



MENTOR

AKADEMİK SANAT VE TASARIM DERGİSİ
ACADEMIC ART & DESIGN JOURNAL
e-ISSN: 3062 – 3022, <https://mentorakademik.com>
Mentor, Cilt:1, Sayı:2, 90-102, 2025
DOI: 10.64293/mentor.v1i2.15



ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

21. YÜZYILDA YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ 3D BASKI TEKNOLOJİSİNİN HEYKEL ALANINDAKİ İŞLEVSEL DÖNÜŞÜMÜ

Mehmet Akif ÖZDAL¹

Öz

Bu çalışmada, 21. yüzyılın yenilikçi teknolojilerinden biri olan yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin, heykel sanatı bağlamında sunduğu işlevsel katkılar akademik bir perspektifle ele alınmaktadır. Heykeltçilik tarihsel olarak insanlığın estetik, kültürel ve teknik birikimlerini yansıtan bir ifade biçimi olarak, uzun süre geleneksel üretim yöntemleriyle icra edilmiştir. Ancak, dijitalleşme ve yapay zekâ uygulamalarının sanatsal üretim süreçlerine entegre edilmesiyle, heykel sanatında yeni bir dönemin başladığı gözlemlenmektedir. Çalışmanın amacı, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin işlevselliğini incelemek olup, Sougwen Chung'ın Life Lines çalışması ile sınırlandırılmıştır. Bu süreçte nitel araştırma yöntemlerinden betimsel analiz ve mantıksal akıl yürütme yaklaşımları benimsenmiştir. Bulgular, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin heykel alanında yenilikçi bir yaklaşım sunduğunu ve Life Lines çalışması üzerinden bu yeniliklerin üretim süreçlerine etkisini ortaya koymuştur. Sonuçlar ise, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin heykel sanatında dönüştürücü bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, 3D Baskı, Heykel, İşlevsellik, Sougwen Chung.

FUNCTIONAL TRANSFORMATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED 3D PRINTING TECHNOLOGY IN THE FIELD OF SCULPTURE IN THE 21st CENTURY

Abstract

In this study, the functional contributions of artificial intelligence-supported 3D printing technology—one of the innovative technologies of the 21st century—are discussed within the context of sculpture art from an academic perspective. Historically, sculpture has been performed with traditional production methods for a long time as a form of expression reflecting the aesthetic, cultural and technical accumulations of humanity. However, with the integration of digitalization and artificial intelligence applications into artistic production processes, it is observed that a new era has begun in sculpture art. The aim of the study is to examine the functionality of artificial intelligence-supported 3D printing technology and is limited to Sougwen Chung's Life Lines study. In this process, descriptive analysis and logical reasoning approaches from qualitative research methods were adopted. The findings revealed that artificial intelligence-supported 3D printing technology offers an innovative approach in the field of sculpture and the impact of these innovations on production processes through the Life Lines study. The results showed that artificial intelligence-supported 3D printing technology has transformative potential in sculpture art.

Keywords: Artificial Intelligence, 3D Printing, Sculpture, Functionality, Sougwen Chung.

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Resim-İş Eğitimi Programı, 20229401012@cumhuriyet.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3148-8988.

Giriş

21. yüzyıl, teknolojinin hızla geliştiği ve sanat dünyasında devrim niteliğinde değişimlerin yaşandığı bir dönem olarak dikkat çekmektedir. Bu dönemde, yapay zekâ (YZ) ve 3D baskı teknolojileri gibi yenilikçi araçlar, geleneksel sanat üretim süreçlerini dönüştürerek, sanatçılara daha önce mümkün olmayan yaratıcı olanaklar sunmaktadır. Özellikle heykel sanatı, bu teknolojilerin etkisiyle önemli bir evrim geçirmekte ve yeni estetik anlayışları ile formlar ortaya çıkarmaktadır.

Yapay zekâ, bilgisayar sistemlerinin insan benzeri öğrenme, karar verme ve problem çözme becerilerini kazanmasını sağlayan bir teknoloji olarak birçok disiplini etkilemiş ve sanat dünyasında da kendine geniş bir yer bulmuştur. 3D baskı ise dijital tasarımların fiziksel nesnelere dönüştürülmesini sağlayarak, özellikle karmaşık ve detaylı yapıları hızlı bir şekilde üretme imkânı sunmaktadır. Ancak bu geleneksel üretim süreçleri, zaman ve malzeme açısından oldukça sınırlıdır. Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi ise bu sınırları aşarak, sanatçılara daha esnek ve yenilikçi üretim olanakları sunmaktadır.

Bu çalışma, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin heykel üretimindeki dönüşümünü incelemektedir. Teknolojilerin yaratıcı süreçleri nasıl dönüştürdüğü ve sanatçılara yeni ifade biçimleri sunduğu Sougwen Chung'un Life Lines eseri ile sınırlandırılarak bu dönüşümün sanat üretimine etkileri mantıksal akıl yürütme yöntemiyle değerlendirilecektir.

1. Yöntem

Yapılmış olan çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden betimsel analiz ve mantıksal akıl yürütme yaklaşımları benimsenmiştir.

Araştırmanın ölçekleri kapsamında, betimsel analiz ve mantıksal akıl yürütme yaklaşımları benimsenmiştir. Betimsel analiz yöntemi, 21. yüzyılda teknolojinin sanatsal yaratım süreçlerine etkilerini detaylı bir şekilde incelemek için tercih edilmiştir. Mantıksal akıl yürütme ise, yapay zekâ ve 3D baskı teknolojilerinin heykel alanındaki yenilikçi işlevlerini değerlendirmek ve mevcut sanatsal pratiklerle karşılaştırmalar yapmak amacıyla kullanılmıştır.

Araştırmanın temel verileri, Sougwen Chung'un "Life Lines" adlı çalışması üzerinden toplanmış ve bu çalışmanın detaylı incelemesi yapılmıştır. "Life Lines" eseri hem yapay zekânın hem de 3D baskı teknolojisinin sanatsal üretim süreçlerine entegrasyonunu anlamak için seçilmiş, bu doğrultuda işlevsel, estetik ve teknik boyutları değerlendirilmiştir.

Araştırmanın evreni ise 21. yüzyılda dijital teknolojilerin heykel sanatı üzerindeki etkileri ve bu etkilerin işlevsel sonuçları olarak tanımlanmıştır. Araştırmanın örnekleme ise, bu bağlamda Sougwen Chung'un "Life Lines" çalışması ile sınırlandırılmıştır. Life Lines, hem yapay zekâ hem de 3D baskı teknolojisinin yaratıcı süreçlerdeki dönüştürücü etkilerini somut bir şekilde gözlemleme imkânı sunduğu için seçilmiştir.

Eserin incelenmesi sırasında, sanatçının yapay zekâ ile olan etkileşimi, dijital tasarım süreçleri, üretim teknikleri ve sonuç ürünün sanatsal değeri gibi unsurlar derinlemesine ele alınmıştır. Bu bağlamda, örneklem, araştırmanın amacına hizmet edecek şekilde daraltılmış ve Sougwen Chung'un yaratım süreci, sanatçı-yapay zekâ etkileşiminin bir modeli olarak analiz edilmiştir.

