ENSTRÜMAN YAPIMINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR: POST-ZANAATKÂRLIK VE HESAPLAMALI LUTİYELİK

ÖZGÜR TURAN

BİDGE

ENSTRÜMAN YAPIMINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR: POST-ZANAATKÂRLIK VE HESAPLAMALI LUTİYELİK

ÖZGÜR TURAN

BİDGE

BİDGE Yayınları

ENSTRÜMAN YAPIMINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR: POST-ZANAATKÂRLIK VE HESAPLAMALI LUTİYELİK

Yazar: ÖZGÜR TURAN

ISBN: 978-625-372-859-5

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 14.12.2025

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374
Yayın hakları © BİDGE Yayınları
www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com
Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.
Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara

İçindekiler

Önsöz 4
1.Giriş 8
2. Post-Zanaatkârlık ve Hesaplamalı Lutiyelik 15
2.1. Post-Zanaatkârlık: Kültürel ve Epistemolojik Dönüşüm ... 15
2.2. Hesaplamalı Lutiyelik: Teknik ve Metodolojik Dönüşüm 21
2.3.Hesaplamalı Lutiyelikte Temel Yöntemler 23
2.3.1.Dijital Modelleme ve Parametrik Tasarım 24
2.3.2.Akustik Simülasyon ve Sayısal Analiz 26
2.3.3.Tersine Mühendislik ve 3B Tarama Teknolojileri .. 31
2.3.4.Sayısal Üretim Teknolojileri 34
2.3.5.Robotik Sistemler ve Yapay Zekâ 37
3.Hesaplamalı Akustiğin Tarihsel ve Epistemik Gelişimi 47
4.Enstrüman Tasarımında Post-Zanaatkârlık Uygulamaları 53
5.Post-Zanaatkârlığın Eleştirel Çerçevesi ve Açık Kültür 71
5.1.Sezgisellik ve Algoritmik Soyutlama 71
5.2.Açık Zanaatkârlık: Potansiyeller ve Sınırlar 76
5.3. Açık Zanaatkârlık Ekosistemleri 83
5.4. Tarihsel Bağlam ve Ön-Açık Zanaat Pratikleri 88
5.5.Ekolojik Boyut ve Malzeme Politikaları 95
5.6.Açık Kültür Pratiklerine Yönelik Eleştiriler 97
5.7.1.Batı-Merkezcilik ve Postkolonyal Eleştiriler 99
5.7.2.Yerel Bilginin Soyutlanması ve Standartlaşma 102

6.Açık Kaynaklı Üretim ve Dijital Paylaşım Ekosistemleri 106
6.1.Açık Kaynaklı Enstrüman Tasarımı ve Paylaşım Kültürü 106
6.2.Dijital Medya ve Lutiyelikte Bilgi Paylaşım Rejimleri 108
6.2.1.Sosyal Medya ve Görsel-İşitsel Aktarım..... 109
6.2.2.Dijital Kolektiflik ve Üretim Kültürleri 111
6.3.Küresel Lutiyelik İnisiyatifleri 122
7. Post-Zanaatkâr Özne ve Sezgisel Bilginin Konumlanışı 125
8. Sonuç: Yenilikçi Yaklaşımlar ve Düşünsel Bir Geçiş Alanı..... 133
Anahtar Kavramlar / Keywords 136
Kaynakça..... 142

Teşekkür

Her zaman yanımda olan ailem Nevin, Esra ve Gökhan Turan'a; sabrı ve desteğiyle bu süreçte bana eşlik eden sevgili Merve Aytaç'a; dostluğu ve desteğiyle güç veren Ferhan Kızıltepe'ye; mesleki kariyerimde katkılarını esirgemeyen Lilian Maria Tonella Tüzün'e; her koşulda desteğini hissettiren, sanat ve akademik yaşamındaki kararlı duruşu ve ilham verici çalışmalarıyla yolumu aydınlatan sevgili hocam ve dostum Alper Maral'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

Önsöz

Bu kitap çalışmasında, enstrüman tasarımı ve yapımı ekseninde çağdaş zanaatkârlığın dijital çağla birlikte geçirdiği epistemolojik ve ontolojik dönüşüm, "post-zanaatkârlık" kavramının sunduğu kuramsal çerçeve üzerinden incelenmekte; lutiyeliğin alışılmış ustalık pratiklerinden hesaplamalı, veriye dayalı ve kolektif üretim modellerine doğru yönelen çok katmanlı evrimi tartışmaya açılmaktadır. El emeğine dayalı sezgisel üretim biçimlerinin dijital araçlar, algoritmik süreçler ve açık kaynak kültürüyle etkileşime girdiği günümüzde zanaatkâr figürü yeniden tanımlanmakta; üretim pratikleri, bilgi paylaşım biçimleri ve etik sorumluluk alanları köklü bir dönüşüme uğramaktadır. Bu bağlamda "hesaplamalı lutiyelik" kavramı, enstrüman yapımında teknolojik araçların kullanımının ötesine geçerek zanaatkârlığa özgü bilgi üretim yöntemlerinin, malzeme politikalarının ve estetik yönelimlerin yeniden düşünülmesini gerekli kılar. Post-zanaatkârlık, üretimi kültürel, etik ve ekolojik bir diyalog alanı olarak konumlandırırken; bu dönüşümün en erken ve belirgin biçimde hissedildiği zanaat alanlarından biri de lutiyeliktir.

Bu çalışmanın amacı, günümüz dijital teknolojileri ile açık kültür pratiklerinin enstrüman yapımındaki zanaatkârlık süreçlerini nasıl dönüştürdüğünü ortaya koymak ve bu dönüşümün epistemolojik, sosyolojik ve pedagojik sonuçlarını kapsamlı bir biçimde irdelemektir. Bu doğrultuda kitapta disiplinlerarası bir yaklaşım benimsenerek zanaatkârlığın sezgisel bilgi birikimi ile hesaplamalı düşünme biçimleri arasındaki etkileşim ele alınmış; post-zanaatkâr öznenin ortaya çıkışı, güncel medya kültürü, "do it yourself" eğilimleri, "maker" hareketi, açık kaynak ekosistemleri ve küresel paylaşım ağlarıyla birlikte değerlendirilmiştir. Böylelikle zanaatkârlığın geleceğine dair eleştirel ve etik bir perspektif geliştirilmiştir.

Öte yandan, post-zanaatkârlık yönelimleri ile çağdaş üretim teknolojilerinin lutiyelik pratiklerini hangi yönlerden yeniden tanımladığı incelenirken, tarihsel zanaatkârlık biçimlerinin günümüzde geçirdiği dönüşüm de kapsamlı biçimde ele alınmıştır. Alışılmış ustalık modellerinin sayısal üretim teknikleri, bilgisayar destekli tasarım süreçleri ve açık kaynaklı paylaşım kültürüyle karşılaştığında nasıl yeniden yorumlandığı tartışılmıştır. Dahası, lutiyeliğin robotik sistemler ve yapay zekâ temelli üretim süreçleriyle kuracağı muhtemel etkileşimlere ilişkin ileriye dönük bir perspektif sunulmuş; böylelikle lutiyeliğin salt el işçiliğine dayalı bir uğraş olmaktan çıkarak bilişsel, entelektüel, hesaplamalı ve işbirliğine dayalı bir pratik hâline gelişinin altı çizilmiştir. Ayrıca, geçmiş zanaatkârlık pratiklerinin hangi yönleriyle işlevselliğini yitirdiği, hangilerinin çağdaş teknolojiler tarafından dönüştürüldüğü ve hangilerinin hâlen kültürel değerini koruduğu analiz edilerek lutiyeliğin geleceğine ilişkin çok katmanlı bir perspektif ortaya konmuştur.

Son olarak bu kitap, akademideki çalgı yapımı ve onarımı bölümleri için bir kaynak olmanın ötesinde; lutiyelik zanaatının 21. yüzyılda sıkıştığı, dönüştüğü ve yeniden tanımlandığı noktada alternatif bir düşünme alanı önermeyi amaçlamaktadır. Dijital üretim çağında lutiye salt malzeme odaklı bir zanaat öznesi olmaktan ziyade, geniş tasarım, bilgi ve üretim ağlarının etkin bir düğümü olarak yeniden konumlanmaktadır. Bu bağlamda sezgi ile algoritmanın, bedensel emek ile hesaplamanın, yerel malzeme kültürü ile küresel bilgi akışlarının kesiştiği hibrit bir üretim ekosistemi ortaya çıkmaktadır.

Bu perspektifte çalışmanın temel hedefi, bu hibrit alanın imkânlarını görünür kılmak; zanaatkârlığın tarihsel olarak sahip olduğu sezgisel, duyumsal ve topluluk-temelli bilgi biçimlerinin hesaplamalı yöntemlerle nasıl yeniden üretilebildiğini ve nasıl

dönüştürülebildiğini sorgulayan bir düşünsel çerçeve sunmaktır. Böylelikle kitap, çalgı yapımı alanını geçmişten günümüze alışılmış bir üretim etkinliği olmanın çok ötesine taşıyarak; 21. yüzyılın değişen epistemolojileri, yeni pedagojik modelleri ve ortaya çıkan kültürel ilişkiler ağı çerçevesinde yeniden düşünmeyi amaçlayan genişletilmiş bir bakış açısı önermektedir.

