarıyla büyük katkısı olmuştur. Hinton'ın çalışması, McCulloch ve Pitts'in nöron benzeri birimlerden oluşan ağların hesaplama yapabilmesine dayanır. Öğrenmenin olmadığı elle ayarlanan ağırlıkların ikili eşliğinden ve Rosenblatt'ın tek katmanlı öğrenme kurallı algılayıcısından yararlanan Hinton, çok katmanlı sistemlerde aktivasyon fonksiyonlarını tanımlayarak bu ağları uygulanabilir öğrenme mimarilerine dönüştürmüştür. Böylece, yapay zeka çalışmaları sembolik akıl yürütme yaklaşımları şeklinde devam ederken, Hinton 1980'li yıllarda geliştirdiği geriye yayılım modeliyle sinir ağlarını güncellemiş ve katmanlar halinde düzenlenmiş birbirine bağlı yeni işlem düğümlerini tanımlamıştır. Teknolojideki gelişmelerle hızla uygulanmaya başlayan bu sinir ağı modelleri, son yıllarda transformer yapısına dönüşmüştür. Günümüzde uygulamalar, büyük dil modelleri ve üretken yapay zeka paradigmatlarıyla yüksek hassaslıkta üretilmektedir.

Bazı sanatçılar yapay zeka modellerini eserlerini yaratmada bir araç olarak kullanarak yeni görüntü, müzik, video ya da metinler üretmektedir. Burada yapay zeka, sanatçı ile iş birliğinde olan yaratıcı ortak işlevi görerek eseri şekillendirir. Refik Anadol da bir gerçek dünya problemi ya da varlığı üzerinde çalışarak resim, video ve metinlerden oluşan büyük veri setlerini kamuya açık sergilere dönüştürmektedir. Yapay zeka, hava durumu, kentsel aktivite, beyin taramaları, arşivler, doğa kayıtları gibi verileri analiz eder, örüntüleri öğrenir ve görsel ve mekânsal deneyimler için yeniden sentezler. Ses ve ışık tuvallerine dönüşmüş soyutlamalar olarak ortaya çıkan çıktı, duyuşsal tasarımlara vurgu yapan canlı resimsel bir özdür.

Çalışmada farklı disiplinlerden iki uzman olan biri bilim insanı diğeri resim sanatçısının çalışmaları ve aralarındaki ilişkiler anlatılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Geoffrey Hinton, Refik Anadol, Derin Öğrenme, Büyük Dil Modeli, Biliş, Sanat



Hinton And Anadol: A Comparative Study at The Science-Art Intersection in Artificial Intelligence

Abstract

Geoffrey Hinton, who received the 2018 Turing Award for his work on deep learning, is known as the father of artificial intelligence. Hinton has made significant contributions to today's artificial intelligence applications through his work on neural networks and deep learning. Hinton's work is based on McCulloch and Pitts's understanding of the computational capabilities of networks composed of neuron-like units. Leveraging this dual threshold of manually adjusted weights without learning and Rosenblatt's single-layer learning rule perceptron, Hinton

Screened by



Except where otherwise noted, content
in this article is licensed under a
Creative Commons 4.0 International
license. Icons by Font Awesome.

transformed these networks into viable learning architectures by defining activation functions in multilayer systems. Thus, while artificial intelligence studies continued in the form of symbolic reasoning approaches, Hinton updated neural networks with the backpropagation model he developed in the 1980s and defined new interconnected processing nodes arranged in layers. Neural network models, which have begun to be rapidly implemented with advances in technology, have evolved into transformer structures in recent years. Today, applications are produced with high precision using large language models and generative artificial intelligence paradigms.

Some artists use artificial intelligence models as a tool in creating their artworks, producing new images, music, videos, or texts. Here, artificial intelligence acts as a creative partner in collaboration with the artist, shaping the work. Refik Anadol, working on a real-world problem or entity, transforms large datasets consisting of images, videos, and text into public exhibitions. Artificial intelligence analyzes data such as weather, urban activity, brain scans, archives, and nature recordings, learns patterns, and resynthesizes them into visual and spatial experiences. The resulting abstractions, transformed into canvases of sound and light, are a vibrant pictorial essence that emphasizes sensory designs.

This study explores the work of two experts from different disciplines, one a scientist and the other an artist, and the relationships between them.

Keywords: Geoffrey Hinton, Refik Anadol, Deep Learning, Large Language Model, Cognition, Art



Giriş

Yapay zekanın sadece bilimsel araştırmalar ve teknolojiyle sınırlı kalmayıp, sanattan eğitime kadar günlük yaşamın hemen hemen her alanında yer alması, bu disiplinin devasa etki alanının önemli bir göstergesidir (Then, 2023). Geoffrey Hinton, derin öğrenmenin temel bilimsel prensipleriyle ilgili olarak yapay zeka ile doğal dilin mantığını anlamlandırmanın önemini açıklarken; Refik Anadol, yapay zekayı kullanarak büyük veri setleriyle sanatı birleştirmekte ve doğadan ilham alan görsel eserler üretmektedir. Diğer taraftan Hinton, son gelişmelerle yapay zekanın yanlış uygulamalarının tehlikeli sonuçlar doğurabileceğine de dikkat çekmektedir (Hinton, 2023, 42:29). Anadol ise çalışmalarında, örneğin doğa verilerini topladığı projesinde, Google, NVIDIA gibi büyük firmalarla iş birliği yaparak sürdürülebilirliği öne çıkartan etik bir yaklaşım sergilemektedir (Anadol, 2024, 38:20). Böylece yapay zekanın etik ve toplumsal etkileri bağlamında Hinton otonom silahlar gibi tartışma yaratan konulara karşı bir duruş sergilerken, Anadol kültürel ve toplumsal değerleri sanat eserlerine yansıtarak yapay zekayı bir sanat formuna dönüştürmektedir.

Yapay zekanın sanatla ilişkisini kültürel birikimler ve tarihî arşivlerle yorumlayan Anadol, bilgiyi yalnızca veri olarak değil, insana ait anılar olarak ele alarak makinelerin öğrenme kapasitelerini sorgulamaktadır (Anadol, 2024). Eserlerinin üretiminde kullanılan veri setlerinin Türkçe etiketlendiğini bildiren Anadol, kullandığı modellerdeki eğitim süreçleriyle Türkçe dil işleme örneklerini zenginleştirmektedir (Anadol, 2024, 38:20); böylece görsel, işitsel ve metinsel verilerle ve de doğal dil işlemenin katkısıyla resim sanatına ilişkin çağdaş eserler yaratmaktadır. Bu eserler gerek ulusal gerekse uluslararası projelerde yaşayan üç boyutlu dijital yapıtlar olarak Hinton'un öncülüğünü yaptığı yapay sinir ağları modelleriyle gerçekleştirilmektedir.

1950-1970 yılları arasında yapay zekanın erken dönem araştırmalarından en önemlileri psikoterapist sohbet programı ELIZA (Weizenbaum, 1966), SHRDLU ile 1960'ların sonunda sınırlı sayıda alanda anlamsal çözümleme fikrinin doğuşu (Winograd, 1971) ve nöronların elektriksel özelliklerinin modern anlamda açıklandığı sinir ağlarının (Minsky & Papert, 1988) tanımıydı. Aynı yıllarda nöronların elektrik sinyallerini kullanarak birbirleriyle iletişimi Hinton ve ekibi tarafından uygulamaya dönüştürüldü (Rumelhart vd., 1986). Yapay zekanın erken dönemlerinde insanoğlunun bilişsel işlevlerinin tümünden sorumlu olan beynin matematiksel olarak ifade edilebilmesi, insanlığın anılarını ve hayallerini analiz eden Anadol'un ürettiği sanat eserleriyle somut uygulamalara dönüşmüştür.