Aşağıda, Yöntem bileşenlerin ilişkilerini gösteren bir tablo yer almaktadır.

Tablo 1: Yöntem Bileşenleri

Bileşen	Açıklama	İlişkili Unsurlar
Araştırma Yöntemi	Nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır.	Betimsel analiz, mantıksal akıl yürütme
Betimsel Analiz	21. yüzyılda teknolojinin sanatsal yaratım süreçlerine etkilerini incelemek amacıyla kullanılmıştır.	Dijital teknolojiler, heykel sanatı
Mantıksal Akıl Yürütme	Yapay zekâ ve 3D baskı teknolojilerinin heykel sanatındaki işlevlerini değerlendirmek için tercih edilmiştir.	Yapay zekâ, 3D baskı, sanatsal pratiklerle karşılaştırma
Veri Toplama Aracı	Sougwen Chung'un "Life Lines" adlı eseri detaylı biçimde incelenmiştir.	Eser analizi, sanatçı-AI etkileşimi, dijital üretim süreçleri
İncelenen Unsurlar	Sanatçının AI ile etkileşimi, dijital tasarım süreci, üretim teknikleri, estetik ve teknik boyutlar değerlendirilmiştir.	Yaratım süreci, sanatsal değer
Örnekleme	"Life Lines" eseri araştırmanın örnekleme olarak seçilmiştir.	Spesifik eser analizi
Araştırma Evreni	21. yüzyılda dijital teknolojilerin heykel sanatı üzerindeki etkileri ve bu etkilerin işlevsel sonuçları.	Dijital teknoloji, heykel sanatı

2. Yapay Zekâ

Yapay zekâ (YZ), insan zihninin bilişsel yeteneklerini taklit etme ve çeşitli görevlerde otomasyon sağlama amacıyla tasarlanmış bir teknoloji araçtır. Bu alan, matematik, bilgisayar bilimleri, istatistik ve nörobilim gibi disiplinlerin birleşiminden doğmuş ve son yıllarda teknolojik ilerlemelerle hızla gelişerek çok çeşitli alanlarda uygulanabilir hale gelmiştir (Adadi ve Berrada, 2018, s. 52142; Rudin, 2018, s. 210). Yapay zekânın temel hedefi, karmaşık sorunları çözmek ve insanların zaman, enerji ve beceri sınırlarını aşan görevleri gerçekleştirebilmektir. Bunun için geliştirilen algoritmalar ve modeller, makinelerle öğrenme, akıl yürütme, karar verme ve problem çözme gibi yetiler kazandırmaktadır.

Yapay zekânın teknik yapısı, genellikle makine öğrenimi, derin öğrenme ve doğal dil işleme gibi alt dallar üzerine kuruludur. Makine öğrenimi, sistemlerin geçmiş verilerden öğrenmesini sağlayarak yeni verilere uyumlu tahminler yapabilmesine olanak tanımaktadır. Bu süreç denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli öğrenme gibi yöntemleri içerir ve büyük veri setlerini işleyerek doğruluk oranı yüksek sonuçlar üretebilir (Xiao vd., 2017, s. 5). Derin öğrenme, yapay sinir ağlarını temel alır ve özellikle görüntü tanıma, konuşma analizi ve dil anlama gibi alanlarda karmaşık ilişkileri modelleyebilir. Bu yöntemler, insanların geleneksel programlama teknikleriyle çözemediği zorlukların üstesinden gelmek için kullanılır. Örneğin, yüz tanıma sistemleri veya otonom araçlarda kullanılan algoritmalar, derin öğrenmenin uygulama alanlarına iyi birer örnektir (Shi vd., 2015, s. 803). Doğal dil işleme ise dilin anlamını, yapısını ve bağlamını analiz ederek metin ve konuşma verileri üzerinden anlamlı sonuçlar üretmeyi hedefler (Manning vd., 2014, s. 58).

Yapay zekâ, günlük hayatın birçok alanında etkili bir dönüşüm yaratmıştır. Sağlık hizmetlerinden sanayi üretimine, eğitimden çevresel korumaya kadar çok sayıda sektörde kullanılmaktadır. Özellikle sağlık alanında teşhis, tedavi ve ilaç geliştirme süreçlerinde yapay zekâ destekli sistemler, insan hatalarını en aza indirerek hızlı ve etkili sonuçlar sunmaktadır (Isensee vd., 2020, s. 204; Topol, 2019, s. 46). Eğitim alanında ise bireysel öğrenme programlarının geliştirilmesi ve öğrencilerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş içeriklerin sunulması, yapay zekânın faydalarını gözler önüne sermektedir. Ayrıca enerji sektöründe yapay zekâ sistemleri, enerji tüketimini optimize etmek, yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliğini artırmak ve sürdürülebilir enerji çözümleri geliştirmek için uygulanmaktadır (Paszke vd., 2019, s. 21).

Ancak yapay zekâ ile ilgili bazı etik ve sosyal sorunlar da gündeme gelmektedir. Özellikle yapay zekâ algoritmalarının karar alma süreçlerindeki şeffaflık eksikliği ve önyargılı veri setlerinin sonuçları etkileyebilme potansiyeli, adalet ve güvenilirlik gibi konuları sorgulatmaktadır (Arrieta vd., 2019, s. 90). Örneğin, iş başvurularında kullanılan yapay zekâ algoritmalarının belirli gruplara karşı ayrımcılık yapması, bu teknolojinin sorumlu bir şekilde geliştirilmesi ve uygulanması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Hagendorff, 2019, s. 101). Ayrıca, yapay zekânın yaygınlaşmasıyla birlikte bazı iş kollarında insan emeğine olan ihtiyacın azalması, işsizlik ve ekonomik eşitsizlik gibi toplumsal sorunları gündeme getirebilir (Ali vd., 2023, s. 15).

3. 3D Baskı Teknolojisi

3D Baskı teknolojisi, nesnelerin üç boyutlu bir biçimde dijital olarak tasarlanması, modellenmesi ve fiziksel olarak üretilmesini mümkün kılan bir teknoloji olarak günümüz dünyasında üretim, tasarım ve mühendislik süreçlerinde köklü değişimlere yol açmıştır (Kantaros vd., 2023, s. 12). Bu teknoloji, bilgisayar destekli tasarım (CAD), 3D tarama ve 3D baskı gibi alt disiplinlerle desteklenerek hem sanayi hem de bireysel kullanımlar için çok yönlü bir araç haline gelmiştir. Özellikle dijital dönüşüm çağında, fiziksel ve dijital dünyalar arasındaki etkileşimlerin artmasıyla, 3D teknolojisinin önemi giderek daha fazla artmaktadır (Nelson vd., 2023, s. 23).

3D teknolojisinin temelini, bilgisayar ortamında dijital modellerin oluşturulması ve bu modellerin fiziksel dünyaya aktarılması süreci oluşturmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD), mühendislikten mimariye kadar birçok sektörde detaylı ve hassas tasarımların gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Ligon vd., 2017, s. 10217). Ayrıca, 3D tarayıcılar, fiziksel nesnelerin dijital ortama aktarılmasını sağlayarak geri mühendislik, tarihi eserlerin korunması ve kültürel mirasın dijitalleştirilmesi gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunmaktadır (Bräuer-Burchardt vd., 2023, s. 18).