Özgür Turan

1. Giriş

Enstrüman yapımı, tarihsel olarak malzemenin dokunsal bilgisi, ustalığın sezgisel aktarımı ve kültürel kodların iç içe geçtiği bir zanaatkârlık pratiği olarak şekillenmiştir. Ahşabın damar yapısından metalin elastikiyetine, derinin titreşim özelliklerinden boşluğun akustik yankılanmasına kadar her unsur, nesiller boyunca aktarılan deneyim ve alışılmış öğrenme süreçlerine dayalı bir bedensel bilgi (embodied knowledge)[1] alanı üretmiştir. Ancak 20. ve 21. yüzyılda hız kazanan dijitalleşme süreçleri, bu köklü geleneği dönüştüren, yeni epistemolojilere ve üretim biçimlerine kapı aralayan bir dönüm noktasına işaret etmektedir.

Özellikle 20. yüzyılın sonlarından itibaren bilgisayar destekli tasarım (CAD), sayısal üretim teknikleri (CAM), akustik simülasyon yazılımları, yapay zekâ destekli analiz araçları ve açık kaynaklı dijital paylaşım platformlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, geleneksel enstrüman yapımı pratikleri teknik ve kavramsal düzeyde dönüşüme uğramıştır. Bu dönüşüm, sadece teknolojik bir güncellenmeden ibaret olmayıp, zanaatkârlığın sezgisel bilgisi ile hesaplamalı modelleme pratiklerinin iç içe geçtiği hibrit bir üretim anlayışı doğurmuştur. Bu yeni yaklaşım, "post-zanaatkârlık" (*post-craft*) olarak tanımlanan yeni bir üretim paradigmasının habercisidir. Bu çalışma kapsamında önerilen "hesaplamalı lutiyelik" (computational luthiery) yaklaşımı, geleneksel enstrüman yapımının cisimleşmiş ve sezgisel bilgi dağarcığını dijital araçlar ve veri temelli süreçlerle yeniden yorumlayan bir epistemolojik kırılmaya

[1] *Embodied Knowledge:* Bedensel bilgi, bireyin düşünce ve algı süreçlerine içkin, fiziksel çevreyle etkileşim içinde şekillenen önermesel olmayan bir bilgi biçimidir. Bu tür bilgi, bilişsel bir içerik olarak ve kişinin mekânsal-zamansal yönelimi, algısal deneyimi ve motor hareketleri üzerinden beden aracılığıyla edinilen anlam katmanlarını kapsar. Bedensel bilgi; refleksif olmayan, deneyim öncesi (pre-reflektif) düzeyde işler ve bireylerin kimlik, aidiyet ve varoluş biçimlerini dönüştürme kapasiteleriyle ilişkilidir (Johnson, 1989).

işaret eder. Bu üretim süreçleri, enstrüman yapımının kültürel, estetik ve pedagojik boyutlarına da etki eden çok katmanlı bir dönüşümdür.

Kitap boyunca hesaplamalı lutiyeliğin teknik, yaratıcı ve toplumsal boyutları çok yönlü bir biçimde ele alınacaktır. Öncelikle bu yaklaşımın kavramsal temelleri ve tarihsel gelişimi değerlendirilecek, ardından başlıca hesaplamalı yöntemler (parametrik modelleme, sayısal akustik analiz vb.) tartışmaya açılacaktır. Farklı coğrafyalardan seçilmiş örnek projeler ışığında bu yöntemlerin nasıl uygulandığı örneklendirilecek ve son olarak bu dönüşümün potansiyelleri ile sınırlılıkları eleştirel bir bakışla değerlendirilecektir. Böylece, enstrüman yapımında teknolojik dönüşümün salt teknik bir sürecin ötesinde yeni bir düşünme biçimi olarak nasıl işlev gördüğü ortaya konulacaktır.

Zanaatkâr lutiye için yüzyıllar boyunca “yapabilmek,” “becerebilmek” ve kendi pratiğinin gerektirdiği normları herkesten daha iyi ve daha özgün biçimde gerçekleştirebilmek varoluşsal bir kaide oluşturmuştur. Geçmişten bu yana ustalık, teknik bir yeterlilikten öte; dayanıklılık, sabır, malzemenin dilini anlama ve nesneye kendi imzasını kazıma becerisiyle tanımlanan kültürel bir otorite biçimidir. El emeğinin temsil ettiği bu rekabetçi mükemmeliyet anlayışı, uzun süre boyunca zanaatkârlığın toplumsal ve mesleki statüsünün belirleyicisi olmuştur. Ancak 21. yüzyılda üretimin giderek sorun olmaktan çıktığı ve seri üretim teknolojilerinin erişilebilir hâle geldiği bir bağlamda bu tür el işçiliğine dayalı rekabet alanları anlamını büyük ölçüde yitirmeye başlamıştır. Artık “en iyisini yapabilmek” bedensel ustalıktan ziyade dijital araçların sağladığı doğruluk, ölçeklenebilirlik ve çeşitlendirilmiş tasarım olanaklarıyla farklı bir biçimde tanımlanmaktadır.

Diğer yandan, geleneksel lutiyelik alanlarında makine kullanımına ilişkin tartışmalar uzun süredir gündemdeyken, günümüz teknolojilerinde hızla yaygınlaşan sayısal üretim teknikleri, yapay zekâ uygulamaları ve robotik sistemler bu tartışmayı bambaşka bir boyuta taşımış; hatta teknolojinin ulaştığı düzey göz önünde bulundurulduğunda söz konusu tartışmayı büyük ölçüde anlamsız hâle getirmiştir. Lutiyenin varoluş alanını oluşturan geleneksel el yapımı tekniklerin giderek birbirine benzer, standartlaşmış nitelikler kazanması da bu durumun bir parçası hâline gelmiş; farklılığın ve özgünlüğün değeri belirsizleşmiştir. Bu bağlamda, 20. yüzyılın başında Duchamp'ın geliştirdiği "ready-made" ve daha geniş anlamda "found object" yaklaşımının açtığı kavramsal alan, insan için giderek daha önemli bir varoluşsal çözüm noktası olarak görünür hâle gelmiştir. Bu görüş doğrultusunda "kavramsallık," hız, geçicilik ve teknolojik yoğunlukla tanımlanan günümüz üretim ortamında çalgı yapım alanlarının bağlamdan kopuş sürecine yönelik bir çözüm imkânı sunmaktadır. Robotik sistemler ve yapay zekâ gibi her geçen gün insanüstü nitelikler kazanan teknolojilerin tüm sektörleri hızla dönüştürdüğü bu dönemde, insanî "el yapımı," "sanatsal," "zanaatsal" ve "tasarımsal" becerilerin işlevi giderek daralmakta, hatta bazı durumlarda tamamen ortadan kalkmaktadır. Konvansiyonel pratikler ise sistemin dayattığı yönelimlere uyum sağladıkları ölçüde kurumsallaşmakta ve tektipleşmekte; bu çerçevenin dışına taşan her türlü yaratıcı girişimi reddetme eğilimi göstermektedir. Bu teknolojilerin, sayısal ve matematiksel algoritmaların egemen olduğu ve sanayi toplumlarının temelleri atılırken inşa edilen "rasyonel" ile "yapısal" mantık dizgeleri doğrultusunda çalıştığı unutulmamalıdır. Üstelik gelişim hızları göz önüne alındığında, insanın müdahalesine duydukları ihtiyaç giderek azalmakta, kimi alanlarda tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu perspektiften bakıldığında, çalgı yapımının ötesine taşan geniş bir bağlamda insanî üretim

pratiklerinin varlığını sürdürebilmesinin ancak “kavramsal” ve “içsel” üretim biçimleriyle mümkün olabileceği öngörülebilir (Turan, 2024, s. 367).

Bu çerçevede zanaatkârlığın geleceğine ilişkin kavramsal tartışmaların salt teorik düzeyde kalmadığı; aksine güncel üretim pratiklerinde somut karşılıklar bulduğu görülmektedir. Sayısal üretim tekniklerinin ve otomasyonun giderek yaygınlaşması, lutiyelik alanında çalışan ustaların kendi deneyimlerini ve mesleki kimliklerini yeniden yorumlamalarına yol açmaktadır. Teknolojinin açtığı yeni olanakların, geleneksel ustalık anlayışıyla çoğu zaman çatışan fakat buna koşut onu dönüştüren bir etki yarattığı bu ortamda, zanaatkârların teknoloji karşısındaki konumlanışı önemli bir tartışma başlığı hâline gelmiştir. Bu dönüşümün pratik düzeyde nasıl algılandığını görmek açısından, günümüz lutiyeleri arasında öne çıkan isimlerin teknolojiye dair değerlendirmeleri özellikle dikkat çekicidir.