1890 yılında Santiago Ramón y Cajal, sinirbilimin temellerini tıp alanında atmıştı (Cajal, 2025). Buradan, sinir sisteminin sürekli bir ağdan değil, bağımsız hücrelerden oluştuğu fikri 19. yüzyılın sonunda doğdu. Yapay zekanın erken dönemleri McCulloch ve Pitts'in (1943) tanımladığı sinirbilim modeli betimlemesinden, diğer bir ifade ile biyolojik bir nöronun yapay matematiksel ifadesinden etkilenmiştir. Sinirsel aktiviteye ilişkin bildirimlerin mantıksal hesaplaması olan algılayıcılara ilişkin uygulama ise, retinanın çalışma prensibiyle açıklanmıştı (Rosenblatt, 1958). Çalışmada optik desenlere dürtülerle yanıt veren bir algılayıcının, etkileşim alanında birbirleriyle ilişkili hücrelerdeki tepkilerin iletimine benzer davranışları olduğu görüldü. Aslında o yıllarda karmaşık mantıksal işlevlerin basit açma-kapama birimleriyle gösterimi gerek anahtarlama teorisi gerekse sayısal bilgisayarların gelişimine önemli katkılar sağlamıştı ve çok sayıda beyin modelini mantıksal düzeneklerle tasarlamada sembolik mantığın önemli etkisi oluyordu. Neocognitron, giriş konumlarından bağımsız olarak desenleri, örneğin rakamları, tanımak üzere tasarlanmış katmanlı bir sinir ağıdır (Fukushima, 1980). Çalışma, Evrimsel Sinir Ağlarının kapısını açan S/C katmanı fikrine öncülük etmiştir. Model, görsel kortekste bulunan hiyerarşik işlemeyi taklit eder. Konum değişikliklerine dayanıklıdır ve etiketli denetim yerine öz-organizasyonla oluşturulmuş öğrenme özelliklerine sahiptir. Neocognitron ile dönüşümün değişmezliğini veren mekanizma modellenir. Orijini Fukushima'nın çalışmasına dayanan Evrimsel Sinir Ağları günümüzde sağlık alanında, değişken hasta konumlandırması için kritik öneme sahip dönüştürücü gücüyle X-ışınlarını, bilgisayarlı tomografiyi ve doku patolojisini yorumlar. Otonom sistemlerde algı yığınları, şerit, engel ve işaret tespitleri evrimsel modellerle gerçekleştirilir. Astronomi alanında ve uzaktan algılama problemlerinde, büyük görüntüler üzerinde efektif yerel desen tespiti gerçekleştirilir. Ticari uygulamalarda ise, ürün tanıma, içerik denetimi ve görsel aramalar evrimsel ağların hiyerarşik özelliklerine ve havuzlamalara dayandırılır.

Rumelhart vd. (1986), çok katmanlı ağlarda dağıtılmış işlemeyi temel özellikleriyle tanımlayarak herhangi bir giriş kalıbından uygun çıktı kalıbını ürettirir. Bu ağ yapısında giriş bilgisi, bir ara (gizli) katmanda yeniden kodlanmakta ve çıktı bu ara gösterim tarafından üretilmekteydi. Yeterli sayıda ara birim bulunuyorsa, giriş desenleri her koşulda kodlanabiliyordu. Görev alanının kritik özelliklerine sahip bu ara birimlerin diziliş düzenindeki ağırlık ayarlamalarıyla sonuçlar değişiyordu. Geriye yayılım tekniği olarak adlandırılan bu yeni model, Rosenblatt'ın tanımladığı algılayıcı kavramı temelinde tasarlanmıştı. Algılayıcı-yakınsama algoritması olarak adlandırılan bu modelde veriler iki gruba ayrılmakta ve en uygun ayrımın yoluna algılayıcı tarafından karar verilmekteydi. Günümüzde ise nöron benzeri birimlerden oluşan ağların öğrenme sürecinde, ağdaki bağlantıların ağırlıkları her düzeyde yeniden ayarlanarak, ağın gerçek çıktı vektörü ile istenen çıktı vektörü arasındaki farkın ölçüsü en aza indirilmektedir.

Yapay zeka, hem mantık yolu ile akıl yürüterek sembolik ifadelerin betimlendiği çıkarım kurallarını kullanır, hem de verilerden öğrenerek zekanın özünü betimleyen beyinden esinlenir. Mantıkla ifade edildiğinde bilgi biçimselleştirilir; herhangi bir anlam ifade etmeyen bir sembol diğer sembollerle ilişkilendirilerek yorumlanabilen grafik bir yapıya dönüştürülür. Sembolik sistemlerin etkileri insan-makine etkileşiminde alt-sembolik sistemlerle devam etmiş ve sembolik sistemlere alternatif olarak derin öğrenmede başarılı uygulamalar geliştirilmiştir (Bengio vd, 2021). Bu etkileşimin yapay sinir ağıyla benzetimi, herhangi bir bağlantının optimizasyonu için kuralların tanımlanması ve çözüme beyinden öğrenerek ulaşılmasıdır. Bunun için, iletişimi sağlayan sistemin dışındaki semboller, sinirsel aktivitenin iç vektörlerine dönüştürülür ve sembollerin dizilişinden oluşan yapı modellenerek öğrenme gerçekleşir. Bu tür uygulamaların geçmişi araştırıldığında, genel derin ağ mimarisinin ilk olarak Ivakhnenko ve Lapa (1966) tarafından tasarlandığı, önceki katmanlardan sonraki katmanlara geçişin regresyon analiziyle gerçekleştirildiği görülür. O yılların çalışmalarında derin öğrenme sinir ağı ifadesi kullanılmamış, ama tasarlanan sistemler aşamalı ve dağıtık yapılarıyla giriş verilerinin betimlemelerini modelin düğümlerinde gerçekleştirmiştir. Bu tasarım biçiminin, 1986 yılında metni sese dönüştüren geriye yayılım uygulaması NETtalk sistemi ile benzerliği rastlantı değildir (Sejnowski & Rosenberg, 1986). NETtalk projesi, ilgili harfin söylenişini veren bir ses birimi kodunu çıktı olarak üretmekteydi.

Çalışmanın araştırma sorusu:

Geoffrey Hinton'ın yapay sinir ağı algoritmalarına yaptığı bilimsel katkılar, Refik Anadol'un yapay zeka odaklı sanatını estetik ve işlevsel olarak nasıl şekillendirmiştir?

olarak belirlenmiştir.

Çalışmada üç hipotez tanımı yapılmaktadır. H1 hipotezi ile yaklaşımların yakınsaması, hedeflerin ayrışması belirtilir. H2 hipotezi ile yorumlanabilirlik kavramlarının farklılığı ifade edilir. H3 hipotezi ile farklı şekillerde düzenlenmiş verinin alt yapı olarak paylaşılması verilir.

H1: Hem Hinton, hem de Anadol çalışmalarını benzer yapay zeka altyapılarına dayandırır. Ama başarı kriterleri farklılık gösterir. Hinton, öngörücü performansa ve açıklamada tutarlılığa öncelik verirken, Anadol deneysel etkileşime ve kültürel değerlere öncelik vermektedir.

H2: Yorumlanabilirliğin bilimsel açıklaması, modelin şeffaflığı ve nedensel içgörü olarak verilir. Oya yorumlanabilirlik sanat alanında, algısal okunabilirlik ve duygusal tutarlılıktır. Hedefler farklı olmasına rağmen her iki disiplin gizli yapıları algılayabilmek üzere benzer teknikler kullanır.

H3: Hem Hinton, hem de Anadol için veri temel materyal olmasına rağmen her ikisinin düzenleme stratejileri farklıdır. Hinton, temsil edebilme gücünü ve istatistiksel faydayı optimize eder; Anadol ise anlamsal yankılanma, duygusal zenginlik ve mekâna özgü anlatıyı düzenler.

Çalışmanın sonraki bölümünde bu alana katkı sağlayan önemli çalışmalardan seçkiler anlatıldıktan sonra, Hinton ve Hopfield'e 2024 Nobel Fizik Ödülünü paylaştıran süreçler ve çalışmalarının günümüz dünyasına katkıları anlatılmaktadır. Bu bölümde sinir ağlarının çok disiplinli çalışmalara teknolojik katkıları ve resim sanatındaki kullanımları özellikle Refik Anadol'un eserleri üzerinden araştırılmaktadır. Çalışma karşılaştırmaların yapıldığı, endişelerin belirtildiği ve geleceğin yönelimlerinin anlatıldığı Sonuçlar ve Değerlendirmeler bölümü ile tamamlanmaktadır.

A. MEVCUT ÇALIŞMALARDAN ÖRNEKLER

Bir kelime ya da cümlelerin devamının model tarafından tahmin edilerek tamamlamasına "otomatik tamamlama" denir. Kullanılan model metnin içeriğini anlayarak, kullanıcının yazmakta olduğu kelimenin ya da cümlelerin devamı ile ilgili öngörülerde bulunabilir. Otomatik tamamlama ile son kelimenin tahmin edilmesi Andrey Markov'un stokastik bir model olan Markov zinciri ile hesaplanmaktadır (Foster, 1952). Sözcük tahminlerinin Markov varsayımına göre yapılması Dil Modelleme olarak adlandırılır. Bu tür Doğal Dil İşleme çalışmaları son yıllarda Büyük Dil Modellerine dönüşmüştür. Transformer mimarisiyle geliştirilmiş olan bu modeller, metnin uzak aralıklarındaki sözcük bağımlılıklarını daha efektif yakalayarak kelimenin doğru tahmin edilmesini sağlamaktadır (Tahery & Farzi, 2020). Örneğin LSTM (long short-term memory) mimarisiyle, dilin farklı formlardaki işleyişine odaklanılarak farklı görevler için birbirleriyle ilişkili çeşitli çözümler üretilebilir (Hochreiter & Schmidhuber, 1997).