3D baskı teknolojisi, 3D teknolojisinin en çarpıcı uygulamalarından biridir. Katmanlı üretim olarak da bilinen bu yöntem, nesnelerin dijital tasarımlara uygun olarak katmanlar halinde inşa edilmesini sağlar. Geleneksel üretim yöntemlerinin aksine, 3D baskı, karmaşık tasarımların daha düşük maliyetle ve daha kısa sürede üretilmesine olanak tanır (İftekar vd., 2023, s. 45). Ayrıca, malzeme israfını en aza indirerek çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini destekler. Örneğin, tıp alanında 3D baskı, bireyselleştirilmiş protezler, yapay organlar ve cerrahi rehber araçların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Serrano vd., 2023, s. 55).

Eğitim ve bilim alanlarında 3D teknolojisinin sunduğu olanaklar, öğrenme süreçlerini ve araştırmaları destekleyen önemli araçlar olarak dikkat çekmektedir. Özellikle karmaşık bilimsel kavramların somutlaştırılması, 3D modeller aracılığıyla daha kolay hale gelmiştir. Örneğin, biyoloji alanında moleküler yapılar veya anatomik modeller, öğrencilere ve araştırmacılara görsel bir anlayış sunmaktadır (Derudas ve Berggren, 2021, s. 562). Ayrıca, arkeoloji ve tarih gibi disiplinlerde tarihi eserlerin dijital kopyalarının oluşturulması ve korunması, bu teknolojinin benzersiz bir uygulama alanıdır (Khunti, 2018, s. 14).

3D teknolojisi, endüstriyel üretimden bireysel yaratıcılığa kadar geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Sanayi alanında, hızlı prototipleme ve özelleştirilmiş üretim süreçlerinde devrim yaratmıştır. Örneğin, otomotiv ve havacılık sektörlerinde kullanılan parçalar, 3D baskı teknolojisiyle maliyet etkin bir şekilde üretilmektedir (Elakkad, 2019, s. 5). Ayrıca, mimarlık alanında, detaylı maketlerin ve modellerin oluşturulması, projelerin daha iyi görselleştirilmesini sağlamaktadır. Sanatta, heykel ve tasarım alanlarında kullanılan 3D teknolojisi, sanatçıların yaratıcı süreçlerini dönüştürerek daha önce mümkün olmayan formların ve yapıların oluşturulmasını mümkün kılmıştır.

Bununla birlikte, 3D teknolojisinin gelişimiyle birlikte bazı etik ve hukuki zorluklar da ortaya çıkmıştır. Özellikle fikri mülkiyet hakları, bu teknolojinin sunduğu kopyalama ve çoğaltma kolaylıkları nedeniyle tartışmalı bir alan haline gelmiştir (Dubuisson, 2014, s. 7). Yüksek kaliteli 3D baskı cihazlarının ve malzemelerinin maliyetleri, bu teknolojinin yaygınlaşmasının önünde bir engel teşkil edebilmektedir.

Ayrıca, 3D baskı ile üretilen ürünlerin güvenilirliği ve dayanıklılığı konusunda standartların oluşturulması gerekmektedir (İftekar vd., 2023, s. 49).

4. Heykel Sanatı ve Gelişimi

Heykel, insanlık tarihinin en eski sanat formlarından biri olup, mekân, form ve hacim gibi unsurlar üzerinden estetik ve duygusal ifadeleri yansıtan bir yaratım sürecidir. Bu sanat dalı, tarih boyunca farklı kültürlerde, dinlerde ve toplumlarda çeşitli işlevler üstlenmiş ve sembolik, ritüelistik, mimari ya da dekoratif amaçlarla kullanılmıştır. Heykel sanatı, malzeme, teknik ve estetik anlayış açısından dönemlerin ve teknolojik ilerlemelerin etkisiyle sürekli olarak değişim ve dönüşüm göstermiştir (Gao vd., 2023, s. 15).

Heykelin temelini oluşturan unsurlar arasında form, doku, denge, ritim ve ölçek gibi sanatsal kriterler bulunmaktadır. Bu unsurlar, sanatçının hayal gücü ve teknik becerisi ile birleşerek görsel ve dokunsal bir sanat eseri ortaya çıkarır. Geleneksel heykel üretiminde taş, bronz, kil, ahşap gibi doğal malzemeler yaygın olarak kullanılmıştır. Bu malzemelerin işlenmesi, oyma, modelleme, döküm ve montaj gibi tekniklerle gerçekleştirilmiştir. Her malzeme ve teknik, heykelin estetik ifadesini ve anlamını şekillendiren önemli bir faktör olarak öne çıkmıştır.

Tarihi perspektiften bakıldığında, heykelin işlevi ve formu, bulunduğu toplumun kültürel, politik ve dini dinamiklerine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Örneğin, Antik Yunan döneminde heykeller, ideal insan formunu yüceltmek için kullanılmış, estetik ve orantı kavramlarına büyük önem verilmiştir. Roma döneminde ise heykel, bireysel portrelerle gerçekçi bir anlatım sunarak toplumsal statü ve politik gücün bir simgesi haline gelmiştir. Orta Çağ'da heykel, dini yapılarla bütünleşerek kutsal temaları betimlemiş ve kilisenin öğretilerini yaymada bir araç olarak kullanılmıştır. Rönesans dönemi ise heykel sanatında insan merkezli bir yaklaşımı benimseyerek, perspektif ve anatomi konularında ilerlemeler sağlamıştır (Vavřík vd., 2019, s. 62). Modern dönemde ise heykel, soyut sanatın etkisiyle yeni malzemeler ve formlar keşfetmiş, sanatsal özgürlüğün bir simgesi haline gelmiştir (Serrano vd., 2023, s. 48).

Heykel sanatının modern ve çağdaş dönemlerinde, geleneksel yöntemlerin yerini teknolojik yeniliklerin aldığı görülmektedir. Özellikle endüstriyel malzemeler, dijital tasarım araçları ve 3D baskı teknolojileri, heykel üretim süreçlerinde devrim yaratmıştır. Bu yenilikler, sanatçıların hayal gücünü genişletmiş ve farklı malzemelerle deney yapma olanaklarını artırmıştır. Heykelde kullanılan teknolojik unsurlar, estetik ve teknik sınırları yeniden tanımlayarak hem üretim sürecini hızlandırmış hem de daha karmaşık ve detaylı eserlerin yaratılmasını mümkün kılmıştır (Cui ve Misdi, 2023, s. 308).

Bununla birlikte, heykel sanatının yaratıcı süreçleri sadece teknik becerilerden ibaret değildir; aynı zamanda kavramsal ve duygusal bir derinlik içerir. Heykel, izleyicinin mekânla ve sanat eseriyle doğrudan bir etkileşim kurmasını sağlar. Bu, heykelin sadece bir görsel deneyim değil, aynı zamanda fiziksel bir varlık olarak bireylerin algısal ve duygusal dünyalarına hitap ettiği anlamına gelir. Bu nedenle heykel, insanlık tarihinde sadece bir sanat formu değil, aynı zamanda bir düşünce ve ifade biçimi olarak varlığını sürdürmektedir.