Bu dönüşümün zanaatkâr kimliği üzerindeki etkisini somut biçimde gösteren örneklerden biri, lutiye Bryan Galloup’un yaklaşımıdır; Galloup, geleneksel ustalığın kendini sürekli yeniden kanıtlama zorunluluğuna dayanan tarihsel beklentinin günümüzde büyük ölçüde anlamını yitirdiğini ve teknolojik araçların açtığı yeni yaratıcı imkânların zanaatkâr pratiğine dikkate değer fırsatlar sunduğunu vurgular. Galloup’a göre CNC, son derece pratik bir üretim aracıdır; malzeme yerleştirildiği anda işlem tamamlanıncaya kadar kesintisiz bir üretim süreci sağlar. Kendi ifadesiyle, elbette bu makine olmaksızın da bir çalgı yapabilir; ancak CNC, lutiye pratiğine daha önce mümkün olmayan yeni olanaklar ve ölçekler açmaktadır. Bu nedenle Galloup, artık kimseye bir çalgı üretebileceğini kanıtlama gereksinimi duymadığını, çünkü söz konusu makinenin geleneksel el işçiliğinin ötesine geçen bambaşka türde işlemler gerçekleştirdiğini belirtir (Galloup, 2022). Bu ifade,

çağdaş lutiyelikte teknolojik araçların zanaatkâr öznelliğini nasıl yeniden tanımladığını çarpıcı biçimde göstermektedir. Galloup'ın vurguladığı bu değişim, günümüz lutiyeliğinde ustalığın artık sadece el işçiliğiyle ölçülmediğini; tasarım zekâsı, parametre yönetimi, araştırma yetkinliği ve dijital araçları yaratıcı biçimde kullanabilme becerisiyle birlikte yeniden tanımlandığını göstermektedir. Bu bağlamda öğrencilere söz konusu teknolojilere dair eğitim verilmesi, teknik yeterlik kazandırmakta ve ulusal ile uluslararası düzeyde geçerli olan donanımlarını mümkün kılmaktadır.

Sonuç olarak bir zanaatkârlık pratiğini gerçekleştirebilmek, gerçekte başarılı bir üretim ortaya koymanın ötesinde; camiada sosyal bir varoluş alanı edinmek, zanaatın örgütsel ve kültürel konvansiyonlarını kusursuz biçimde yerine getirmek ve bu normlara uygunluk üzerinden kabul görmekle ilişkilidir.

Bu bağlamda çağdaş lutiye üretiminin önde gelen temsilcilerinden Ervin Somogyi, gitarı salt el işçiliğinin ürünü bir zanaat nesnesi olarak görmekten uzaklaşarak akustik davranış, malzeme özellikleri, yapısal tasarım ve kullanıcı deneyiminin etkileşim içinde olduğu karmaşık bir akustik makine olarak konumlandırır. Bu yaklaşım, geleneksel zanaatkârlığın sezgisel ve duyumsal bilgisini modern akustik bilimi, deneysel gözlem ve parametrik tasarım düşüncesiyle birleştiren—dolayısıyla bu çalışmanın önerdiği "hesaplamalı lutiyelik" paradigmasına doğrudan temas eden—bütüncül bir üretim anlayışını temsil eder. Somogyi'nin görüşleri, güncel lutiyelik tartışmalarında öne çıkan dönüşümün kritik yönlerini de görünür kılar. Ona göre modern çalgı üretiminde yaygınlaşan standardizasyon, zanaatın özündeki yaratıcı çeşitliliği gölgede bırakarak enstrümanı 'tekrarlanabilir bir ürün'e indirger; malzemenin bireysel karakterini ve ustanın estetik karar alma özgürlüğünü zayıflatır. Fabrika mantığı lutiyeyi tasarımın öznesi olmaktan çıkarıp yürütücü bir operatöre dönüştürürken,

geleneksel lutiyeliğin kendi içindeki muhafazakâr yönelimler de farklı bir tıkanma yaratır: ustaların yöntemlerinin sorgulanmaksızın tekrar edilmesi akustik keşfin ve estetik inovasyonun önünü kapatır. Somogyi, sezgiyi romantize edilen bir "doğuştan yeti" fikrinden uzak bir biçimde ele alır; ona göre sezgi, deneyim, gözlem ve malzemeyle kurulan sistemli ilişkinin zaman içinde olgunlaştırdığı somut bir bilgi biçimidir. Bu bakış, geleneksel ustalık anlatısını ve modern üretim sistemlerinin sınırlarını yeniden değerlendirmeyi gerektirir. Dolayısıyla Somogyi'nin eleştirileri, post-zanaatkârlık yaklaşımının kültürel ve epistemik çerçevesini ve hesaplamalı lutiyeliğin açtığı yeni tasarım ve üretim imkânlarını anlamak için verimli bir arka plan sunmaktadır.

Tüm bu olguların ve dönüşümlerin bütünlüklü olarak ele alınması, enstrüman yapımının teknik bir uğraş olmasının yanı sıra kültürel, epistemik ve sosyoteknik bir müzakere alanı olduğunu açıkça göstermektedir. 21. yüzyılın üretim araçları ile alışılmış ustalık pratikleri arasındaki gerilim ve uyum, günümüzde lutiyeliği yeniden tanımlamakta ve gelişen bir düşünsel zemine taşımaktadır. Artık lutiye, salt malzemeyle ilişki kuran bir zanaatkâr konumundan ayrılarak; veriyi okuyan, tasarımı yöneten ve hesaplamalı süreçlerle sezgisel bilgiyi harmanlayan araştırmacı bir özne hâline gelmektedir. Bu nedenle enstrüman yapımının geleceğini anlamak, zanaatkârlığın bu yeni koşullar altında nasıl dönüştüğünü kavramaktan geçer. İzleyen bölüm, söz konusu dönüşümün kuramsal dayanaklarını oluşturan "post-zanaatkârlık" yaklaşımını ve bu yaklaşımın somutlaştığı alanlardan biri olan "hesaplamalı lutiyeliği" ayrıntılı biçimde ele alarak kitabın temel kavramsal çerçevesini oluşturacaktır.

Zanaatkârlığın kültürel ve tarihsel temelleri üzerine kurduğumuz bu çerçeve, artık dijital çağın üretim araçlarıyla karşılaştığında yeni bir düşünsel zemine taşınmaktadır. Geleneksel

olarak bedende, duyusal deneyimde ve ustalık ritüellerinde yer bulan bilgi biçimleri; günümüzde hesaplamalı yöntemler, ölçümsel doğrulama ve veri temelli tasarım süreçleriyle yeniden örgütlenmektedir. Bu dönüşüm, zanaat–teknoloji ilişkisini salt araçsal bir yenilenme olmaktan ziyade; üretimin anlamını ve yöntemini baştan tanımlayan bir kırılma olarak görünür kılar. Bu nedenle, post-zanaatkârlık tartışmasının devamında ele alacağımız hesaplamalı lutiyelik yaklaşımı, söz konusu kırılmayı somutlayan teknik ve kavramsal bir eşik işlevi görmektedir.

2. Post-Zanaatkârlık ve Hesaplamalı Lutiyelik

2.1. Post-Zanaatkârlık: Kültürel ve Epistemolojik Dönüşüm

Zanaatkârlık, tarih boyunca üretimsel bir beceri olmaktan ziyade; bilgi, emek ve etik arasındaki ilişkinin de somut bir ifadesi olagelmiştir. 20. yüzyılda "Kavramsal Sanat" paradigmasının sanat, tasarım ve zanaat pratiklerini derinden etkilemesinin ardından, dijital çağda bu pratikler teknolojik araçların yaygınlaşmasıyla yeniden tanımlanmaktadır. Artık üretim, salt sezgisel bilgiye ve bedensel el emeğine dayalı olmaksızın; düşünsellik, algoritmik işlem, sensör teknolojileri ve sayısal sistemlerle kurulan etkileşimler üzerinden gerçekleşmektedir. Bu dönüşüm, çağdaş tartışmalarda "post-zanaatkârlık" (post-craftsmanship) kavramı ile açıklanmaktadır. Kavram, zanaatın artık dijital teknolojiler, ağ sistemleri ve bilgi paylaşım platformları aracılığıyla yeniden tanımlandığı bir üretim anlayışına işaret eder. Genel olarak post-zanaatkâr özne, bedensel sezgiye dayanan geleneksel bilgi edinme biçiminden farklı bir doğrultuda konumlanır; hesaplamalı süreçlerle çalışan, üretim eylemini "yapmak," "düşünmek," "kodlamak" ve "paylaşmak" eksenlerinde yeniden tanımlayan bir figür olarak belirir.

Son dönemlerde güncel sanat ortamlarında "Conceptual Craft,"[2] "Craft & Conceptual Art"[3] ve "Post-Craft"[4] başlıkları altında ortaya çıkan bu gibi yaklaşımlar oldukça dikkat çekicidir ve bu perspektifte kavramsal sanatın karmaşık yapısı ile zanaatkarlık arasındaki ilişki tartışmaya açılırken, zanaat pratikleri ise kavramsal sanatın bağlamı içerisinde yeniden tanımlanmaya çalışılmaktadır. Bu eğilimlerin yansımaları kuramsal metinlerde, çeşitli sergilerde ve yayınlarda da görünür hâle gelmiştir.

Kavramsal yönelimlerin sanat üretimlerinde belirginleştiği günümüz ortamında, "Conceptual Craft" gibi sergilerde yer alan sanatçılar, nesne üretim süreçlerinde zanaatkârlığa özgü teknik, beceri, ustalık ve malzeme duyarlılığını koruyarak düşünsel boyuta yoğunlaşmaktadır. Bu noktada kavram ile onun üretim süreci birbirinden bağımsız olmaksızın, birbirini tamamlayan ögeler olarak

---

[2] "Conceptual Craft", 9 Eylül – 14 Ekim 2017 tarihleri arasında Los Angeles'ta Denk Gallery tarafından düzenlenen kolektif bir sergidir. Sergide Lynn Aldrich, Jeff Colson, Ashley Hagen, Tim Hawkinson, Nova Jiang, Jared Pankin, Ephraim Puusemp ve Pontus Willfors'un eserleri bir araya getirilmiştir.