Diğer taraftan, Giriş Bölümünde de açıklandığı üzere Hinton ve ekibinin 1986 yılında yayınladıkları meşhur çalışmaları, gradyan tabanlı öğrenmeyle optimize edilmiş, giriş parametrelerine göre bir katmanın çıktısının ideal şekilde belirlendiği değişimler modern yapay zekanın omurgasını oluşturmuştur (Rumelhart, vd., 1986). Hata gradyanlarını yayarak çok katmanlı sinir ağlarını eğiten bu pratik ve genel geri yayılım algoritması, içsel ve dağıtılmış gösterimlerle öğrenmeyi doğrusal modellerin ötesinde karmaşık fonksiyon yaklaşımları ile gerçekleştirmiştir. Refik Anadol eserlerini, büyük ölçekli görsel, işitsel ya da çevresel veri kümelerinin eğitildiği sinir ağlarıyla bu modeli kullanarak üretmektedir.

Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space (2013) isimli çalışma, büyük metin koleksiyonlarında sık bulunan kelimeleri öğrenmek üzere sinirsel yöntemlerden word2vec kullanır. Hedef kelimenin çevresindeki bağlamdan tahmin edilmesi CBOW (Continuous Bag of Words) ve hedef kelimeden çevresindeki bağlam kelimelerinin tahmin edilmesi Skip-gram literatüre önemli katkıları olmuş iki mimari tasarımıdır (Mikolov vd., 2013).

Öğrenme algoritmalarına ilişkin ağ modellerinin performanslarının optimizasyonu için, modelin eğitiminin ilk aşamalarında gradyan bilgisinden yoğun olarak yararlandığı bilinmektedir (Lall & Lall, 2024). Bu tekniğin güçlü ve zayıf yönlerinin açık olarak ifadesi oldukça zor olmasına rağmen “gradyan azalması” kara kutu optimizasyon algoritmalarında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Hinton ve Salakhutdinov da (2006) çalışmalarında, çok katmanlı bir sinir ağını eğiterek büyük boyutlu verileri düşük boyutlu kodlara dönüştürmüşlerdir. Bunu gerçekleştirebilmek için koşul sadece problemin başlangıçtaki ağırlık değerlerinin iyi bir çözüme yakınsamasıydı. Sonuç, otokodlayıcı ağlardaki ağırlıkların ince ayarı için “gradyan azalması” tekniğinin kullanılması ve bunlar denetimsiz öğrenme algoritmalarına uygulanması oldu (Erhan vd., 2010). Efektif çözümün, derin otokodlayıcı ağlar olduğunun gösterilmesiyle, önceki çalışmalarda veri boyutunu doğrusal olarak azaltan “temel bileşen analizinden” (Jolliffe, 2002) daha iyi sonuçlar elde edildiği görüldü.

Bilgisayarların hızlandığı, veri setlerinin yeterince büyüdüğü ve başlangıç ağırlıklarının iyi bir çözüm için uygun koşulları sağladığı 80’li yıllardan itibaren mevcut veriyi sıkıştırıp olabildiğince az kayıpla tekrar üreten derin doğrusal otokodlayıcılar kullanılmaktadır (Plaut, 2018). Otokodlayıcı uygulaması girdisinin yeniden yapılandırılmak üzere eğitildiği sinir ağı şeklinde, Rumelhart ve ekibi (1986) tarafından gerçekleştirildi. Bu ağ, kümelemenin yapıldığı farklı çıkarımlar için verilerle ilgili bilgilendirici betimlemeleri denetimsiz olarak öğrenir. Sinir ağlarının o dönemlerde en yaygın kullanımının doğrusal işlemlerin yapıldığı otokodlayıcılar olduğu bilinmektedir (Baldi & Hornik, 1989).

Hem kodlayıcı hem de kod çözücü düzeylerde çok sayıda tabakadan oluşan derin otokodlayıcı ağlar çoklu gizli katmanlar oluşturarak soyut ve olabildiğince anlamlı özellikler çıkarır. Geriye yayılımın doğrusal olmayan boyut azaltma etkisiyle Hinton ve ekibi tarafından o dönemlerde yapılan çalışmalar bugünkü yapay zeka araçlarının geliştirilmesine öncü nitelikte olmuştur.

Markov’un dil modelleme yaklaşımı, bir kelimenin ya da sembolün önceki kelimelere ya da sembollere göre tahmin edilmesiyle, Hinton’un sinir ağı yaklaşımının, çok daha karmaşık ve uzun içerikli bağımlılıkları öğrenebilecek şekilde evrimleştiği görülmektedir. Aslında her iki model de dilin dinamiklerini tahmin etmeye yöneliktir; ancak derin öğrenme modelleri, bugünün yapay zeka modellerindeki gibi bu tahminleri daha geniş bir bağlamda ve daha gelişmiş öğrenme stratejileriyle yapmaktadır. Örneğin, Hinton’un söyleşisindeki (Hinton, 2023, 42:29) “The trophy would not fit in the suitcase because it was too big” cümlesi Fransızcaya çevrilirken “it” zamirinin “trophy” sözcüğüne karşılık gelmesi gerekirken, dilin özelliği nedeni ile, “suitcase” sözcüğüne atıf yapıldığı görülmektedir. Bu, doğal dil işlemede anlam çıkarma ve bağlamı doğru değerlendirme sürecindeki karmaşıklığı açık olarak gösteren bir cümle örneğidir. Hinton, dil çevirilerindeki belirsizliklere verdiği bu örnekle, bir cümlemin anlamını doğru şekilde çözümleyebilmek için dilin işlenmesinde bağlamsal analiz ile semantik ilişkilerin eşzamanlı yürütülmesinin önemini ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle, herhangi bir çevirinin doğru yapılabilmesi için, modelin dilde eril ve dişil isim farkını anlayarak cümledeki mantığı ve bağlamı kavraması gerekir. Hinton, cümlemin öğelerine ayrılmasında sözdizimsel çözümlemenin, bağımlılığın ayrıştırılmasında ise anlamsal çözümlemenin önemini çalışmalarında sürekli vurgulamıştır.

Transformer mimarisi “The trophy would not fit in the suitcase because it was too big” cümlesindeki “it” sözcüğündeki belirsizliğini birkaç adımda gerçekleştirir (Vaswani, vd., 2023). Öz dikkat (self-attention) ile “it” belirteci için diğer tüm belirteçlerin anahtarlarını puanlayan bir sorgu oluşturulur. Referans sözcük olabilecek kelimelere yüksek ağırlık değerleri atanır ve belirteçlerin değerleri karıştırılarak uymayan şeyin değiştirilmesi kodlanır. Çok başlı dikkat (multi ahead attention) ile, problem farklı bakış açılarından değerlendirilir. Bazı başlıklarda sözdizimi vurgulanırken, diğerlerinde anlambilim aranabilir. Başlıkların birleştirilmesiyle, “it” zamirinin “trophy” sözcüğü ile uyumlu olduğu çıkarımı yapılır. Sonuç olarak, katmanlı iyileştirmelerle doğru sonuca ulaşılması olasılığı hızla yükselmektedir.

Wang ve Wyble (2024) çalışmalarında Hopfield (Alonso, 2024) ve Hinton’un sinir ağlarına yaptıkları katkıyı tarihsel süreç içerisinde anlatmakta ve bunun görsel sanatlar gibi diğer disiplinlere uyarlamalarını yapay zekanın geleceği bağlamında incelemektedir. Deneyimlerin aktarıldığı bu

makalede 90'lı yıllarda öğrenciyken başlatılan teorik çalışmalara, 2000'li yıllarda 2B'lu objelerle gerçekleştirilen uygulamalar eklenmiş; bu çalışmaları 2010'lu yıllarda görüntülerin yapay sinir ağlarıyla sınıflandırmaları izlemiştir. O zamana kadar çözümlenmemiş olan sınıflandırma problemine, önceden tanımlı bir sözlükten terimlerin alınmasıyla açıklamalar eklenmiştir. Bu tür problemlerin 2010'lu yılların teknolojisiyle çözümlenebilmesi oldukça zor olduğu için Wang ve Wyble çalıştıkları laboratuvarındaki bilgisayarların kapasitelerini de yazmıştır. O dönemin koşullarından günümüze gelindiğinde, yapay zekanın günümüzde ve gelecekteki ilgi alanlarıyla ilgili olarak iklim değişikliği, halk sağlığı krizleri, yoksulluk, gıda güvenliği, çevre kirliliği, ruh sağlığı ve eğitim gibi birbirinden farklı pek çok disipline ait problem örnek olarak verilebilir. Çözüm ise yapay zeka çalışmalarında günümüz olanaklarından doğru olarak yararlanılmasında yatmaktadır. Aynı makalede yapay zekanın yenilikçilik bakış açısından sanata yaptığı katkılardan da örnekler verilmektedir.