Günümüzde heykel sanatı, bireysel yaratıcılığın ve toplumsal ifadelerin bir aracı olarak önemini korumaktadır. Sanatçılar, heykel aracılığıyla toplumsal eleştiriler yapabilmekte, çevresel sorunlara dikkat çekebilmekte ya da insan deneyimlerine dair derin anlamlar sunabilmektedir. Bu durum, heykelin modern dünyadaki çok yönlü işlevini ve çağdaş sanat içindeki dinamik konumunu ortaya koymaktadır. Özetle, heykel sanatı, geleneksel ve modern unsurların harmanlanmasıyla, geçmişin mirasını ve geleceğin potansiyelini bir arada barındıran benzersiz bir yaratım alanıdır.

5. 21. Yüzyıl Heykel Sanatında Yapay Zekâ Destekli 3D Baskı Teknolojisi

21.yüzyıl, teknolojik yenilikler sanatın farklı disiplinlerinde dönüştürücü bir etkiye sahiptir. Heykel sanatı, bu dönüşümün en belirgin görüldüğü alanlardan biri olup, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin kullanımıyla hem üretim süreçlerinde hem de sanatsal ifadede köklü değişimlere sahne

olmuştur (Kessler vd., 2019, s. 14). Yapay zekâ ve 3D baskı teknolojisi, geleneksel heykel üretim yöntemlerinin sınırlarını aşarak yenilikçi yaklaşımlar sunmuş, heykel sanatında yeni bir çağın kapılarını aralamıştır (Gao vd., 2023, s. 15).

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi, heykel üretiminde hız, doğruluk ve esneklik gibi avantajlar sağlayarak geleneksel yöntemlere göre belirgin bir farklılık yaratmaktadır. Geleneksel yöntemlerde, malzeme işleme, tasarım ve üretim süreçleri yoğun emek ve zaman gerektirirken, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi, bu süreçleri büyük ölçüde hızlandırmıştır (Aimar vd., 2019, s. 432). Özellikle karmaşık geometrik şekillerin modellenmesi, detaylı tasarımların oluşturulması ve malzeme kullanımında hassasiyet sağlanması gibi konularda bu teknoloji devrim niteliğinde katkılar sunmaktadır. Örneğin, yapay zekâ algoritmaları, bir heykelin estetik ve işlevsel gerekliliklerini analiz ederek optimal tasarımlar üretebilmekte ve bu tasarımlar, 3D baskı teknolojisi ile doğrudan fiziksel olarak hayata geçirilebilmektedir.

3D baskı teknolojisi, heykel sanatında malzeme çeşitliliğini artırarak sanatçılara daha fazla seçenek sunmaktadır. Metal, plastik, biyolojik materyaller ve geri dönüştürülebilir malzemeler gibi farklı malzemelerle çalışmak, sanatçıların yaratıcılıklarını sınırların ötesine taşımaya olanak sağlamaktadır (Menano vd., 2019, s. 222). Ayrıca, yapay zekâ algoritmalarının katkısıyla, tasarım süreçlerinde analiz ve öngörü yetenekleri artmış, bu da daha sürdürülebilir üretim yöntemlerinin benimsenmesine olanak tanımıştır. Özellikle geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı ve düşük enerji tüketimi sağlayan üretim yöntemleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir (Ahmed ve Aly, 2023, s. 7).

Sanatçılar, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisini kullanarak daha önce mümkün olmayan biçim, doku ve detayları keşfetme fırsatına sahip olmaktadır. Özellikle, karmaşık ve organik formların kolaylıkla üretilmesi, heykel sanatında yeni estetik anlayışların ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, yapay zekâ algoritmalarının sunduğu öğrenme ve adaptasyon yetenekleri, sanatçılara yaratıcı süreçlerde ilham vermekte ve farklı disiplinlerden gelen etkilerin sanatsal üretime entegrasyonunu sağlamaktadır.

6. Yapay Zekâ Destekli 3D Baskı Teknolojisinin İşlevsel Avantajları

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi, üretim süreçlerini daha verimli, hassas ve yenilikçi hale getiren çok yönlü bir teknolojik yenilik olarak öne çıkmaktadır. Bu teknoloji, yapay zekânın veri işleme, öğrenme ve analiz etme kabiliyetlerini 3D baskı süreçlerine entegre ederek, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında birçok işlevsel avantaj sunmaktadır. Bu avantajlar, üretim hızından maliyet etkinliğine, tasarım esnekliğinden sürdürülebilirlik hedeflerine kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır (Chen, 2022, s. 993).

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin en belirgin işlevsel avantajlarından biri, üretim sürecindeki verimliliğin artırılmasıdır. Geleneksel üretim yöntemlerinde tasarım ve prototipleme süreçleri, zaman ve emek açısından oldukça yoğun olabilir. Buna karşın, yapay zekâ destekli algoritmalar, üretim sürecini optimize ederek daha hızlı ve hassas sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Li vd., 2022, s. 22). Örneğin, yapay zekâ algoritmaları, tasarım aşamasında belirli bir nesnenin yapısal gereksinimlerini analiz ederek en uygun üretim yolunu belirleyebilir. Bu sayede, hataların önceden tespit edilmesi ve düzeltilmesi mümkün olurken, üretim süresinin de kısaltılması sağlanmaktadır (Rahim vd., 2019, s. 590).

Malzeme kullanımında sağlanan hassasiyet, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin bir diğer önemli avantajıdır. Bu teknoloji, gerekli malzeme miktarını optimize ederek gereksiz israfı önler. Özellikle karmaşık geometrilere sahip tasarımların üretiminde, yapay zekâ algoritmaları, katmanlı üretim sürecini en etkin şekilde yöneterek malzeme tasarrufu sağlar. Bu durum, hem üretim maliyetlerini düşürmekte hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır. Ayrıca, yapay zekâ sayesinde, farklı malzemelerin kombinasyonu ve bu malzemelerin belirli mekanik özelliklere göre uyarlanması gibi yenilikçi çözümler de üretim süreçlerine entegre edilebilmektedir (Chen, 2022, s. 997).

Geleneksel üretim yöntemleri genellikle fiziksel kısıtlamalar nedeniyle belirli bir form ve yapıda sınırlı kalırken, yapay zekâ destekli süreçler bu kısıtlamaları ortadan kaldırmaktadır. Özellikle yapay zekâ algoritmalarının sağladığı tasarım analizleri, sanatçılara, mühendislik projelerine ve mimari tasarımlara benzersiz ve karmaşık formlar oluşturma imkânı tanımaktadır (Azad vd., 2020, s. 5). Örneğin, geleneksel yöntemlerle üretimi mümkün olmayan organik formlar ve detaylı geometriler, 3D baskı teknolojisi sayesinde kolaylıkla üretilebilmektedir. Bu durum, hem endüstriyel hem de yaratıcı sektörlerde çığır açan yenilikler için bir zemin hazırlamaktadır.