[3] "Craft & Conceptual Art: Reshaping the Legacy of Artists' Books" başlıklı sergi, 13 Ocak – 25 Mart 2023 tarihleri arasında New York'ta Center for Book Arts tarafından gerçekleştirilmiş, küratörlüğünü ise M. N. Liberty üstlenmiştir. Sergi yaklaşımının merkezinde, sanat tarihinde sıklıkla karşıt kutuplar olarak ele alınan zanaat ile kavramsal sanat arasındaki gerilim yer almaktadır. Zanaat nesnenin maddeselliğine işaret ederken, kavramsal sanat nesneyi maddesizleştirmeye yönelir. Buna karşın sanatçı kitapları, kitabın kavramsal, dokunsal ve çoğu zaman geçici bir nesne olarak statüsü üzerinden bu iki öncülün özgün bir bileşimini ortaya koyar. Sergi kapsamında vurgulanan temel düşünce, başarılı sanatçı kitaplarının yapım sürecinde kullanılan zanaat pratiklerinin (örneğin kâğıt, cilt, ölçek ve baskı yöntemleri), kavramsal boyutlarla (sıra, tekrar, izleyici etkileşimi) bütünleşmesidir. Bu birleşim, kitabı zaman-temelli bir medya olarak konumlandırırken düşünsel ve materyal yönünü görünür kılar. Sergi, bu erken döneme ait mirası yeniden tartışmaya açmakta; özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde sanatçı kitaplarının üretimini ve dolaşımını mümkün kılan zanaat odaklı kurumlar ile koleksiyonculuk ve dağıtım alanında etkinlik gösteren yapıları iç içe bir ağ olarak ele almaktadır. Böylece sanatçı kitaplarının kavramsal ve zanaatkârlık boyutunu yeniden değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

[4] Post-zanaat/zanaat-sonrası, ötesi. Ayrıca bkz. Coles ve Rossi (2022).

görülmektedir. Bununla birlikte, bu tür sergilerin ve organizasyonların marjinal sanat etkinlikleri düzeyinden öteye geçip geçemeyeceği konusunda kesin bir yargıya varmak, henüz mümkün görünmemektedir (Turan, 2024, s. 90).

> *…"post-zanaatkârlık" (post-craftsmanship) kavramı ile açıklanmaktadır. Kavram, zanaatın artık dijital teknolojiler, ağ sistemleri ve bilgi paylaşım platformları aracılığıyla yeniden tanımlandığı bir üretim anlayışına işaret eder. Genel olarak post-zanaatkâr özne, bedensel sezgiye dayanan geleneksel bilgi edinme biçiminden farklı bir doğrultuda konumlanır; hesaplamalı süreçlerle çalışan, üretim eylemini "yapmak," "düşünmek," "kodlamak" ve "paylaşmak" eksenlerinde yeniden tanımlayan bir figür olarak belirir.*

Dolayısıyla post-zanaatkârlık (post-craft) kavramı, geleneksel ustalık bilgisi ile dijital teknolojilerin kesişiminde ortaya çıkan yeni üretim paradigmalarını tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, beden-temelli deneyim, sezgisel karar verme ve el işçiliği ile algoritmik tasarım, dijital modelleme ve parametrik üretim süreçleri arasında kurulan diyalektik bir ilişkiye işaret eder. Böylelikle "post-zanaatkârlık" (post-craft) yaklaşımı "el yapımı" olgusunun geri planda bırakılan bir unsur olmaktan çıkıp yeniden merkezî bir değer kazanmasının göstergesi sayılabilir. Zanaatın sahip olduğu yaratıcı, kavramsal, kültürel ve sosyo-ekonomik katkılar gün geçtikçe daha fazla kabul görmekte; disiplinlerarası sınırların ortadan kalkmasıyla birlikte el sanatlarının anlam dünyası da dönüşmektedir.

Günümüzde zanaat, özgünlük ve kavramsallık bağlamında yeniden sorgulanırken, tüketim kültürü karşısında farklı bir konum edinerek çağdaş sanat ortamlarına entegre edilmektedir. 21. yüzyılın değişen ekonomik koşullarında bu sürece eşlik eden yeni üretim pratikleri, "modern zanaat"tan "post-zanaat"a doğru evrilen bir süreci işaret etmektedir (Coles & Rossi, 2023, s. 172; Zapf, 2023, s. 209; Turan, 2024, s. 91).

Dolayısıyla post-zanaatkârlık (post-craft) kavramı, geleneksel ustalık bilgisi ile dijital teknolojilerin kesişiminde ortaya çıkan yeni üretim paradigmalarını tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, beden-temelli deneyim, sezgisel karar verme ve el işçiliği ile algoritmik tasarım, dijital modelleme ve parametrik üretim süreçleri arasında kurulan diyalektik bir ilişkiye işaret eder. Böylelikle "post-zanaatkârlık" (post-craft) yaklaşımı "el yapımı" olgusunun geri planda bırakılan bir unsur olmaktan çıkıp yeniden merkezî bir değer kazanmasının göstergesi sayılabilir.

Diğer yandan post-zanaatkârlık (post-craft) kavramı, geleneksel el işçiliğini ve zanaatkârlığı aşarak onu dijital teknolojiler, toplumsal bağlamlar ve politik içeriklerle ilişkilendiren çağdaş bir yaklaşımı da ifade eder. Bu bakış açısında el emeği salt nesne üretiminin ötesinde kültürel, sosyal ve estetik bir söylem aracıdır. Özellikle çağdaş sanat pratiklerinde, zanaatkârlık teknik becerinin ötesinde, aktivizm, dijital üretim ve hesaplamalı estetik ile iç içe geçmiş bir alan olarak yeniden tanımlanmaktadır (Doğan, 2012; Turan, 2024).

Bu yaklaşımın önemli örneklerinden birisi Cat Mazza'nın örgü ve dijital aktivizmi birleştiren çalışmalarıdır. Mazza, özellikle *Nike Blanket Petition* projesinde farklı coğrafyalardan kadınların el emeğiyle ürettikleri örgü parçalarını bir araya getirerek, tüketim kültürü ve küresel emek politikalarına eleştirel bir bakış sunar. Burada örgü, geleneksel bir el sanatı ve dijital iletişim ağları üzerinden yürütülen politik bir protesto aracına dönüşür (Mazza, 2006).

Benzer biçimde, geleneksel parke (parquetry) zanaatkârlığı da dijital teknolojilerle yeniden yorumlanan ve dönüşen bir zanaat alanı olarak düşünülmüştür. Iseringhausen, Weinmann, Huang & Hullin, *Computational Parquetry* (2019) adlı çalışmada, bilgisayarlı algoritmalar aracılığıyla ahşap dokuları kullanarak, görselleri yeniden üretilmekte, böylelikle çalışmada el işçiliği ile hesaplamalı estetik harmanlanmaktadır. Zanaatın malzeme bilgisi ve de dijital üretimin görsel gücünün bir araya getirildiği bu gibi bir yaklaşımlar, post-zanaatkârlığın tipik bir uygulaması olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, zanaatkârlığın ürün üretimine indirgenmiş bir etkinlikten uzaklaşıp bilgi paylaşımı ve uzmanlığın aktarımı etrafında genişleyen bir pratik olarak yeniden şekillendiğini gösteren bu tür çalışmalar, alanın dönüşümünü görünür kılması açısından oldukça dikkat çekicidir. Buna başka bir örnek olarak Batra ve arkadaşları (2025) tarafından geliştirilen *CraftLink* projesi, zanaatkârların bağlamsal bilgilerini (malzeme seçimi, iş akışındaki doğaçlamalar) belgeleyerek dijital ortama taşır. Öte yandan bu gibi durumlar, post-zanaatkârlığın nesne, bilgi ve deneyim paylaşımında da nasıl ortaya çıktığını ve gün geçtikçe nasıl yaygınlaştığını gösterir (Batra, Mandel, Kwatra, Jane, Jackson & Roumen, 2025).

Bir öngörü olarak "Conceptual Craft", "Craft & Conceptual Art" ve "Post-Craft" yaklaşımlarının gelişimi, ilerleyen dönemde "Post-Art & Craft" olarak adlandırılabilecek yeni bir aşamaya

evrilebilir. Bu bağlamda özellikle enstrüman yapımı perspektifinde, konvansiyonel üretimlerin dışındaki kavramsal sanat ve zanaat yaklaşımlarının yeniden yorumlanması gerektiği öne sürülebilir. Böyle bir yaklaşım, enstrüman yapımı ve tasarımı alanına farklı perspektifler kazandırabilir ve bu disipline yeni açılımlar getirebilir.

Bu bağlamda özellikle 20. yüzyılda enstrüman tasarımı ve buna koşut ses heykeli (sound sculpture) gibi kavramsal zanaatkârlık pratikleriyle öne çıkan ve üretimler veren birçok sanatçıdan söz etmek mümkündür. Smetak, Baschet Brothers, Partch, Bertoia, Sciola, Dagg, Shiel, Báthory, Hopkin ve Trimpin ve benzeri gibi nice isimler, kavramsal sanat ile zanaatkârlığı aynı üretim dizgesinde bir araya getiren örnekler sunmuşlardır. Bu sanatçılar, çalışmalarında duysal tasarım öğelerini, kavramsal boyutta kurgularken, atölye safhasında ise işçilik ve ustalık gerektiren sezgisel zanaat süreçleriyle somutlaştırmış; bu sayede disiplinlerarası nitelikte özgün üretimler gerçekleştirmişlerdir (Turan, 2024, s. 91).