B. HINTON VE HOPFIELD'İN KATKILARI

Hinton'un günümüzün akıllı sistemlerine en önemli katkısı sinir ağları ve derin öğrenme alanlarındaki çalışmalarıyla olmuştur. Yapay zeka uygulamalarına yönelik çalışmalar 1980'li yıllarda sembolik akıl yürütme yaklaşımları şeklinde devam ederken (Russell & Norvig, 2022), Hinton insan beyninin yapısından esinlenerek geliştirdiği yeni bir model olan yapay sinir ağları kavramını ortaya atmıştır. Sinir ağları bir hesaplama modeli olarak katmanlar halinde düzenlenmiş birbirine bağlı işleme düğümlerinden oluşur. Teknolojinin gelişmesiyle hızla uygulamaya dönüşen sinir ağı modelleri 2020'li yıllardan itibaren insanlığa transformer devrimini yaşatmaktadır; büyük dil modelleri ve üretken yapay zeka paradigmaları ve sürekli gelişen versiyonlarıyla yeni uygulamalar üretilmektedir (Gupta vd., 2024).

John Hopfield (1982), yapay zekanın bugünkü devasa boyutlarının tahmin edilemediği 1980'li yıllarda sinir ağları konusunda yaptığı çalışmalarla tanınmaktadır; ruhsal araştırmalar, biyoloji ve sinirbilim bulgularını birleştirerek elde ettiği verilerden oluşturduğu desenleri işlemek üzere kendi adını verdiği Hopfield Ağını tanımlamıştır. Hinton ise Hopfield'in bu çalışmasını, büyük veri kümelerindeki desenleri tanımlamak üzere Boltzmann Makinesi adını verdiği ağı oluşturmada kullanmıştır (Ackley vd., 1985). Hinton'ın sınırlı Boltzmann Makineleri üzerindeki çalışmaları devam ederek denetimsiz öğrenme modellerine ait uygulamaların gelişmesinde önemli rol oynamış; sonunda derin inanç ağları geliştirilmiştir (Hinton vd., 2006; Hua vd., 2015). Derin inanç ağlarıyla verilerin hiyerarşik dizilişleri kolaylıkla öğrenilebiliyordu; böylece bu ağlar zamanla boyut azaltmada ve özellik öğrenmede güçlü araçlar haline geldi. Günümüzde milyonlarca parametre ve çok sayıda gizli katmana sahip derin ağlarda, parametre kümesini hızlı bir şekilde bulabilen açgözlü öğrenme algoritması (Barron vd., 2008) yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu algoritma denetimsiz olmasına rağmen hem etiket hem de veri üreten bir modeli öğrenerek etiketlenmiş verilere de uygulanabilir. Açgözlü öğrenme algoritması, Hinton'un çalışmasında kullandığı MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology), veri tabanında elle yazılmış rakamları oldukça yüksek performansla öğrenen üretici modele ait bir ince ayar algoritmasıdır. Bu üretici model, derin gizli katmanlarda dağıtılmış gösterimleri yorumlamayı kolaylaştırmaktadır.

Özet olarak Hinton, geriye yayılım algoritmasını tanımlayarak yapay sinir ağları konusundaki büyük devrimin yaratıcısı olmuştur. Geriye yayılım, tahmin edilen ve gerçek çıktılar arasındaki hatayı en etkin şekilde minimuma indirerek çok katmanlı sinir ağlarının eğitimi mümkün kılmış; böylece derin öğrenmenin modern çağı başlamıştır. Hinton'un derin öğrenme modellerinin gelişmiş öğrenme stratejilerine evrilmesinin orijinalinde Andrey Markov'un 1906 yılında yayınladığı stokastik süreçler (Seneta, 2006), örneğin bir dile ait herhangi bir sözcüğün tahmini yatmaktadır. Markov'un yaklaşımı, herhangi bir sembolün önceki sembollere bağlı olarak tahmin edilmesi üzerine tanımlanmışken (Goswami, 2020), Hinton'un sinir ağı yaklaşımı, daha karmaşık ve daha uzun bağımlılıkları öğrenmek üzere geliştirilmiştir.

1. Çok Disiplinli Çalışmalara Teknolojik ve Sanatsal Katkılar

Hopfield ve Hinton'un çalışmaları, makinelerin görüntüleri sınıflandırmak üzere tasarlandığı ilk uygulamalardandır. Bunlar, günümüzde büyük veri depolarında kümelenmiş olan görüntü ve desenlerden hızlı öğrenimlerle modern yapay zeka modellerinin geliştirilmesini sağlamıştır. 2024

yılında Nobel Fizik Ödülünü paylaşan bu iki bilim insanının çığır açan çalışmaları, yapay zeka çalışmalarını devrimsel nitelikte değiştirmiş ve yeni nesillere ilham kaynağı olmuştur.

Hinton, yapay sinir ağlarının çok büyük veri setleriyle beslenerek, sadece karmaşık görevlerin başarıyla tamamlayabileceğini değil aynı zamanda bunların tehlikelerini de çalışmalarının başında fark eden az sayıda bilim insanından biridir. Kullanılan algoritmalar devasa kapasiteleriyle doğru çözümler üretmeyi sürdürmektedir. Hinton bu başarısını istatistiksel örüntülere, öğrenmeye, sembolik işlemeye ve optimizasyona dayandırmaktadır.

Evrşimsel sinir ağı modellerinin işlevselliği, geriye yayılım ile birden fazla sinir katmanını istifleyerek giriş verilerinden giderek daha soyut özellikler çıkartılabilmesidir (Krizhevsky vd., 2017). Hinton, geleneksel evrşimsel sinir ağlarının bazı kısıtlamalarını çözümlmek üzere, diğer bir ifade ile nesneler arasındaki uzamsal hiyerarşileri ve bunlar arasındaki ilişkileri hesaplarken evrşimsel ağların yetersizliğine çözüm olarak kapsül ağlarını tanımlamıştır (Sabour vd., 2017).

Hopfield ve Hinton'un sinir ağı devrimi sadece örüntü tanıma alanında değil aynı zamanda bellek optimizasyonu gibi bilişsel süreçleri de modellemeye yönelik ilk çalışmalarıdır. O yıllardaki bu keşifler, örneğin uzun kısa süreli bellek ağları ve kapılı yinelemeli birimler, geçitli tekrarlayan birim olarak adlandırılan modern ağları etkileyerek sinir ağlarının bugünkü uygulamalarına temel oluşturmuştur. Transformer mimarisi, kontrastlı dil-imaj ön eğitimi, difüzyon modelleri yapay sinir ağlarının yeniden canlandırdığı metodolojilerden sadece birkaçıdır.

Sanat dünyasında sinir ağları görsel, işitsel ve çok modlu işler yaratır, bunları dönüştürür ve düzenler. Pratikte sanatçılar görsel, müzik ya da video kullanarak sıfırdan üretim yaparlar; fotoğraftan resme ya da sesten stile aktarım ya da çeviri gerçekleştirirler; istem yönlendirmeli ya da brush/ mask yönlendirmeli interaktif kurgular ve kontrolünü sağlar; bir stili, konuyu veya sesin öğrenilmesini kişiselleştirir estetik, kümeleme, geri alma gibi küratörlük ve analizler gerçekleştirir.

Derin Sinir Ağları, görüntü ve videolar halinde görsel sanatlarda sentezleme ve düzenlemede kullanılır. Bir fotoğraf referans alınan bir sanat eserinin "stiline", örneğin bir Monet tablosuna dönüştürülebilir. Bu eserler, Evrşimsel Sinir Ağlarıyla (Convolutional Neural Network) tanımlanmış özelliklerin algısal kayıplarıyla birlikte eşleştirilmiş ya da eşleştirilememiş dönüşümleriyle üretilir. Gatys stil aktarımı (Gatys vd., 2016), Johnson ve Ulyanov hızlı stil aktarımı (Johnson, vd., 2016; Ulyanov, 2016), pix2pix (Isola vd., 2018) ve CycleGAN (Zhu vd., 2017) bu dönüştürme araçlarının altyapısını oluşturmuştur. Bu araçların kullanıldığı uygulamalar, illüstrasyon için canlı stilizasyon kanallarının oluşturulması, veri kümesi genelinde görsel kimliklerin birleştirilmesi, canlı performanslar için gerçek zamanlı video stilizasyonları verilebilir.