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisini sunduğu bir diğer avantaj, hata oranlarını minimuma indirme kapasitesidir. Geleneksel yöntemlerde tasarım hataları veya üretim sırasında meydana gelebilecek kusurlar, zaman ve malzeme kaybına neden olabilir. Ancak yapay zekâ destekli algoritmalar, üretim sürecini sürekli izleyerek olası hataları önceden tespit edebilir ve düzeltme önerileri sunabilir (Li vd., 2022, s. 25). Bu durum, üretim süreçlerinin hem daha güvenilir hem de daha ekonomik olmasını sağlar. Ayrıca, yapay zekâ sistemleri, üretim sırasında elde edilen verileri analiz ederek, gelecekteki üretim süreçlerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisini çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli avantajlar sunduğu belirtilmelidir. Geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı ve enerji tüketiminin optimize edilmesi, bu teknolojinin çevre dostu bir üretim yöntemi olarak benimsenmesini sağlamaktadır (Rahim vd., 2019, s. 592). Ayrıca, yapay zekâ algoritmaları sayesinde, çevresel etkiler üretim sürecinin her aşamasında izlenebilir ve kontrol altına alınabilir. Bu da, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisini önemli bir araç haline getirmektedir.

6.1. Yapay Zekâ Destekli 3D Baskı Teknolojisinin Heykel Üretim Süreçlerine Katkıları

Geleneksel heykel üretim yöntemleri, uzun süreler ve büyük emek gerektiren süreçlerdi; ancak yapay zekâ destekli 3D baskı, bu süreci hızlandırarak, sanatçılara ve üreticilere daha fazla tasarım esnekliği, maliyet tasarrufu ve yüksek hassasiyet sunmaktadır (Li vd., 2022, s. 20). Bu teknoloji, heykel üretiminin teknik ve sanatsal yönlerinde derinlemesine bir değişim yaratmasının nedeni, dijital araçların ve yeni üretim tekniklerinin sanatçılara geleneksel üretim yöntemlerinin ötesinde yaratım olanakları sunmasıdır. Özellikle 3D yazıcılar, dijital modelleme yazılımları gibi teknolojiler, sanatçılara daha önce fiziksel olarak üretimi zor veya imkansız olan karmaşık yapıları ve formları oluşturma imkânı sağlamaktadır. Bu gelişmeler, heykel üretim sürecini hızlandırarak maliyetleri düşürmüş ve sanatçıların özgün ve detaylı eserler yaratmalarına olanak tanımıştır. Dijital teknolojilerin sunduğu bu olanaklar, aynı zamanda sanatın geleneksel tanımlarını ve sınırlarını yeniden şekillendirerek, sanatsal üretim süreçlerini daha esnek ve erişilebilir hale getirmiştir.

Fotoğraf alanına örnek verilirse. Fotoğrafların özellikleri bağlamında, “*insan figürünün popüleritesi ve belirli bir fantastik amaç doğrultusunda çekilmiş olması*” (Bingöl, 2017, s. 7). Çünkü fotoğrafçılığın teknik olanakları, özellikle dijital manipülasyon ve post-produksiyon tekniklerinin gelişmesiyle, insan figürünün daha estetik bir biçimde temsil edilmesinin yanı sıra, fantastik ve soyut temaların da görsel anlamda daha etkin bir şekilde kurgulanmasını mümkün kılmaktadır. Bu sayede, fotoğraf sanatçıları hem gerçekçilik hem de hayal gücünü barındıran temalarla eserlerini oluşturarak, izleyiciye daha derinlemesine anlamlar sunma fırsatına sahip olurlar.

Dolayısıyla, dijital teknolojilerin sanat üzerindeki etkisi, heykel ve fotoğraf gibi görsel sanat alanlarında yeni yaratım biçimlerinin ortaya çıkmasına, estetik anlayışların evrilmesine ve teknik sınırların yeniden belirlenmesine yol açmıştır.

Bir diğer açıdan yapay zekâ, 3D baskı teknolojisi ile birleşerek, heykel üretim süreçlerinde sanatsal sürecin tasarım aşamasından prototiplemeye kadar geniş bir yelpazede işlevsellik sunmaktadır (Chen, 2022, s. 997). Öncelikle, yapay zekâ algoritmaları, tasarım aşamasında sanatçılara yaratıcı süreçlerinde rehberlik ederek karmaşık formlar ve yapılar oluşturma imkânı tanımaktadır. Geleneksel heykel üretim tekniklerinde, sanatçılar fiziksel malzemeyi işleyerek formlar oluştururken, yapay zekâ destekli 3D baskı, dijital tasarımların doğrudan fiziksel hale gelmesini sağlar (Rahim vd., 2019, s. 590). Bu,

sanatçılara daha önce mümkün olmayan şekillerin ve formların oluşturulmasında büyük bir avantaj sunmaktadır. Özellikle karmaşık geometrik yapılar, organik formlar ve detaylı yüzey dokuları, 3D baskı ile kolaylıkla üretilebilmektedir.

Bir diğer katkı, 3D baskı teknolojisinin sağladığı üretim süreci hızıdır. Geleneksel heykel üretiminde, malzemenin elle işlenmesi, formun şekillendirilmesi ve detayların eklenmesi uzun süreler alırken, 3D baskı teknolojisi bu süreci katmanlı üretimle hızlandırmaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler, üretim aşamasında en verimli yolu belirleyerek, tasarımdan çıktının elde edilmesine kadar olan süreci kısaltmaktadır. Bu hız, sanatçılara daha fazla deneme yapma imkânı tanırken, aynı zamanda daha kısa sürede farklı tasarımlar üzerinde çalışabilme esnekliği sağlar.

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin işlevsel katkılarından biri de, üretim sırasında ortaya çıkan hataların minimuma indirilmesidir. Geleneksel heykel üretim süreçlerinde, malzemenin işlenmesi sırasında hatalar yapabilir ve bu hatalar zaman ve malzeme kaybına yol açabilir. Ancak yapay zekâ, 3D baskı sürecini sürekli izleyerek, olası hataları önceden tahmin edebilir ve düzeltme önerileri sunar (Azad vd., 2020, s. 5).

Geleneksel olarak, heykel sanatında kullanılan malzemeler genellikle taş, metal, kil gibi sınırlı seçeneklerle kısıtlıydı. Ancak 3D baskı teknolojisi, plastik, metal alaşımları, seramikler, kompozit malzemeler gibi çeşitli malzemeleri kullanarak yeni estetik deneyimler yaratılmasına olanak tanımaktadır (Chen, 2022, s. 993). Ayrıca, yapay zekâ algoritmalarının yardımıyla, farklı malzemelerin özellikleri birbirleriyle uyumlu bir şekilde birleştirilebilmekte ve böylece sanatçılara daha özgün, fonksiyonel ve estetik açıdan zengin eserler üretme fırsatı sunulmaktadır.