Ingold (2013), dijital teknolojilerin zanaatkârlığın içkin bilgeliğini tehdit edebileceğini belirtirken, Sennett (2013) ise modern toplumda ustalığın ve el emeğinin yeniden değer kazanması gerektiğini vurgular. Öte yandan, Stary (2015, s. 271), Jacobs vd., (2016, s. 57), Vannucci (2021) ve Da Rocha vd. (2022, s. 37) gibi araştırmacılar bu dönüşümü bir kriz olmaktan ziyade yeni bir dijital zanaatkarlık (digital craftsmanship) biçimi olarak değerlendirir. Bu çerçevede "post-zanaatkârlık", teknolojik araçların işlevsel kullanımın ötesine geçerek düşünsel, sezgisel ve estetik süreçlerle bütünleştiği bir üretim rejimini ifade eder.

Bu noktada post-zanaatkârlık, kültürel ve epistemolojik bir kırılmayı temsil eder. Birey, üretim sürecinde etik ve estetik kararların öznesidir; teknoloji bu sürecin karşısında konumlanan bir araçtan ziyade, sürekli yeniden tanımlanan ve üzerinde müzakere yürütülen bir yaratım ortağına dönüşür. Post-zanaatkârlık, zanaatın

kültürel-epistemolojik çerçevesini dönüştürürken, hesaplamalı lutiyelik bu dönüşümün üretimsel pratiğe yansıyan biçimini yansıtmaktadır. Bu kaotik sürecin teknik karşılığı ise bir sonraki bölümde ele alınacak olan "hesaplamalı lutiyelik" yaklaşımıyla daha görünür hâle gelecek; zanaatkârlığın kültürel ve etik boyutları yeniden tanımlanırken; onun teknik ve metodolojik izdüşümü bu yaklaşımınla daha da somutlaşacaktır.

2.2. Hesaplamalı Lutiyelik: Teknik ve Metodolojik Dönüşüm

Hesaplamalı lutiyelik pratiği, post-zanaatkârlık kavramının somutlaştığı en belirgin üretim alanlarından biridir. Geleneksel lutiyelik bilgisinin dijital teknolojilerle kurduğu temas, estetik normların yanı sıra tasarım düşüncesinin yapısını da dönüştürmekte; böylece çalgı yapımında yeni epistemolojik zeminlerin oluşmasına imkân vermektedir.

Hesaplamalı lutiyelik (computational luthiery), bilgisayar destekli tasarım (CAD), sayısal üretim teknikleri (CAM), akustik simülasyon yazılımları ve parametrik tasarım araçlarının yaratıcı ve araştırma temelli biçimlerde enstrüman yapım süreçlerine entegre edilmesini ifade eder. Bu yaklaşım, üretim tekniklerinde, tasarım felsefesinde ve bilgi üretiminde de radikal dönüşümler yaratmaktadır. Hesaplamalı lutiyelik; a) Dijital Modelleme ve Simülasyon, b) Sayısal Üretim, c) Parametrik ve Açık Kaynak Tasarımı ve d) Akustik Keşif olmak üzere dört temel boyutta açıklanabilir:

a) Dijital Modelleme ve Simülasyon: Enstrümanın geometrik yapısı, malzeme özellikleri ve akustik davranışları dijital ortamda detaylı biçimde modellenebilmekte; prototip öncesinde sayısal testler ve akustik tahminler yapılabilmektedir (Ege ve Boutillon, 2012). Bu süreç, hata payını düşürürken yaratıcı tasarımları da mümkün kılar.

b) Sayısal Üretim: CNC frezeleme, lazer kesim ve 3D baskı gibi sayısal üretim teknolojileri sayesinde hassas, tekrar edilebilir ve parametrik değişime açık üretim süreçleri gerçekleştirilmektedir (Kantaros ve Diegel, 2018). Bu yöntemler, geleneksel yapımın sınırlarını aşan biçimsel olanaklar sunmaktadır.

c) Parametrik ve Açık Kaynak Tasarım: Parametrik tasarım yazılımları sayesinde, tasarımın değişkenleri arasında matematiksel ilişkiler kurularak esnek ve çoğaltılabilir sistemler oluşturulabilir. Açık kaynaklı platformlar (*GitHub, Thingiverse*, vb.), tasarım dosyalarının küresel ölçekte paylaşılmasına ve kolektif inovasyona olanak tanımaktadır.

d) Akustik Keşif: Geleneksel olmayan rezonatör geometrileri, kompozit ve hibrit malzeme kullanımı, yeni performans arayüzleri gibi araçlarla yapılan çalışmalar, estetik ve kültürel keşifler de sunmaktadır. Bu keşifler, çalgının işitsel kimliğini yeniden tanımlamaktadır.

Sonuç olarak "hesaplamalı lutiyelik," geleneksel ve deneysel enstrüman yapımı alanında önceden tahayyül edilmesi güç biçimlerin, tını ideallerinin ve ses dünyalarının önünü açmaktadır.

Hesaplamalı lutiyelik (computational luthiery), bilgisayar destekli tasarım (CAD), sayısal üretim teknikleri (CAM), akustik simülasyon yazılımları ve parametrik tasarım araçlarının yaratıcı ve araştırma temelli biçimlerde enstrüman yapım süreçlerine entegre edilmesini ifade eder.

Dolayısıyla "hesaplamalı lutiyelik," teknolojik bir üretim pratiğinin ötesinde enstrüman yapımına ilişkin epistemolojik, estetik

ve pedagojik düşünüş biçimlerinin yeniden yapılandığı bir araştırma alanı olarak karşımıza çıkar.

Post-zanaatkârlığın ortaya çıkardığı bu yeni üretim mantığı, zanaat bilgisinin içsel bir sezgi alanında sıkışıp kalmayan; ölçülebilir, modellenebilir ve paylaşıma açık bir epistemik yapıya dönüşmesini zorunlu kılar. Bu bağlamda dijital tasarım araçları, simülasyon ortamları ve sayısal üretim teknikleri, teknik donanım kümelerinin ötesine geçen; zanaatkâr düşüncesini yeniden örgütlemeye imkân veren metodolojik çerçeveler olarak görünür hâle gelir. Bu nedenle hesaplamalı lutiyeliğin teknik bileşenlerini ayrıntılı biçimde incelemek, üretim sürecinin adımlarını betimlemekten öte; zanaatkârlığın dijital çağda nasıl bir epistemolojik örgütlenişe kavuştuğunu açığa çıkarır. İzleyen bölümde CAD/CAE tabanlı tasarım, akustik simülasyon, tersine mühendislik ve robotik üretim gibi yöntemleri, post-zanaatkârlığın kavramsal gereksinimleriyle kurduğu ilişki ekseninde ele alacağız.

2.3. Hesaplamalı Lutiyelikte Temel Yöntemler

Hesaplamalı lutiyelik uygulamaları, enstrüman tasarımını dijital modelleme, akustik simülasyon ve sayısal üretim teknolojilerinin birlikte işlediği çok katmanlı bir alan hâline getirmektedir. Bu bölümde enstrüman yapımında yaygın olarak kullanılan başlıca hesaplamalı yöntemler; dijital modelleme ve parametrik tasarım, akustik simülasyon ve sayısal analiz, tersine mühendislik ve üç boyutlu tarama teknolojileri, sayısal üretim teknikleri ile robotik sistemler ve yapay zekâ entegrasyonu çerçevesinde ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Böylelikle “tasarım”, “akustik analiz” ve “üretim” eksenlerinde konumlanan bu yöntemlerin, lutiyelik pratiğini nasıl yeniden tanımladığı bütüncül bir perspektifle tartışılacaktır.

2.3.1. Dijital Modelleme ve Parametrik Tasarım

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları, enstrüman formunun dijital olarak modellenmesini ve parametrik sistemler aracılığıyla yeniden üretilebilir biçimde kontrol edilmesini mümkün kılar. Bu bağlamda, *Rhinoceros 3D* ve onun görsel programlama arayüzü *Grasshopper 3D*, özellikle organik formlar ve parametrik biçimlerin oluşturulmasında tercih edilmektedir. *Grasshopper 3D*'ın sunduğu algoritmik kontrol sayesinde, yapısal parametreler arasında dinamik ilişkiler kurularak alternatif tasarım varyasyonları hızlıca denenebilmektedir. Buna ek olarak, daha mühendislik odaklı analiz ve üretim süreçleri için *SolidWorks, Unigraphics, Fusion, CATIA, 3D Studio Max, AutoCAD, Blender, Revit, SketchUp* vb gibi CAD yazılımları kullanılmaktadır. Bu tür yazılımlar, parçaların mekanik dayanımı, montaj uyumluluğu ve üretime uygunluğu açısından detaylı modelleme imkânı sunar.

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları, modern enstrüman yapım sürecinde geleneksel zanaatkârlığın ötesine geçen bir araç seti sunmaktadır. Örneğin; Savan ve Simian (2014), tarafından gerçekleştirilen *CAD modelling and 3D printing for musical instrument research – The Renaissance cornett as a case study* adlı çalışma, tarihi bir korno enstrümanının CAD ortamında modellenmesi ve üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle yeniden üretilmesi sürecini ele almaktadır. Bu çalışma, CAD yazılımlarının hassas geometrik modelleme, tarama verilerinden dijital ortamda yeniden oluşturma ve ardından üretime yön verme kapasitesini göstermektedir.