Yüksek kalitede fotoğraflar Çekişmeli Üretici Ağlarla (Generative Adversial Networks) (Karras, vd., 2021), görüntülerin ayrı gizli öğelere kodlanması Varyasyonel Otomatik Kodlayıcılarla (Variational Autoencoder) (Crowson, vd, 2022), metinden görsel oluşturan DALL-E uygulamaları Otoregresif Dönüştürücülerle (Autoregressive) Transformers) (Murahari vd., 2021) başarıyla üretilmektedir. Bu modeller, konsept tasarımında (kavramsal tasarım), referans/stil panolarının (moodboards) oluşturulmasında, senaryoda ya da kurguda hikâyenin temel duraklarının (storybeats) belirlenmesinde, gerçeküstü kompozisyonların ve kolajların oluşturulmasında ya da fotoğraf düzenleme alternatiflerinden biri olarak kullanılmaya devam etmektedir.

2. Refik Anadol'un Sinir Ağlarını Eserlerine Uygulaması

Refik Anadol'un eserlerindeki estetik, veriyle mekânın şiirsel birlikteliğine dayanır. Anadol veriyi yalnızca bilgi değil, hissedilebilen bir malzeme olarak değerlendirir. Diğer bir ifade ile Anadol, makineyi hayal kurma motoru olarak düşünerek veriyi mekânsal bir şiire dönüştürür; veri heykeli ve veri resimleme kavramlarını mimari ölçekte kamusal deneyime taşır. Ziyaretçi esere sadece bakmaz; eseri çevreleyen ışık, ses ve hareket alanının içine girerek özneye dönüşür. Anadol'un eserleri analitik olarak değerlendirildiğinde veri ontolojisi, makine simülasyonu ve medya-mimarlık üçgeninde sürekli olarak bir devinim görülür. Teknik süreçlerin işleyişiyle de veri duyuşsal bir deneyime dönüşür, kamusal algı ortak mekanda gerçekleşir. Böylece Anadol, bilgi odaklı çağdaş eserlerini algoritmik bir

yapıda üretir. Bu tür eserler, veri etiği konusunda tartışma alanları doğurmaktadır. Sanatçının eğitim verilerinin hakları ile ilgili kurumsal sözleşmelere hassasiyeti bilinmektedir.

Anadol'un eserlerinin tek bir kareden oluşmayıp sürekli dönüşen akışlar halinde olması gerçekliğin akışkanlığını vurgular. Görsel-işitsel dokuya dönüşen veri birbirinden farklı arşivler, beyin dalgaları, meteoroloji kayıtları vb. bilgilerden oluşur. Sanatçı eserlerini yaratırken ilk analitik adım olarak ışık-madde estetiğini sağlar. Eser, sürekli bir akışla üretilmektedir. Görselleştirilen verinin sesle eşleşmesi, çok duyulu algıyı kurgulayarak bir sinestezi oluşturur. Modelin ikinci analitik aşaması makine öğrenmesi algoritmalarıyla yapay bir düşün çıkarımıdır. Bu düşü gerçekleştirebilmek için Üretici Çekişmeli Ağlar, Varyasyonel Otomatik Kodlayıcılar ve Dönüştürücü Tabanlı Modellerin gizli uzamları kullanılır; böylece makinenin hayal gücünü veren estetikleşmiş, kullanılan verinin tamamen değiştiği eser ortaya çıkar. Makine öğrenmesi algoritmasıyla üretilen eserin orijinal olması, verinin işlenmesi ve modelin eğitimi ile ilgili etik sorunları bu adımda doğurur ve yaratıcılık tartışılır. Anadol'un eserlerini sadece kamusal alanlarda sergilemesi, sanatını gerçekleştirme yaklaşımının mimari odaklı davranışsal uzam adımıdır. Anadol, ziyaretçi davranışını performansının bir parçası olarak sosyal dolaşıma sokar. Veri ontolojisinin ve arşiv estetiğinin oluşturulması makine öğrenmesi algoritmalarının bilimsel terminolojileriyle gerçekleştirilir. Dijital doğa, makine halüsinasyonları oluşturabilir; böylece doğa-kültür ayrımı bulanıklaşabilir. Yapay ekosistem ise beslenen veriyile evrilecektir; enstalasyon yarı-otonom bir görsel yapı gibi işlemesini sürdürecektir.

Refik Anadol'un eserlerini makine öğrenme algoritmalarıyla gerçekleştirmesinde Çatalhöyük Araştırma Projesinin Stanford Üniversitesi ayağının yöneticisi İngiliz arkeolog Ian Hodder ile karşılaşması dönüm noktasıdır (Hodder, 2025). Çatalhöyük Araştırma Projesinin 25 yıl devam eden araştırmalarında çıkarılan 250.000 bulgunun 2,8 milyon veri kaydı görsel olarak bir araya getirilmiştir. Bunlardan 1000'den fazla ilişkisel veri tabanı tablosu görsel bir deneyime dönüştürülmüştür. Böylece, yapay zeka algoritmaları ülkemizde de resim sanatıyla bütünleşmiş, bazı sanat eserleri farklı bakış açılarından sergilenmeye başlamıştır. Eserlerini pek çok farklı ülkede sergileyen Anadol, her sergisinde farklı bir gerçek dünya problemini ele almakta ve bu probleme ait varlıkları kullanmaktadır. Uygulama alanına özel olarak toplanan resim, video ve metinlerden oluşan büyük veri setleri Anadol ve çalışma ekibi tarafından tek tek işlenmektedir. Bunlar daha sonra güncel derin öğrenme modelleriyle eğitilerek kamuya açık bir sergiye dönüştürülmektedir (Anadol, 2025).

Çatalhöyük Sergisi Kasım 2017- Şubat 2018 tarihleri arasında İstanbul'da sergilenmiştir. Serginin kayıtları, UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde gerçekleştirilen arkeolojik kazılar sırasında keşfedilen alanlara, öğelere ve yapılara aittir. Çatalhöyük arşivi, uzman ekipler tarafından düzenlenmiş zengin bir dijital kaynaktır. Sergi kayıtları birbirine bağlı milyonlarca veri parçasından oluşmaktadır; bunlar tablo kayıtları, günlükler, resimler ve teknik raporlardır. Bu zengin veri seti ve aralarındaki ilişkiler makine öğrenimi algoritmaları ile sıralanarak arkeoloji, sanat ve teknolojiyi aşan sürükleyici bir AI Veri Heykeli enstalasyonuna dönüşmüştür. Sergi arkeolojik bağlamda, bu büyüklükte bir veri kaynağının sanatsal ve estetik bir çerçevede kullanıldığı ilk örnektir.

Anadol'un Mozart'ın eserlerinin nota, ritim, tempo olarak seçkisinin veri setini oluşturduğu, yapay zeka algoritmalarıyla işlenerek benzerliklere göre dizilimlerinin sıraladığı renkli görsel bir çalışması bulunmaktadır. Bir diğer çalışmasında Anadol, Yeşilçam'ın 100'den fazla filminin ses ve metinlerini, yani senaryolarını görselleştirerek resim sanatını dinamikleştirmiştir. Son projelerinden olan Türkiye Büyük Doğa Modeli çalışması teknoloji ve sanatın uyumudur. Veri seti ekibi milli parklarımızdaki zengin biyolojik çeşitlilikleri işlemektedir. Elle işlenerek eğitilmiş olan bu veri setleri araştırmacılar için de değerli birer kaynak niteliğindedir.

Refik Anadol sanatını icra ederken yapay zekanın ses, görüntü ve metin özelliklerini kullanmaktadır. Glacier Dreams (NewInZurich, 2025) isimli sergisini İzlanda, Grönland ve Antarktika'daki buzullara ait bu tipteki verileri kullanarak hazırlamıştır. Anadol milyonlarca buzul görüntüsüyle şiirsel deneyimler yaratmaktadır. Glacier Dreams iklim değişikliği farkındalığını artırmayı ve üretken yapay zeka alanında etik veri toplama yöntemlerini teşvik etmeyi amaçlayan disiplinler arası bir araştırma ve sanat projesidir. Müze için özel olarak tasarlanan kübik yapı, dışarıdan bakıldığında heykel görümünde olmasına rağmen içeriden bakıldığında sonsuz sürükleyici

dijital oda olarak tasarlanmıştır. Bu yapı, LED ekranlar ve aynalardan oluşmaktadır. Anlık işlenen veri seti, çevrimiçi ve kurumsal arşivlerden 100 milyondan fazla görüntü ile birlikte İzlanda, Grönland ve Antarktika'daki buzullara ait 10 milyon görselle hazırlanmıştır. Anadol bu çalışmasında öncü bir yapay zeka modeli kullanarak eserlerine koku duyusunu da eklemiştir.