Dolayısıyla, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi, heykel üretim süreçlerinde önemli işlevsel katkılar sağlamaktadır. Sanatçılara yaratıcı süreçlerinde yeni yollar ve formlar keşfetme, üretim sürecini hızlandırma, malzeme kullanımında verimlilik sağlama ve hataları minimize etme imkânı sunan bu teknoloji, heykel sanatını dönüştüren bir araç olarak öne çıkmaktadır. Yapay zekâ ve 3D baskı teknolojilerinin birleşimi, sadece sanatçılara daha fazla yaratıcı özgürlük tanımakla kalmamış, aynı zamanda heykel sanatının estetik ve işlevsel yönlerini daha önce görülmemiş bir düzeyde yeniden şekillendirmiştir.

7. Sougwen Chung'un "Life Lines" Eseri Üzerinden Heykel Sanatında İşlevsel Dönüşümler



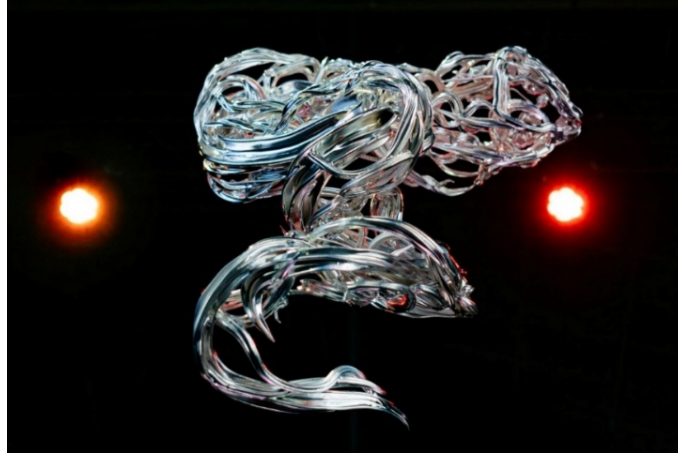
Şekil 1. *Sougwen Chung, Process, BTS Motion Capture/Ganesis, 2019-2024, Dijital sanat, motion capture, interaktif enstalasyon, Sougwen Chung koleksiyonu*

Kaynak: <https://sougwen.com/project/genesis-2024>, Erişim tarihi: 12.03.2025



Şekil 2. *Sougwen Chung, Process, BTS Motion Capture/Ganesis, 2019-2024, Dijital sanat, motion capture, interaktif enstalasyon, Sougwen Chung koleksiyonu.*

Kaynak: <https://sougwen.com/project/genesis-2024>, Erişim tarihi: 12.03.2025



Şekil 3. *Sougwen Chung, Process, BTS Motion Capture/Ganesis, 2019-2024, Dijital sanat, motion capture, interaktif enstalasyon, Sougwen Chung koleksiyonu.*

Kaynak: <https://sougwen.com/project/genesis-2024>, Erişim tarihi: 12.03.2025

7.1. Sougwen Chung'un “Life Lines” Eseri Üzerinden Heykel Sanatında İşlevsel Dönüşümler

Sougwen Chung'un “Life Lines” adlı eseri, heykel sanatında dijital teknolojilerin ve yapay zekânın kullanımının getirdiği işlevsel dönüşümleri anlamak için önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu eser, geleneksel heykel üretim süreçlerinin ötesine geçerek, dijital ortamda yaratım süreçlerini dönüştüren ve sanatçının el becerisini dijital bir ortama taşıyan yenilikçi bir yaklaşımı benimsemektedir (Abramson, 2018, s. 34). Chung, eserinde, sanatçının fiziksel hareketlerini yapay zekâ algoritmalarıyla entegre ederek insan ve makine arasındaki etkileşimi sanatın üretim sürecine dâhil etmiş ve bu sayede sanat üretiminde daha önce gözlemlenmeyen bir işbirliği modeli ortaya koymuştur.

“Life Lines”, sanatçının elle yaptığı çizimlerin dijital ortama aktarılmasının yanı sıra, yapay zekâ tarafından analiz edilen bu çizimlerin yeniden üretilmesiyle, insan ve teknolojinin ortak bir yaratım süreci içinde yer aldığı bir deneyim sunar.

7.2. Sougwen Chung'un “Life Lines” Eserindeki Yapay Zekâ Destekli Teknolojik Yenilikler

Chung'un eserinde kullanılan yapay zekâ, sanatçının hareketlerini ve çizimlerini izleyen bir algoritma tarafından desteklenmektedir. Sanatçının yaptığı çizimler, dijital ortamda analiz edilmekte ve bu analizler sonucunda yapay zekâ, sanatçının hareketlerinin verilerini kullanarak benzer çizimler

üretmektedir. Bu süreç, sanatçının fiziksel el hareketlerinin dijital bir karşılığı yaratır ve insan etkileşiminin yapay zekâ ile olan işbirliği içinde yeni bir sanatsal ifade biçimi doğurur (Martyastadi, 2020, s. 22). Buradaki teknolojik yenilik, sanatçının çizim sürecine dahil ettiği yapay zekâ algoritmalarının, yaratıcı bir katkı sağlayarak sanatçının el becerisini bir dijital üretim sürecine dönüştürmesidir.

Teknolojik yeniliklerin sanatın yaratım süreçlerine entegre edilmesi, yalnızca sanatçının üretim biçimlerini değil, aynı zamanda sanat eserinin toplumsal anlamını da yeniden şekillendirir. Chung'un "Life Lines" eserinde kullanılan yapay zekâ, izleyiciye sanatın üretim sürecine dair yeni bir anlayış sunar. Geleneksel sanat anlayışlarında izleyici, sanat eserini sabit bir objenin sonucu olarak kabul ederken, dijital ve yapay zekâ destekli sanat eserlerinde izleyici, sanatın yaratım sürecini ve sanatçının bu süreçteki rolünü daha derinlemesine anlayabilir (Jégo ve Meneghini, 2020, s. 3). Chung'un eserinde izleyici, sanatçının ve yapay zekânın işbirliğiyle şekillenen bir yaratım sürecinin parçası haline gelir.

9. Bulgular

Araştırma bulguları, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin heykel sanatında üretim süreçlerini, estetik anlayışı ve sürdürülebilirlik yaklaşımlarını dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır. Analizler, yapay zekâ algoritmalarının ve 3D baskı teknolojisinin, geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında daha hızlı, hassas ve karmaşık üretim süreçleri sağladığını göstermiştir. Özellikle Sougwen Chung'un "Life Lines" adlı eserinde bu teknolojilerin yaratıcı sürece entegrasyonu, sanatçının el hareketlerini dijital tasarımlara dönüştüren bir sistemin başarıyla uygulanmasıyla somutlaşmıştır. Bu süreç, tasarımların dijital olarak modellenip, 3D baskı ile fiziksel forma aktarılmasıyla sanat üretiminde yenilikçi bir yöntem olarak dikkat çekmiştir.