Ayrıca, Krimpenis ve Chrysikos (2019) tarafından gerçekleştirilen *3D parametric design and CNC manufacturing of custom solid wood electric guitars using CAD/CAM technology* adlı çalışmasında, katı ahşap gövdeye sahip elektrik gitarların CAD/CAM tabanlı üç boyutlu parametrik tasarımı ve CNC üretimi

sistematik biçimde ele alınmıştır. Bu araştırma, CAD yazılımlarının enstrüman yapımında tasarım sürecinin ötesine geçerek üretim hazırlığının da temel bileşenlerinden biri hâline geldiğini ortaya koymaktadır.

Daha genel bir bakış açısıyla, *Review of Manufacturing Processes and Vibro-Acoustic Behaviour of Musical Instruments* başlıklı güncel bir incelemede ise CAD, CAM ve CAE (bilgisayar destekli mühendislik) araçlarının enstrüman üretiminde bir arada kullanıldığı vurgulanmış ve bu yazılımların üretimin tekrarlanabilirliğini, doğruluğunu ve belgeleyebilmesini sağladığı ifade edilmiştir (Brezas, 2024).

Bu gibi örnekler, CAD yazılımlarının enstrüman tasarımında ve yapımında: a) Tasarım süreçlerinin geometrik doğruluğu ve parametrik kontrolünün arttırması, b) Dijital modelden doğrudan üretime geçişi yönlendirmesi (örneğin; CNC ya da 3B baskı yoluyla) ve c) Malzeme, titreşim ve akustik karakter analizi için veri altyapısı sağlaması açısından önem taşıdığını gösterir.

... CAD yazılımları lutiye pratiğinde geleneksel el işçiliğini ortadan kaldırmanın aksine, malzeme ve akustik parametrelerin dijital olarak modellenebildiği, tasarımın önceden simüle edildiği ve üretim sürecinin bilişsel düzeye çıktığı bir yeniden yapılandırma sürecinin temellerini oluşturmaktadır. Bu gibi teknolojik hesaplamalı lutiyelik yöntemleri; zaman, malzeme ve maliyetlerden tasarruf edilerek çok daha iyi sonuçların alınabilmesini mümkün kılmaktadır.

Sonuç olarak, CAD yazılımları lutiye pratiğinde geleneksel el işçiliğini ortadan kaldırmanın aksine, malzeme ve akustik

parametrelerin dijital olarak modellenebildiği, tasarımın önceden simüle edildiği ve üretim sürecinin bilişsel düzeye çıktığı bir yeniden yapılandırma sürecinin temellerini oluşturmaktadır. CAD gibi hesaplamalı yöntemler; zaman, malzeme ve maliyetlerden tasarruf edilerek çok daha iyi sonuçların alınabilmesini mümkün kılmaktadır.Bu ve bunun gibi teknolojilerin gelecekte daha da yaygınlaşması ve daha fazla parametre üzerinde çalışılabilir hâle gelmesi, enstrüman tasarımı açısından büyük olanaklar sunmaktadır. Günümüzde genel olarak elektronik ve dijital elektronik üzerinden şekillenen bu teknolojilerin, biyoteknolojik evrede organik malzeme üzerinde de çok daha fazla parametrenin belirlendiği bir süreci öngörmek zor değildir.

2.3.2. Akustik Simülasyon ve Sayısal Analiz

Hesaplamalı lutiyelikte fiziksel form ve akustik davranış da sayısal ortamda test edilmektedir. Bu amaçla, çoklu fizik alanlarını bir arada analiz etme yeteneğiyle öne çıkan *COMSOL Multiphysics*, özellikle karmaşık iç boşluklara ve rezonatör yapılarına sahip enstrümanların frekans yanıtlarını ve titreşim modlarını analiz etmek için kullanılmaktadır (Ege & Boutillon, 2012).

Bunun yanında, Sonlu Elemanlar Analizi (Finite Element Analysis – FEA), özellikle telli ve yaylı çalgıların gövde titreşimleri gibi karmaşık yapıların detaylı biçimde modellenmesini sağlar. Bu yöntemle, malzeme kalınlıkları, şekil farklılıkları ve yapısal birleşimlerin ses üretimi üzerindeki etkileri analiz edilebilir. En yaygın kullanılanlar ise *ANSYS, Abaqus, CalculiX, DIANA FEA, MATLAB, FreeCAD, COMSOL Multiphysics, CosmosWorks* vd. gibi programlardır.

Örneğin; Kaselouris ve arkadaşları tarafından (2022) gerçekleştirilen yapısal özellikleri ve akışkan–yapı etkileşimi açısından son derece karmaşık mekanik titreşim sistemleri olarak

değerlendirilen yaylı çalgılar, üzerinde sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kullanılarak gerçekleştirilen modelleme ve simülasyon çalışmaları, bu çalgıların fiziksel ve akustik davranışlarının anlaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda yürütülen araştırmalar; yayı, mızrapla veya tokmakla çalınan çalgılarda ses tablasının davranışını, yaylı ve mızraplı çalgılarda gövde rezonans kutusunun titreşim tepkilerini, çalgı gövdesi ile iç hava arasındaki akışkan–yapı etkileşimini ve çalgının rezonans kutusu ile çevresindeki hava alanı arasındaki etkileşimi simüle edebilen yöntemlere odaklanmaktadır.

Değirmenli (2018), çalgıların tasarım özelliklerinin bu doğal titreşim modları üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla sonlu elemanlar yöntemini (FEM) kullanmıştır. Çalışma sürecinde üretilen bir udun üç boyutlu FEM modeli oluşturulmuş, gövde içindeki hava hacmi de modele dahil edilerek teorik modal analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, deneysel modal analiz bulgularıyla karşılaştırılmış ve FEM yaklaşımının udun titreşim özelliklerini tanımlamada güvenilir bir yöntem olduğu doğrulanmıştır.

Sayısal analiz, modal testler, vibro-akustik ölçümler ve simülasyon tabanlı yöntemler güncel enstrüman tasarımında giderek daha merkezi bir rol üstlenmektedir. Bu çerçevede farklı araştırmacılar, akustik karakterizasyonun lutiye pratiğine nasıl entegre edilebileceğine ilişkin değerli katkılar sunmuştur.

Örneğin; Giuliano Nicoletti, gitar akustiğinde deneysel ölçümlerin önemini vurgulayarak, ses tahtasının ve gövdenin davranışını anlamanın ancak tekrarlanabilir akustik veri ile mümkün olacağını belirtir. Nicoletti'ye göre "gitarın akustik işleyişi, ancak ölçüm ve analizle görünür hâle gelir; sezgisel yapım kararları bu verilerle desteklendiğinde daha tutarlı sonuçlar üretir" (Nicoletti, 2023). Bu yaklaşım, hesaplamalı lutiyeliğin sezgisel bilgi ile sayısal doğrulama arasında kurmaya çalıştığı köprüyü somut biçimde

yansıtır. Roger H. Siminoff, özellikle “tap tuning” tekniği ile tanınır ve enstrümanın yapısal bileşenlerinin frekans yanıtını kulak ve ölçüm birlikteliğiyle optimize etmenin önemine işaret eder. Siminoff, plaka ve hava rezonanslarının hedeflenen akustik kimliğe uyumlu hâle getirilmesinin ses kalitesini arttırdığını vurgular (Siminoff, 2007). Siminoff’un yöntemi düşük teknolojili ölçüm araçlarıyla bile uygulanabilir olduğundan, geleneksel atölye ortamına yakın duran pratik bir akustik analiz modeli sunar. Martin Schleske ise yaylı çalgılar özelinde modal analiz tekniklerinin kullanımında öncüdür. Schleske, kemanın ses karakterinin malzeme davranışı, gövde modları ve rezonans etkileşimleri arasındaki karmaşık ilişkinin ampirik olarak çözülmesiyle anlaşılabileceğini vurgular (Schleske, 2002). Ona göre, lutiye pratiğinin geleceği bilimsel teşhis yöntemlerinin sezgisel ustalıkla bütünleştiği hibrit bir epistemolojiye dayanmaktadır. Bu gibi yaklaşımlar, akustik simülasyon ve sayısal analiz süreçlerinin salt birer mühendislik araçları olmadığı; sezgisel karar mekanizmalarını destekleyen, tasarımın çözünürlüğünü artıran ve ses üretim süreçlerini görünür kılan epistemik araçlar hâline geldiği anlaşılır. Böylece hesaplamalı akustik, geleneksel ustalığın derinliğini koruyan ve de dijital yöntemlerle doğrulanan yeni bir üretim düşüncesine temel oluşturur.

Güncel çalgı akustiği araştırmaları, sayısal modelleme, vibro-akustik ölçüm ve hesaplamalı simülasyon tekniklerinin gelişmesiyle birlikte önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Çalgı akustiğini fizik, mühendislik, müzik ve çalgı teknolojisi ve lutiye zanaatının kesişiminde konumlandıran bu çalışmalar, enstrümanların yapısal davranışlarını nicel ve nitel düzeyde analiz etmeyi mümkün kılar. European Acoustics Association (EAA) Music Acoustics Technical Committee (TC-MA), bu alandaki araştırmacıları ortak bir çerçevede bir araya getirerek enstrüman akustiği, performans akustiği ve işitsel algı gibi konularda bilgi paylaşımını teşvik eder (European Acoustics Association, t.y.). Bu

yapı, akustik karakterizasyon ve modelleme yöntemlerinin uluslararası düzeyde kurumsallaşmasına katkı sunmaktadır.