Anadol'un (2025) erken dönem mekana özgü projeksiyonları 2015 yılında Infinity Room sergisi ile başlar. Bu eserde, insanı içine alan odada ışık ve sesin birleştiği gerçek zamanlı bir görselleştirme olarak algısal genişleme ve süreklilik ön plandaydı. Aynı yıl San Francisco'daki Virtual Depictions isimli sergi, şehir yaşantısının dijital katmanı olarak trafik, sosyal medya verisi gibi kamusal dinamikleri algoritmik haritalama ile büyük ölçekli LED duvarlara yansıtmaktaydı. 2017 yılında İstanbul'da Archive Dreaming isimli sergi ile kümeleme ve benzerlik uzayının kullanıldığı makine öğrenimi algoritmaları sürükleyici bir ortamda etkileşimli bir arayüz sunmuştur. 2018 yılında Anadol eriyen, çözülmekte olan anıları yansıtan nörobilimle sanatın kesiştiği Melting Memories isimli projesinde hafızayı, veri görselleştirmeyi ve insan deneyimini keşfetmek üzere EEG verilerini kullandı ve anıların akışkanlığını sürdürdüğü formlar üretti. Anadol, 2019 yılından itibaren yapay zeka tabanlı makine halüsinasyon serisi sergilerini kamu ile paylaşmaya başladı. Bu sergilerde büyük veri setleriyle çekişmeli üretici ağların (Goodfellow ve diğerleri, 2014) derin öğrenme gerçekleştirdiği, özellikle ses için gerçek zamanlı kompozit tasarımlar oluşturdu. Artechouse NYC, Space Dreams, Nature Dreams, Bosphorus Data Sculpture, Unsupervised: MoMA insan algısının sınırlarını makinenin rüya görmesi metaforuyla genişlettiği sergilerinden örneklerdir. 2020 yılında Melbourne Quantum Memories isimli sergisini, doğaya ilişkin çok büyük ölçekli görüntü arşivleriyle, bunların olası alternatif hallerinin kuantum belirsizliğini yansıttığı bir estetikte düzenledi; kuantum gürültü modellerinden aldığı kavramsal ilhamı, çekişmeli üretici derin öğrenme algoritmasıyla işleyerek sesin tasarımını 8K LED ekranda gerçekleştirdi.

Anadol'un Büyük Doğa Modeli projesi üç etkileşim modundan oluşmaktadır. Araştırma modunda ekosistemler ayrıntılı olarak incelenmekte, gerçek zamanlı hava durumu simülasyonları gerçekleştirilmekte ve çevresel verilerle etkileşim kurulabilmektedir. Oluşturma modunda metin istemlerine dayalı olarak flora, fauna ve mantarların görüntüleri bilimsel olarak üretilmektedir. Hayal modunda ise gelişen manzaralar, görseller ve doğa sesleri arasında meditatif bir yolculuk sunulmakta; sakinlik ve bağlantı için bir alan yaratılmaktadır. Çalışmaları devam etmekte olan Büyük Doğa Modelinde tüm bu modların işlevselliği için, karmaşık bir yapay zeka sistemi olarak, Google ve NVIDIA ekibinden büyük destek alınmaktadır. Sistemde dörtten fazla büyük dil modeli aynı anda ziyaretçileri dinlemekte, ziyaretçilerle konuşmakta, paylaşım yapmakta, internette arama yapmakta ve sorulan soruları derinleştirmektedir.

Refik Anadol'un sanata yönelik yapay zeka kullanımı doğal dil işlemenin de desteğiyle dijital sanatta verinin şeffaflığı ve şirselliğini, kamusal alanda sanatı, kültürel miras ve etik yapay zeka kullanımını, doğayı yapay zeka ile korumayı hedeflemektedir. Anadol sanatında veriyi yalnızca bilgi değil, aynı zamanda bir hatıra ve estetik malzeme olarak ta görmektedir. Farklı veri setleri ve algoritmaları kullanarak sanat eserlerini yaratırken, örneğin İstanbul'un kültürel dokusundan ve boğazın suyundan ilham almaktadır. Bu, Anadol'un veriyi topluma ulaştırmada bir estetik biçime dönüştürme çabasıdır. Ayrıca, dijital sanatı geniş kitlelere ulaştırma vizyonu ile sergilerini müze ve galerilerden sokaklara yani kamusal alanlara taşımaktadır. Böylece, sanatının kamusal alanda çok daha fazla insan tarafından deneyimlenmesini sağlamaktadır. Özellikle, binaların veya doğal ortamların verilerle hayal kurabilmesi fikri, sanat ve teknolojiyi inovatif olarak bir araya getirmektedir. Anadol, Türkiye ve dünyanın farklı kültürlerinden topladığı verileri dijital olarak resim sanatına dönüştürerek kültürel mirası koruma ve geleceğe taşımaya da amaçlamaktadır. Ayrıca UNICEF ile yaptığı projelerde de yapay zekanın etik ve toplumsal fayda odaklı kullanımına dikkat çekmektedir. Bu alanlarda, çocukların zihinsel gelişimi ile ilgili verileri sanata dönüştürerek önemli bir farkındalık yaratmaktadır.

Sonuç olarak Refik Anadol eserlerinde yeni medya sanatını, makine öğrenimini ve dış çevreyle olan tüm iletişimlerini birlikte kullanmaktadır. Titizlikle işlenmiş veri setlerini yapay zeka tabanlı duyusal anlatılara dönüştürerek görsel-işitsel ve etkileyici sanat eserleri yaratmaktadır. Ayrıca, kamuya açık tüm sergilerinde, üretken yapay zeka alanında etik veri toplama yöntemlerinin

kullanılmasını da teşvik etmektedir.

C. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, Geoffrey Hinton ve Refik Anadol'un yapay zeka alanındaki katkıları incelenerek, bilim ve sanat arasındaki etkileşimler değerlendirilmiştir. Hinton'ın, derin öğrenme ve yapay sinir ağları konusunda tanımladığı yöntemler, farklı disiplinlerdeki uygulamaların temel yapı taşı oluşturmaktadır. Çalışmanın "Geoffrey Hinton'ın yapay sinir ağı algoritmalarına yaptığı bilimsel katkılar, Refik Anadol'un yapay zeka odaklı sanatını estetik ve işlevsel olarak nasıl şekillendirmiştir?" şeklindeki araştırma sorusu, Hinton ve Anadol'un çalışmalarının birbirini nasıl etkilediğini ve bu etkileşimin sanat ve bilim alanındaki yansımalarını keşfetmeyi amaçlar. Bu bağlamda önce Hinton'un bilime yaptığı katkıların ve Anadol'un uygulamalarının değerlendirme sonuçları özetlenecek; daha sonra her iki alana ilişkin karşılaştırmalı bir analiz yapılacaktır.

Hinton'un sinir ağları çalışmalarını insan beyninin işleyişine benzer yapılarla tasarlaması, bilişsel bilimlerin nörobilimle olan ilişkisini güçlendirmiştir. Hinton'un geliştirdiği geri yayılım tekniğiyle çok katmanlı sinir ağlarının eğitimi gerçekleşmiştir. Bu yenilik, derin öğrenmenin modern uygulamalarıyla karmaşık verilerin işlenmesini mümkün kılmıştır. Öğrenme süreçlerinin sinir ağlarıyla optimizasyonu, uygulanan modelin doğruluğunu da artırmıştır. Derin öğrenmeye geniş bir uygulama yelpazesi sağlayan bu çalışmalarla görüntü işleme, doğal dil işleme ve ses tanıma uygulamalarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Sonuç olarak; bilişsel süreçlerin matematiksel modellemeleriyle Hinton'un günümüz dünyasına yaptığı büyük katkı kesinlikle yadsınamaz.

Refik Anadol'un çalışmaları, resim sanatında yapay zekanın ve derin öğrenmenin dönüştürücü etkisini göstermektedir. Böylece Anadol geleneksel resim sanatını modern teknolojilerle birleştirmiştir. Eserlerinde kullandığı sinir ağları ve derin öğrenme teknikleri, görsel sanatların sınırlarını genişleterek yeni ifade biçimleri doğurmuştur. Anadol, büyük veri setleriyle görsel ve işitsel deneyimlerin yaratılmasında yenilikçi yaklaşımlar geliştirerek resim sanatının ifade biçimlerini zenginleştirmiştir. Anadol eserlerinde veriyi bilgi olarak işlediği gibi estetik bir malzeme olarak ta değerlendirmektedir. Bu yaklaşımla sanatın doğasını dijitalleşmekte ve ziyaretçilere yepyeni bir deneyim sunmaktadır. Özetle; veri ontolojisi ve estetik arasındaki ilişki sorgulanarak sanat verisiyle şekillendirilmekte, bunun estetik deneyim üzerindeki etkileri araştırılarak yeni teorik yapılar geliştirilmektedir.