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin estetik dönüşüm üzerindeki etkisi de bulgular arasında öne çıkmaktadır. Geleneksel üretim yöntemlerinde malzemenin fiziksel sınırları ve sanatçının el becerisi belirleyici olurken, yapay zekâ ve 3D baskı teknolojileri bu sınırları aşarak daha özgün ve karmaşık tasarımların gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. "Life Lines" eserinde yapay zekâ algoritmalarının, sanatçının çizimlerini analiz ederek bu verilerle yeni tasarımlar oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu durum, estetik anlayışın insan-makine iş birliğiyle yeniden şekillendiğini ve heykel sanatına yeni bir boyut kazandırdığını ortaya koymaktadır.

Bulgular, ayrıca, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin çevresel sürdürülebilirlik ve malzeme verimliliği açısından sağladığı avantajlara da işaret etmektedir. Araştırmada incelenen örneklerde, geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı ve üretim süreçlerinde malzeme israfının en aza indirgenmesi dikkat çekmiştir. Yapay zekâ algoritmalarının tasarım ve üretim süreçlerini daha verimli hale getirmesi, yalnızca ekonomik verimlilik sağlamamış, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasına da katkıda bulunmuştur.

Heykel sanatındaki yaratıcı süreçler açısından bakıldığında, yapay zekâ ve 3D baskı teknolojilerinin, sanatçının rolünü yeniden tanımladığı görülmektedir. Geleneksel üretim yöntemlerinde fiziksel işleme süreçleri belirleyici olurken, bu teknolojiler sanatçının stratejik ve yaratıcı bir yönlendirici olarak konumlanmasına olanak sağlamaktadır. Bu etkileşim, sanat üretiminde yeni bir iş birliği modeline zemin hazırlamış ve sanatçılara yaratıcı süreçlerinde daha geniş bir özgürlük alanı sunmuştur.

Bu kapsamda araştırma, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin heykel sanatı üzerindeki dönüştürücü etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Estetik ve işlevsellik açısından sağlanan bu dönüşüm, yalnızca üretim sürecini iyileştirmekle kalmamış, aynı zamanda heykel sanatının geleceğine dair yeni ufuklar açmıştır. "Life Lines" eseri üzerinden yapılan analizler, bu teknolojilerin sanatsal üretime sunduğu yeniliklerin, yaratıcı süreçleri nasıl yeniden şekillendirdiğini ve estetik anlayışa nasıl katkı sağladığını somut bir şekilde göstermektedir.

Tablo 2: Bulgular

Bulgular	Açıklamalar	Etkiler
Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi, üretim süreçlerini hızlandırmış ve karmaşık tasarımların gerçekleştirilmesini sağlamıştır.	Teknoloji, tasarım ve üretim aşamalarında hız ve doğruluğu artırarak geleneksel yöntemlere kıyasla daha verimli süreçler sunmuştur.	Hız ve hassasiyet artışı
Sanatçı-yapay zekâ iş birliği, insan-makine etkileşimi ile yeni bir estetik anlayış ortaya koymuştur.	Yapay zekâ algoritmaları, sanatçının yaratıcı süreçlerine analitik bir boyut katarak, daha önce mümkün olmayan karmaşık tasarımlar üretilmesine olanak tanımıştır.	Estetik dönüşüm
Çevresel sürdürülebilirlik açısından geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı ve malzeme israfının azaltılması sağlanmıştır.	Üretim süreçlerinde yapay zekâ algoritmalarının malzeme kullanımını optimize etmesi, çevresel etkileri minimize etmiş ve sürdürülebilir üretim modellerine katkıda bulunmuştur.	Sürdürülebilirlik ve verimlilik
Yapay zekâ, tasarım süreçlerinde rehberlik ederek sanatçılara daha geniş bir özgürlük alanı sunmuştur.	Tasarım sürecinde yapay zekâ, sanatçılara alternatif tasarım önerileri ve süreç iyileştirmeleri sunarak yaratıcı süreçlerin daha esnek bir şekilde yönetilmesini sağlamıştır.	Yaratıcı süreçlerde genişleme
3D baskı teknolojisi, geleneksel yöntemlerle mümkün olmayan detaylı ve organik formların üretilmesine olanak tanımıştır.	Karmaşık geometrik yapıların ve ince detayların üretilmesi, teknolojinin geleneksel yöntemlere kıyasla daha geniş bir estetik ifade yelpazesi sunduğunu göstermektedir.	Yeni estetik ve detay olanakları

(Tablo 2) yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin heykel sanatı üzerindeki etkilerini yapılan araştırma kapsamında göstermektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, 21. yüzyılın en yenilikçi teknolojilerinden biri olan yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisinin, heykel sanatı alanındaki işlevsel dönüşümü ele alınmıştır. Yapay zekâ ve 3D baskı teknolojilerinin geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla sunduğu avantajlar, sanatçılara hem estetik hem de işlevsel olarak yeni olanaklar sağlamaktadır. Sougwen Chung'un "Life Lines" adlı eseri üzerinden yapılan analiz, bu teknolojilerin heykel üretim süreçlerinde sağladığı dönüşümün hem teknik hem de kavramsal açıdan nasıl derin etkiler yarattığını ortaya koymuştur.

Yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi, heykel üretiminde hız, verimlilik, tasarım esnekliği ve hata oranlarını azaltma gibi önemli işlevsel avantajlar sunmaktadır. Bu teknoloji, geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha hızlı prototipleme, karmaşık geometrik yapılar ve organik formlar yaratma imkânı tanımaktadır. Ayrıca, malzeme kullanımını optimize ederek, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik tasarruf sağlanmasına da olanak tanımaktadır. Bu yönleriyle, yapay zekâ destekli 3D baskı teknolojisi, heykel sanatında estetik sınırları yeniden tanımlayarak, sanatçıların daha önce imkansız olan tasarımları hayata geçirmelerini mümkün kılmaktadır.

Sougwen Chung'un "Life Lines" eseri, dijital teknolojilerin ve yapay zekânın sanatla birleştiği yaratıcı süreçleri ve bu süreçlerin işlevsel dönüşümünü gözler önüne sererek önemli bir örnek teşkil etmektedir. Eser, sanatçının el hareketlerini yapay zekâ algoritmalarına entegre ederek, sanatçının yaratım sürecine yeni bir boyut kazandırmıştır. Dijital ortamda yapılan analizler ve üretim sürecindeki hızı ile sanatçılara daha fazla özgürlük tanımaktadır. Ayrıca, izleyici ile sanat eserinin etkileşimi de dönüşerek, daha katılımcı ve dinamik bir deneyim sunmaktadır.

Gelecekte, yapay zekâ ve dijital teknolojilerin daha da gelişmesiyle birlikte, heykel sanatı gibi yaratıcı alanlarda insan ve makine işbirliğinin daha derinleşmesi beklenmektedir. Bu çalışma, heykel sanatındaki teknolojik dönüşümün, sanat pratiğine olan etkilerini daha derinlemesine keşfetmek için önemli bir temel oluşturmuş ve bu alanda gelecekteki araştırmalar için bir rehber niteliği taşımaktadır.