Sayısal analiz ve simülasyon temelli yaklaşımın öne çıktığı araştırma merkezlerinden biri, Politecnico di Milano bünyesindeki Musical Acoustics Laboratory'dir. Laboratuvar, özellikle yaylı ve telli çalgıların titreşim ve rezonans davranışlarını incelemek için 3B geometrik tarama, mod şekli analizi, malzeme karakterizasyonu, hesaplamalı akustik modelleme ve parametrik optimizasyon gibi yöntemler kullanmaktadır (Politecnico di Milano, t.y.). Bu çalışmalar, enstrüman gövdesinin akustik tepkisine ilişkin yüksek çözünürlüklü veri üretmekte ve bu verilerin CAD/CAE tabanlı modellere entegre edilmesiyle, lutiye pratiğinin deneysel sezgileri daha ölçülebilir bir zemine taşınmaktadır. Böylece, geleneksel yapım yöntemlerinin öngörüye dayalı karar mekanizmaları, sayısal doğrulama süreçleriyle desteklenir.

Benzer bir biçimde Finlandiya'daki Aalto University Acoustics Lab, enstrüman akustiğini daha geniş ölçekli akustik modelleme araştırmalarıyla ilişkilendiren disiplinlerarası bir yaklaşım benimser. Laboratuvar; sanal akustik ortamların modellenmesi, uzamsal ses, oda ve salon akustiği, dijital sinyal işleme ve işitsel algı gibi alanlarda yürüttüğü çalışmalarla, geleneksel enstrümanların akustik davranışlarının anlaşılmasına ve çağdaş müzik üretim teknolojilerinin tasarımına metodolojik katkılar sağlar (Aalto University, t.y.). Bu tür araştırmalar, çalgı tasarımında akustik simülasyonun performans mekânlarının akustik değerlendirilmesinde de kritik bir araç olduğunu göstermektedir.

Çalgı akustiği alanındaki mühendislik temelli laboratuvar çalışmalarına ek olarak, lutiye odaklı örgütlenmelerin de akustik ölçüm ve analiz yöntemlerini giderek daha fazla benimsediği görülmektedir. Violin Society of America (VSA), keman gibi yaylı çalgı yapım, onarım ve korunmasına yönelik çalışmalar yürütürken,

akustik karakterizasyon, malzeme araştırmaları ve tarihsel çalgı analizini de kapsayan kapsamlı bir bilgi alanı oluşturmuştur. “VSA Papers” kapsamında yayımlanan teknik makaleler, modal analiz, titreşim ölçümleri ve malzeme bilimi gibi yöntemlerle enstrüman yapımı arasındaki ilişkiyi inceleyerek lutiye zanaatının bilimsel temellerini güçlendirir (VSA, t.y.). VSA’nin tarihsel ve uygulamalı yönü ile mühendislik laboratuvarlarının sayısal modelleme yaklaşımı karşılaştırıldığında, her iki yapının da akustik simülasyonun farklı boyutlarına katkı sunduğu görülür: birincisi zanaat ve tarihsel deneyimi, ikincisi ise hesaplamalı yöntemleri ön plana çıkarır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, akustik simülasyonun statik analiz ve tasarım süreçlerine entegre edilen dinamik bir geri besleme sistemi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Örneğin Ausiello ve çalışma arkadaşları (2024), enstrüman bileşenlerinde yapılan yapısal değişikliklerin titreşim davranışı üzerindeki etkisini geniş bant ölçüm teknikleriyle analiz etmiş ve bu yaklaşımın tasarım optimizasyonu için gerçek zamanlı veri sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Bu tür çalışmalar, akustik modelleme ve simülasyon süreçlerinin lutiye pratiğinde sezgisel karar mekanizmalarını destekleyen ölçümsel bir altyapıya dönüşme potansiyelini göstermektedir.

Bu gibi eğilimler, akustik simülasyonun modern enstrüman yapımında giderek daha merkezi bir rol üstlendiğini ortaya koyar. Titreşim modlarının analizi, gövde geometrisinin parametrik olarak optimize edilmesi, malzeme davranışının sayısal doğrulanması ve sanal prototipleme gibi teknikler; geleneksel zanaatın sezgisel boyutunu desteklemekte ve de enstrüman tasarımını daha öngörülebilir bir yapıya kavuşturmaktadır. Böylelikle hesaplamalı akustik, bilimsel ve sanatsal boyutlarıyla enstrüman yapımında çok katmanlı bir dönüşümün anahtar unsuru hâline gelmektedir.

Ancak, unutulmamalıdır ki; günümüz teknolojisiyle sayısal analiz ölçüm yöntemlerinde akustik simülasyon araçlarının gelişmişliğine rağmen, bir çalgının tüm geometrisini aynı anda kapsayan tam kapsamlı bir sayısal model oluşturmak, tüm koşulları, değişkenleri aynı anda değerlendirebilmek ve tam gerçekçi veriler elde etmek, sistemin karmaşıklığı ve yüksek hesaplama gereksinimleri nedeniyle hâlâ bütünüyle mümkün değildir. Bu durum, çalgı yapımında ana malzeme olarak kullanılan ağacın organik yapısı ve yapısal malzeme çeşitliliği ve de ses üretiminde yer alan çok boyutlu etkileşimlerin modellenmesinin güçlüğüyle ilişkilidir. Fakat günümüz teknolojisi ilerlemekte ve gerçeğe en yakın sonuçları elde etmemizi sağlamaktadır.

2.3.3. Tersine Mühendislik ve 3B Tarama Teknolojileri

Tersine mühendislik (reverse engineering), mevcut bir ürünün işleyişini, tasarım prensiplerini ve üretim süreçlerini anlamak amacıyla geriye dönük analiz yapılmasını sağlayan bir yöntemdir.

Várady, Martin ve Cox (1997) tersine mühendisliği bir ürünün geometrik modelinin mevcut verilerden yeniden oluşturulmasını sağlayan sistematik bir analiz süreci olarak tanımlar (s. 255). Bu yaklaşım, günümüzde kayıp veya bozulmuş parçaların yeniden üretimi, endüstriyel kalite kontrol, tasarım optimizasyonu ve kültürel mirasın dijital korunması gibi alanlarda yaygın olarak uygulanmaktadır.

Üç boyutlu tarama (3D scanning), fiziksel nesnelerin geometrik ve yüzeysel özelliklerini dijital ortama aktaran bir teknolojidir., bu yöntem fotogrametri, lazer tarama ve yapılandırılmış ışık sistemleri kullanılarak kültürel miras nesnelerinin yüksek doğrulukla belgelenmesi olarak tanımlanabilir (Remondino, 2011, s. 1106).

Günümüzde üç temel teknik öne çıkmaktadır: Lazer Tarama: Lazer ışınıyla yüksek çözünürlüklü yüzey verisi elde edilir. Işık Tarama: Projektör ve kameralarla temassız, hızlı dijitalleştirme yapılır. CT Tarama: Nesnenin iç ve dış yüzeyleri üç boyutlu olarak görüntülenir. Bu teknolojiler, bilgisayar destekli tasarım (CAD) süreçleriyle entegre edilerek ürünlerin veya kültürel objelerin dijital modellerinin yeniden yapılandırılmasını sağlar.

Tersine mühendislik sürecinde 3 boyutlu tarama verileri, "nokta bulutu" biçiminde toplanır ve yüzey modelleme algoritmalarıyla CAD ortamına dönüştürülür (Várady vd., 1997, s. 258). Bu entegrasyon, doğruluk ve verimlilik açısından geleneksel ölçüm yöntemlerini geride bırakmaktadır. Remondino (2011), bu teknolojinin kültürel mirasın belgelenmesi ve yeniden üretimi için devrim niteliğinde bir doğruluk sunduğunu vurgular (s. 1110).

Yeni çalışmalar, tersine mühendislik sürecinin daha sistematik hâle getirilmesine yönelik olanakları da beraberinde getirmektedir. Ahmad ve çalışma arkadaşları (2025) tarafından *Hands-Free Heritage* projesinde, robotik sistemlerle insansız 3B tarama ve sistematik yüzey modelleme süreçlerinin kültürel miras dijitalleştirmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir (s. 3).

Günümüzde organoloji ile mühendisliğin kesiştiği alanlarda tarihsel çalgıların korunması, yeniden üretilmesi ve akustik analizlerinde 3B tarama büyük önem kazanmıştır. Örneğin; Swift ve çalışma arkadaşları (2022), antik Roma ve Geç Antik dönem müzik aletlerinin fotogrametri ve 3B baskı teknikleriyle yeniden üretilebildiğini gösterir (s. 9). Bu süreçte, orijinal çalgıya fiziksel zarar vermeden dijital kopyalar oluşturulmuş ve akustik performans testleri yapılmıştır.

Benzer şekilde, Wheeldon (2024), *3D Digital Technologies for Studying Historical Musical Instruments* (2024) çalışmasıyla,

tarihsel enstrüman yüzeylerindeki aşınma ve deformasyonların dijital olarak izlenmesinin organolojiye yeni bir metodolojik boyut kazandırdığını belirtir (s. 7).

Oxford Üniversitesi'nin *Plastic Fantastic Project* (2023) girişiminde de, 3B baskı teknolojisiyle kırılgan müzik aletlerinin işlevsel replikaları üretilmiş ve orijinalleriyle karşılaştırılabilir akustik sonuçlar elde edilmiştir (para. 4). Ekipte, bölümün 3B baskı mühendisi Peter Walters, doktora adayı Ben Fudge ve Profesör Alfonso Castrejon-Pita'nın yanı sıra Pitt Rivers Müzesi Koruma Bölümü'nden Jeremy Udden ve Andrew Hughes yer almaktadır.