Hinton ve Anadol'un çalışmalarının karşılaştırmalı analizi Giriş Bölümünde belirlenen üç hipotez bağlamında yapılmaktadır. Refik Anadol'un yapay zeka odaklı çalışmaları, Hinton'un yapay sinir ağlarına yaptığı bilimsel katkının resim sanatında somutlaştırılmasıdır. Anadol, Hinton'un geliştirdiği algoritmaları kullanarak büyük veri setlerini görselleştirirken, bu verileri estetik bir deneyime dönüştürmektedir. Hinton'un teorik çerçevesi, Anadol'un sanat eserlerinde kullanılan derin öğrenme modellerinin temelini oluşturmakta ve bu iki alan arasındaki etkileşimi derinleştirmektedir. Her iki çalışma alanının farklı hedefler doğrultusunda benzer teknikleri kullanarak modelin temel işleyişini algılayabilmesi, uygulamalardaki yorumlanabilirliğin farklılığıdır. Veri, model ve betimleme teknikleri iki yaklaşım için de ortak; ancak hedefler ve değerlendirme normları estetik ve işlevsel ayrışmayı oluşturur.

Hinton ve Anadol'un çalışmaları, yapay zeka ve sanatın birleşiminin çok disiplinli bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Bu da yapay zeka uygulamalarının resim sanatında kullanılmasına ilişkin farklı bir bakış açısı sunmaktadır. Anadol'un resim sanatına getirdiği yenilikler hem bilimsel teorilerle etkileşimi vurgulamakta hem de literatüre yeni perspektifler kazandırmaktadır. Özet olarak Hinton ve Anadol'un çalışmaları, yapay zeka ve sanat arasındaki ilişkiyi derinleştirmiştir.

1. Günümüzdeki ve Gelecek Çalışmalar için Öneriler

Etik ve toplumsal tartışmalar yapay zekanın etik boyutlarının günümüzde de yoğun olarak incelenmesini gerektirmektedir. İnsan seviyesinde düşünme yeteneğine sahip bir genel yapay zekanın yaratılması durumunda (Latapie vd., 2021; Bubeck vd., 2023) karşılaşılabilecek tehlikelerden endişe duymak kaçınılmazdır. Zira bağımsız karar alma yeteneğiyle yapay genel zeka insanlık için potansiyel

bir tehdit oluşturabilir. Bu nedenle de gittikçe yoğunlaşan yapay genel zeka çalışmalarında sıkı bir etik denetime ve regülasyonlara olan gereksinim giderek artmaktadır. Yapay genel zekanın yalnızca insanlığın yararına kullanılabilecek şekilde programlanması, güvenlik risklerini en aza indirmek için önemli bir adım olacaktır. Hinton, insan seviyesinde genel zekaya sahip sistemlerin pek çok alanda düşünülenden daha kısa bir zaman diliminde ortaya çıkabileceğine, dikkatli bir şekilde yönetilmediği takdirde ciddi toplumsal ve varoluşsal riskler yaratabileceğine inanmaktadır. Yapay zeka motorlarına bilinç yükleyebilmek mümkün olmamasına rağmen, kullanılan algoritmaların gelişmiş kapasiteleriyle anlamlı yanıtlar vermeyi sürdürmektedirler. Bu alandaki çalışmalar teknolojik olarak önemli ilerlemeler kaydetmiş olmasına rağmen problemler devam etmektedir. Yapay zekanın küresel sorunları çözme ve dünya ölçeğinde insan hayatının iyileştirilmesi yönünde evrilmesi, insani değerlerle uyumlu inovasyon çalışmaları ve toplumların refahındaki iyileştirmelere bağlıdır. Oysa insan zekası çok boyutludur; hayal gücü, muhakeme, duygusal zeka ve bilinçten yararlanır. Akıllı bir sistem gördüğü nesneleri listeleyebilir veya bir videodaki eylemleri tanımlayabilir; ama cömertlik, fedakârlık veya ihanet gibi derin anlamları ve temaları kavrayamaz. Ayrıca akıllı bir sistem yaşanmış deneyime sahip olmadığı için duyguları gerçek anlamda deneyimleyemez veya karar alma süreçlerini uygulayamaz. Sonuç olarak, yapay zeka hayal kuramaz; ayrıca disiplinler arası yaratıcılıktan da yoksundur. Bu özelliklere sahip olan insan ise, yapay zekadan yararlanarak yeni içgörüler ortaya koymaktadır.

Diğer taraftan Hinton'un yapay zeka ve derin öğrenme uygulamaları, eğitim alanında yeni öğretim yöntemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Hinton'un algoritmaları, eğitimde karmaşık problemleri çözme becerilerinin geliştirilmesinde kullanılabilir. Bu, öğrencilerin analitik düşünme yeteneklerini artırabilir. Sanat alanındaki yapay zeka uygulamaları, yapay zeka araçları ve tekniklerine entegre edilerek, öğrencilere daha yenilikçi ve etkileşimli öğrenme deneyimleri sunulabilir.

Anadol, yapay genel zekanın üstünlüğü ile ilgili öngörülerde bulunmaz. Yapay genel zekayı görsel, işitsel, mekansal, hatta koku-ışık gibi duyuşsal boyutlara yayar; eserlerini çok duyulu ve veri merkezli olarak tanımlar. Yapay zekayı sanatçının estetik arayışlarını genişleten yaratıcı bir yol gösterici olarak konumlandırır. Anadolu'nun modelleri, veri uzayında değişen bağlantılar kurarak alternatif estetik akışlar üretir. Veri setleri kolektif bir hafıza oluşturarak rüyaları, süreklilik ve yenilik arasında estetik bir akışla üretir. Anadolu'nun çalışmalarının genel yapısı farklı platformlar arasındaki kavramsal tutarlılık ve duyuşsal bütünlüğün sağlanabilmesidir. Anadolu insanı merkeze koyar ve hedefini otonom bir makine sanatçısından ziyade insan-makine iletişiminin ortak üretimi olarak tanımlar. Anadolu için etik ve ekolojik sorumluluk ta birinci derecede önceliklidir. Veri toplamada ve işlemede, izin ve mahremiyet konusunda son derece duyarlıdır.

Hinton ve Anadolu'nun eserleri, gelecekteki çalışmalara çok yönlü etkiler yaparak, yapay zekayla sanatsal uygulamaların gelişimine katkıda bulunabilir. Yapay zeka ve sanatın entegrasyonu yeni yaratıcı süreçler sunarak, geleneksel sanat formlarının ötesine geçilebilir; yapay zeka teknikleri kullanılarak daha yenilikçi ve etkileşimli eserler yaratılabilir. Hinton'un teorik katkıları, sanatçılarla bilim insanları arasında iş birliğini artırabilir. Bilim ve sanat kapsamlı araştırmalarla buluşarak veri odaklı sanat çok disiplinli projelerle zenginleşebilir. Büyük veri setlerinin analizleriyle sanatçılar estetik deneyimlerini artıran yeni yöntemler geliştirebilirler. Ayrıca ziyaretçilere çok duyulu deneyimler sunulurken, sanatın algılanma biçimi değiştirilebilir. Sanatsal projelerde ziyaretçi etkileşimi artırılarak gelecekte sanatın toplumsal etkileri güçlendirilebilir.



Hakem: Dış, Bağımsız.

Teşekkür:

-

Beyanname:

1. Özgünlük Beyanı:

Bu çalışma özgündür.

2. Yazar Katkıları:

Fikir: ZA; **Kavramsallaştırma:** ZA; **Literatür Taraması:** ZA; **Veri Toplama:** ZA; **Veri İşleme:** ZA; **Analiz:** ZA; **Yazma – orijinal taslak:** ZA; **Yazma – inceleme ve düzenleme:** ZA.

3. Etik Kurul İzni:

Etik Kurul İzni gerekmemektedir.

4. Finansman/Destek:

Bu çalışma, herhangi bir finansman ya da destek almamıştır.

5. Çıkar Çatışması:

Yazar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

6. Üretken Yapay Zeka Beyanı:

Çalışmanın hiçbir safhasında yapay zeka araçlarından faydalanılmamıştır.

7. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları:



KAYNAKÇA

Ackley, D.H., Hinton, G.E. & Sejnowski, T.J. (1985). A learning algorithm for Boltzmann Machines. *Cognitive Science*, 9(1). 147–169.