Kaynakça

- Abramson, H. (2018). The Digital Sculpture Toolbox: Eight Technologies With Significant Impact On The Future Of Sculpture. *Sculpture Review*, 67(2), 34-39.
- Adadi, A. ve Berrada, M. (2018). Peeking Inside The Black-Box: A Survey On Explainable Artificial Intelligence (Xai). *Ieee Access*, 6, 52138-52160.
- Ahmed, H. T. ve Aly, A. M. (2023). Recycled Waste Materials In Landscape Design For Sustainable Development (Al-Ahsa As A Model). *Sustainability*, 15(15), 11692-11705.
- Aimar, A., Palermo, A. ve Innocenti, B. (2019). The Role Of 3D Printing In Medical Applications: A State Of The Art. *Journal Of Healthcare Engineering*, 2019(1), 5340597-5340616.
- Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., ... ve Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (Xai): Concepts, Taxonomies, Opportunities And Challenges Toward Responsible Ai. *Information Fusion*, 58, 82-115.
- Azad, M. A., Olawuni, D., Kimbell, G., Badruddoza, A. Z. M., Hossain, M. S. ve Sultana, T. (2020). Polymers For Extrusion-Based 3D Printing Of Pharmaceuticals: A Holistic Materials–Process Perspective. *Pharmaceutics*, 12(2), 90-124.
- Bingöl, O. (2017). Alternatif Tasarımlar Bağlamında Fotoğraf. *İletişim Çalışmaları Dergisi*, 3(1), 1-16.
- Bräuer-Burchardt, C., Munkelt, C., Bleier, M., Heinze, M., Gebhart, I., Kühmstedt, P. ve Notni, G. (2023). Underwater 3D Scanning System For Cultural Heritage Documentation. *Remote Sensing*, 15(7), 1857-1864.
- Chen, Y. (2022). Advantages Of 3D Printing For Circular Economy And Its Influence On Designers. *Proceedings Of The Design Society*, 2, 991-1000.
- Cui, L. ve Misdi, M. (2023, June). Adaptive Hierarchical Optimization Of Sculpture 3D Printing Based On Fuzzy Pid Algorithm. In *2023 International Conference On Mechatronics, Iot And Industrial Informatics (Icmii)* (Pp. 307-310). Ieee.
- Derudas, P. ve Berggren, Å. (2021). Expanding Field-Archaeology Education: The Itegration Of 3D Technology Into Archaeological Training. *Open Archaeology*, 7(1), 556-573.
- Elakkad, A. S. (2019). 3D Technology In The Automotive Industry. *International Journal Of Engineering And Technical Research*, 8(11), 110-122.
- Gao, C., Wang, F., Hu, X. ve Zhang, M. (2023). Research On The Analysis And Application Of Polymer Materials In Contemporary Sculpture Art Creation. *Polymers*, 15(12), 2717-2727.
- Hagendorff, T. (2020). The Ethics Of Ai Ethics: An Evaluation Of GuideLines. *Minds And Machines*, 30(1), 99-120.
- Iftakar, S. F., Aabid, A., Amir, A. ve Baig, M. (2023). Advancements And Limitations In 3D Printing Materials And Technologies: A Critical Review. *Polymers*, 15(11), 2502-2519.
- Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A., Petersen, J. ve Maier-Hein, K. H. (2021). Nnu-Net: A Self-Configuring Method For Deep Learning-Based Biomedical Image Segmentation. *Nature Methods*, 18(2), 203-211.
- Jégo, J. F., ve Meneghini, M. B. (2020, July). Let's Resonate: How To Elicit Improvisation And Letting Go In Interactive Digital Art. In *Proceedings Of The 7th International Conference On Movement And Computing* (Pp. 1-8).
- Kantaros, A., Ganetsos, T. ve Petrescu, F. I. T. (2023). Three-Dimensional Printing And 3D Scanning: Emerging Technologies Exhibiting High Potential In The Field Of Cultural Heritage. *Applied Sciences*, 13(8), 4777, 1-45.

- Kessler, A., Hickel, R. ve Reymus, M. (2020). 3D Printing In Dentistry—State Of The Art. *Operative Dentistry*, 45(1), 30-40.
- Khunti, R. (2018). The Problem With Printing Palmyra: Exploring The Ethics Of Using 3D Printing Technology To Reconstruct Heritage. *Studies In Digital Heritage*, 2(1), 1-12.
- Li, H., Zhang, B., Wang, R., Yang, X., He, X., Ye, H., ... ve Ge, Q. (2022). Solvent-Free Upcycling Vitrimers Through Digital Light Processing-Based 3D Printing And Bond Exchange Reaction. *Advanced Functional Materials*, 32(28), 2111030.
- Ligon, S. C., Liska, R., Stampfl, J., Gurr, M. ve Mülhaupt, R. (2017). Polymers For 3D Printing And Customized Additive Manufacturing. *Chemical Reviews*, 117(15), 10212-10290.
- Manning, C. D., Surdeanu, M., Bauer, J., Finkel, J. R., Bethard, S. ve McClosky, D. (2014, June). The Stanford CoreNlp Natural Language Processing Toolkit. In *Proceedings Of 52nd Annual Meeting Of The Association For Computational Linguistics: System Demonstrations* (Pp. 55-60).
- Martyastadi, Y. S. (2020, June). From Spiritual To Virtual: An Interactive Digital Art Creation Of Virtual Reality Borobudur. In *2020 Nicograph International (Nicoimt)* (Pp. 18-25). Ieee.
- Menano, L., Fidalgo, P., Santos, I. M. ve Thormann, J. (2019). Integration Of 3D Printing In Art Education: A Multidisciplinary Approach. *Computers In The Schools*, 36(3), 222-236.
- Nelson, M. D., Goenner, B. L. ve Gale, B. K. (2023). Utilizing Chatgpt To Assist Cad Design For Microfluidic Devices. *Lab On A Chip*, 23(17), 3778-3784.
- Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., ... ve Chintala, S. (2019). Pytorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. *Advances In Neural Information Processing Systems*, 32. 19-34.
- Rahim, T. N. A. T., Abdullah, A. M. ve Md. Akil, H. (2019). Recent Developments In Fused Deposition Modeling-Based 3D Printing Of Polymers And Their Composites. *Polymer Reviews*, 59(4), 589-624.
- Rudin, C. (2019). Stop Explaining Black Box Machine Learning Models For High Stakes Decisions And Use Interpretable Models Instead. *Nature Machine Intelligence*, 1(5), 206-215.
- Serrano, D. R., Kara, A., Yuste, I., Luciano, F. C., Ongoren, B., Anaya, B. J., ... ve Lalatsa, A. (2023). 3D Printing Technologies In Personalized Medicine, Nanomedicines, And Biopharmaceuticals. *Pharmaceutics*, 15(2), 313.
- Shi, X., Chen, Z., Wang, H., Yeung, D. Y., Wong, W. K. ve Woo, W. C. (2015). Convolutional Lstm Network: A Machine Learning Approach For Precipitation Nowcasting. *Advances In Neural Information Processing Systems*, 28, 800-862.
- Topol, E. J. (2019). High-Performance Medicine: The Convergence Of Human And Artificial Intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44-56.
- Tong, Z. ve Kulic, D. (2021, April). Learning To Engage In Interactive Digital Art. In *Proceedings Of The 26th International Conference On Intelligent User Interfac*