Alonso, M.N. (2024). John Hopfield's contributions to neural networks: A detailed mathematical exploration. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4980016>

Anadol, R. (2025) Refik Anadolu kişisel sayfası <https://refikanadol.com/works/> (Erişim: 27 Temmuz 2025)

Anadol, R. [Refik Anadolu]. (2024, Ekim) Atatürk vizyonu ile gelecek yüzyıla bakış 2024 - Refik Anadolu [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=PHAvHDROySc&t=1803s>

Anadol, R. (2024). Keynote, 2024 Monterey design conference by American Institute of Architects. <https://refikanadol.com/refik-anadol/>

Association for Computing Machinery. (27 Mart 2019). Fathers of the deep learning revolution. Bengio, Hinton and LeCun Ushered in Major Breakthroughs. Artificial Intelligence <https://awards.acm.org/about/2018-turing>

Baldi, P. & Hornik, K. (1989). Neural networks and principal component analysis: Learning from examples without local minima. *Neural Networks*, 2(1), 53-58. [https://doi.org/10.1016/0893-6080\(89\)90014-2](https://doi.org/10.1016/0893-6080(89)90014-2)

Barron, A.R., Cohen, A., Dahmen, W., & DeVore, R.A. (2008). Approximation and learning by Greedy Algorithm, *The Annals of Statistics*, 36(1) 64-94. <https://doi.org/10.1214/009053607000000631>

Bengio, Y., Lecun, Y. & Hinton, G. (2021). Deep learning for AI. *Communication of the ACM*, 64(7). 58-65. <https://doi.org/10.1145/3448250>

Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., Lee, P., Lee, Y.T., Li, Y.,

- Lundberg, S., Nori, H., Palangi, H., Ribeiro, M.T. & Zhang, Y. (2023). Sparks of artificial general intelligence: Early experiments with GPT-4. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712>
- Crowson, K., Biderman, S., Kornis, D., Stander, D., Hallahan, E., Castriato, L. & Raff, E. (2022). VQGAN-CLIP: Open domain image generation and editing with natural language guidance. [arXiv:2204.08583v2](https://arxiv.org/abs/2204.08583v2)
- Erhan, D., Bengio, Y., Courville, A., Manzagol, P.A., Vincent, P. & Bengio, S. (2010). Why does unsupervised pre-training help deep learning? *Journal of Machine Learning Research*, 11, 625-660.
- Foster, F.G. (1952). On Markov chains with an enumerable infinity of states. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 48(4), 587-591. <https://doi.org/10.1017/S0305004100076362>
- Fukushima, K. (1980). Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biological Cybernetics*, 36, 193-202.
- Gatys, L.A; Ecker, A.S. & Bethge, M. (2016). Image style transfer using convolutional neural networks, 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2414-2423, doi: 10.1109/CVPR.2016.265
- Goodfellow, I.J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., Bengio, Y., (2014). Generative adversarial networks. *Cornell University in ArXiv*: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1406.2661>
- Goswami, A., Choudhury, G. Sarmah, H. & Begum, A. (2020), 'Markov Chain'- The Most Invaluable Contribution of A.A.Markov Towards Probability Theory And Modern Technology: A Historical Search. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 7(3), 33-40.
- Gupta, R., Nair, K., Mishra, M., Ibrahim, B. & Bhardwaj, S. (2024). Adoption and Impacts of Generative Artificial Intelligence: Theoretical Underpinnings and Research Agenda. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4(1), <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2024.100232>
- Hinton, G.E. & Salakhutdinov, R.R. (2006). Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science* 313(5786), 504-507. <https://doi.org/10.1126/science.1127647>
- Hinton, G. E., Osindero, S. & Teh, Y. (2006). A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets, *Neural Computation* 18(7), 1527-1554. <https://doi.org/10.1162/neco.2006.18.7.1527>
- Hinton, G. [Geoffrey Hinton]. (March, 2023). "Godfather of artificial intelligence" talks impact and potential of AI [Video]. *You Tube*. <https://www.youtube.com/watch?v=qpoRO378qRY&t=2330s>
- Hopfield, J.J.(1982). Neural networks and physical systems with emergent collective. *Computational Abilities*, 79(8), 2554-2558. <https://doi.org/10.1073/pnas.79.8.2554>
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780.
- Hua, Y., Guo, J., & Zhao, H. (2015). Deep belief networks and deep learning. *Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICAIoT.2015.7111524>
- Hodder, I. (2025) Ian Hodder kişisel web sayfası, <https://www.ian-hodder.com/>
- Isola, P., Zhu, J-Y. Zhou, T. & Efros, A.A. (2018). Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks, [arXiv:1611.07004](https://arxiv.org/abs/1611.07004)

- Ivakhnenko, A.G. & Lapa, V.G. (1966). Cybernetic predicting devices, CCM Information Corporation, <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:61108232>
- Karras, T., Aittala, M., Laine, S., Härkönen, E., Hellsten, J., Lehtinen, J., Aila, T. (2021). Alias-Free Generative Adversarial Networks. 35th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2021). arXiv:2106.12423v4.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I. & Hinton, G.E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. 60(6), 84-90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- Jolliffe, I.T. (2002). Principal Component Analysis. Springer Book Series in Statistics (SSS).
- Johnson, J. Alahi, A. & Fei-Fei, L. (2016). Perceptual Losses for Real-Time Style Transfer and Super-Resolution, B. Leibe et al. (eds.): ECCV 2016, Part II, LNCS 9906, 694–711. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46475-6_43
- Lall, K. & Lall, A. (March, 2024) Exploring gradient descent optimization algorithms for early-stage training in machine learning models. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5082092>
- Latapie, H., Kilic, O., Liu, G., Yan, Y., Kompella, R., Wang, P., Thorisson, K. R., Lawrence, A., Sun, Y. & Srinivasa, J. (2021). A metamodel and framework for artificial general intelligence from theory to practice. Journal of Artificial Intelligence and Consciousness, ISSN (online): 2705-0793 <https://www.worldscientific.com/worldscinet/jaic>
- Mazzone, M. & Elgamma, A. (2019). Art, creativity, and the potential of Artificial Intelligence. Arts. 8(1), 26. <https://doi.org/10.3390/arts8010026>
- McCulloch, W.S. & Pitts, W. (1943). A logical calculus of ideas immanent in nervous activity, Bulletin of Mathematical Biophysics, 5, 115–133, <https://doi.org/10.1007/BF02478259>
- Mikolov, T. Chen, K. Corrado, G. & Dean, J. (2013), Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv:1301.3781.
- Minsky, M. & Papert, S. (1988) Perceptions . An Introduction to Computational Geometry. Cambridge, MIT Press.
- Murahari, D., Reddy, Sk, Basha, M.M. & Hari, N.C. (2021). DALL-E: Creating Images from Text. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:261026641>
- NewInZurich, (January, 2025). Glacier Dreams Immersive Art by Refik Anadol Kunsthaus Zurich. <https://newinzurich.com/2025/01/glacier-dreams-immersive-art-by-refik-anadol-kunsthaus-zurich/>
- Plaut, E. (2018), From principal subspaces to principal components with linear autoencoders. ArXiv Cornell University, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.10253>
- Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review, 65(6), 386–408. <https://doi.org/10.1037/h0042519>
- Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. & Williams, R.J. (1986) Learning representations by back-propagating errors. Nature 323, 533–536 <https://doi.org/10.1038/323533a0>
- Russell, S.J. & Norvig, P. (2022). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4rd edition), ch.3 Knowledge, Reasoning and Planning, 226-398, Prentice Hall.
- Sabour, S. Frosst, N. & Hinton, G.E. (2017). Dynamic routing between capsules. 31st Conference on Neural Information Processing Systems, 3859–3869 <https://dl.acm.org/doi/10.5555/3294996.3295142>
- Santiago Ramón y Cajal (2025) in Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Santiago_Ramón_y_Cajal (Erişim: 7 Aralık 2025)

- Seneta, E., (2006). Markov and the creation of Markov Chains. School of Mathematics and Statistics, University of Sydney.
- Sejnowski, T.J. & Rosenberg, C.R. (1986). NETtalk: A parallel network that learns to read aloud. The Johns Hopkins Univ. Electrical Eng. and Comp. Sci. Tech. Report, 40. 663-672. JHU/EECS-86/01.
- Tahery, S. & Farzi, S. (2020). Customized query auto-completion and suggestion-A review. Information Systems, 87, <http://doi.org/10.1016/j.is.2019.101415>
- Then, C., Soewandi, E.J., Danial, M.F., Achmad, S. & Sutoyo, R. (2023). The impact of Artificial Intelligence on Art- A systematic literature review. IEEE 9th Information Technology International Seminar, 1-7, <https://doi.org/10.1109/ITIS59651.2023.10420208>
- Ulyanov, D., Vedaldi, A. & Lempitsky, V. (2016) Instance Normalization: The Missing Ingredient for Fast Stylization, arXiv:1607.08022v3
- Vaswani, A. Shazeer, N. Parmar, N. Uszkoreit, J. Jones, L., Gomez, A.N., Kaiser, L. & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, 6000–6010. arXiv:1706.03762
- Wang, J.Z. & Wyble, B. (2024). Hopfield and Hinton's neural network revolution and the future of AI. Patterns, 5(11). <https://doi.org/10.1016/j.patter.2024.101094>
- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. Communications of the ACM, 9(1), 36-45.
- Winograd, T. (1971). Procedures as a representation for data in a computer program for understanding natural language (No. MAC-TR-84). MIT Cambridge Project Mac.
- Zhu, J-Y. Park, T., Isola, P. & Efros, A.A. (2017) Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks. arXiv:1703.10593v7