Sonuç olarak bu örneklerden anlaşıldığı üzere bu gibi yeni tarama yöntemleri ile lutiyeliğin geleneksel bir zanaat alanın ötesinde veri odaklı bir mühendislik alanına dönüştüğünü göstermektedir.

Diğer yandan tersine mühendislik ve 3B tarama süreçleri; yapay zekâ, difüzyon tabanlı yüzey tamamlama algoritmaları ve FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)[5] veri yönetim

[5] FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) veri ilkeleri, araştırma verilerinin insanlar ve makineler tarafından güvenilir biçimde işlenebilmesini ve bilimsel ekosistem içinde sürdürülebilir bir dolaşıma girmesini hedefleyen uluslararası bir rehber niteliğindedir. Bu ilkeler, verinin depolanmasını ve yaşam döngüsü boyunca sistematik olarak yönetilmesini, yapılandırılmasını ve paylaşılmasını gerektirir. Böylece veri, araştırma süreçlerinin başlangıcından sonuçların yayımlanmasına ve yeniden kullanımına kadar her aşamada görünür, erişilebilir ve anlamlandırılabilir hâle gelir (FAIR Veri, t.y.). FAIR çerçevesi dört temel boyut üzerinden işler. "Bulunabilirlik", verinin kalıcı tanımlayıcılar ve standart metadata aracılığıyla araştırmacılar tarafından izlenebilir olmasını sağlar. "Erişilebilirlik", veriye açık ve kontrollü erişim mekanizmalarının tutarlı bir yapıda sunulmasını ifade eder. "Birlikte çalışabilirlik", verinin farklı yazılımlar, veri modelleri ve disiplinler arasında kayıpsız aktarımına imkân tanıyan standartlara dayanır. "Yeniden kullanılabilirlik" ise verinin açık lisanslama, ayrıntılı açıklamalar ve doğrulanabilir kaynak bilgileriyle başka araştırmalara entegre edilmesini mümkün kılar. Bu ilkeler salt açık bilim politikalarından ziyade kurumsal veri yönetimi, dijital arşivleme ve uluslararası araştırma iş birlikleri gibi alanların da temelini oluşturur. Günümüzde özellikle büyük veri, makine öğrenimi

ilkeleriyle desteklenmeye başlanmıştır (Barzaghi ve arkadaşları, 2025, s. 6). Bu gelişmeler, organolojik araştırmaların dijital arşivlenmesini, yeniden üretimini ve küresel erişimini kolaylaştıracaktır (Barzaghi ve arkadaşları, 2025, s. 4).

Sonuç olarak bu örneklerden anlaşıldığı üzere bu gibi yeni tarama yöntemleri ile lutiyeliğin geleneksel bir zanaat alanın ötesinde veri odaklı bir mühendislik alanına dönüştüğünü göstermektedir.

Organoloji, geçmişin enstrüman ve ses/müzik kültürünü çözümleyen bir bilim dalı olarak; günümüzde dijital teknolojilerle desteklenen çağdaş bir mühendislik uygulama alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tersine mühendislik ve 3B tarama teknikleri, lutiyelikte tarihsel veri doğruluğu ve yaratıcılık için güçlü araçlar sunmaktadır. Bu gibi teknolojik bütünleşmeler geçmişin seslerinin geleceğe aktarması ve geleneğin doğru bir şekilde sürdürülebilmesi için insan emeği ile dijital zekânın ortak çalışmasına örnek teşkil etmektedir.

2.3.4. Sayısal Üretim Teknolojileri

Dijital üretim teknikleri, tasarımların fiziksel prototiplere dönüştürülmesini sağlar. 3 boyutlu baskı teknolojileri – özellikle FDM (Fused Deposition Modeling), SLA (Stereolithography) ve SLS (Selective Laser Sintering) – düşük maliyetli prototipleme, geleneksel olmayan rezonatör biçimlerinin üretimi ve hafif yapıların inşasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, yeni

ve otomasyon temelli araştırma pratikleri göz önüne alındığında, FAIR prensipleri veri yoğun bilimlerin işleyişini kolaylaştıran kritik bir altyapı niteliği taşır. Bu nedenle FAIR, teknik bir standartlar dizisinden ziyade bilimsel üretimin daha şeffaf, paylaşılabilir ve sürdürülebilir hâle gelmesini amaçlayan bir kültürel dönüşümün de temel bileşenidir (Bkz. https://www.fairveri.com/principles).

malzeme kombinasyonlarının denenmesi açısından da önemli avantajlar sunar.

Günümüzde artık olgunluk evresine ulaşmış yaygın bir üretim teknolojisi olan CNC frezeleme sistemleri, özellikle ahşap ve kompozit malzemelerin hassas ve tekrar edilebilir biçimde işlenmesine olanak tanımaktadır. Geleneksel el işçiliğine kıyasla daha düşük hata payına sahip bu sistemler, karmaşık yüzey geometrilerinin ve yüksek hassasiyet gerektiren bağlantı elemanlarının üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir.

Örneğin çalgı yapımında görüntüleme teknolojilerinin özellikle de Bilgisayarlı Tomografi (CT) yöntemlerinin lutiyelik pratiklerine nasıl entegre edildiğine dair önemli bir örnekler mevcuttur (Waddle, 2010). John Waddle ve radyolog Dr. Steven A. Sirr, CT taramalarıyla keman gibi değerli yaylı çalgıların iç yapısını invaziv olmayan biçimde inceleyerek, modern çalgı yapımıyla bilimsel analiz arasında bir köprü kurmuşlardır. Bu çalışma, çalgı yapımında robotik sistemler ve yapay zekâ entegrasyonunun dayandığı veri temelli üretim paradigmasının erken bir örneği olarak değerlendirilebilir. CT teknolojisinin kullanımı sayesinde: Çalgının iç yapısı, kusurları, tamir geçmişi, yoğunluk dağılımı ve kalınlık profili milimetrik doğrulukla görüntülenebilmektedir. Bu veriler, orijinal ustalık eserlerinin (örneğin Stradivari kemanlarının) fiziksel ve akustik özelliklerinin yeniden üretilmesinde lutiye için referans niteliğindedir. Ayrıca, sigorta, değerleme ve kimlik tespiti süreçlerinde bilimsel doğruluk sağlamaktadır.

The Strad dergisinde de yayımlanan Dr. Sirr ve Waddle'ın *The Progress of Progress* başlıklı makalesi (Sirr, Rossow & Waddle, 1997; 2010), 1704 tarihli *Betts Stradivari* kemanının yüksek çözünürlüklü CT verileri üzerinden analizini sunarak, tarihsel çalgıların mikro yapısının günümüz teknolojisiyle nasıl belgelenebileceğini göstermiştir. CT taramalarıyla elde edilen

yoğunluk haritaları, yapay zekâ destekli modelleme sistemlerinde malzeme parametrelerinin optimize edilmesini sağlar. Böylece, gelecekteki robotik üretim süreçlerinde tarihsel enstrümanların birebir kopyaları, biçimsel ve akustik olarak da orijinaline yakın şekilde üretilebilecektir.

Lazer teknolojileri ise enstrüman yapımında yüksek hassasiyetli kesme, gravür ve ölçüm süreçlerinde giderek artan bir öneme sahiptir. CO_2 ve fiber lazer sistemleri, ahşap veya kompozit yüzeylerin temassız biçimde işlenmesini sağlar; bu durum özellikle karmaşık geometriye sahip rezonans plakaları veya süsleme detayları için avantaj oluşturur. Yapılan deneysel çalışmalar, lazer kesimin lif yönüne bağlı olarak yüzeyde karbonizasyon (yanık tabaka) oluşturabildiğini, bunun da yüzey estetiğini ve akustik davranışı etkileyebileceğini göstermektedir (Aniszewska, Maciak & Zychowicz, 2020, s. 5222).

Diğer yandan bu gibi lazer teknolojileri kesim ve mikro-yapılandırma süreçlerinde de kullanılmaktadır. Direct Laser Interference Patterning (DLIP) yöntemiyle yüzeyde mikro ölçekli desenler oluşturularak titreşim, sürtünme ve ses yansıması özellikleri değiştirilebilir (Yu, Li ve arkadaşları, 2005). Ayrıca lazer tabanlı tarayıcılar, gövde eğriliklerinin ve kalınlık sapmalarının temassız ölçümünde kullanılmakta; bu veriler robotik sistemlere geri beslenerek üretim doğruluğu artırılmaktadır (Açık, 2023, s. 463).

Son yıllarda lazer süreçlerinin yapay zekâ ile bütünleştirilmesi, kesme parametrelerinin gerçek zamanlı olarak optimize edilmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca lazer kesim ve yüzey işlemlerinde gerçek zamanlı izleme sistemleri ile süreç optimizasyonu, veri temelli kontrol modelleri sayesinde daha kararlı hâle gelmiştir. Bu sayede, enerji yoğunluğu, hız ve yüzey kalitesi sürekli öğrenen sistemlerce dengelenebilmektedir.

2025 yılı itibarıyla ise, üretim alanında yapay zekâ destekli, insanüstü işlem kapasitesine sahip modern robot sistemlerinin bir paradigma değişimi başlatacağı öngörülmektedir. Bu sistemler, otomasyonun yanı sıra karar alma ve adaptasyon süreçlerinin de makine ortamına entegre edilmesini mümkün kılarak, geleceğin temel üretim araçları ve yaratıcı asistanları olmaya adaydır. Bununla birlikte endüstride uzun süredir kullanılan robot kol teknolojileri—*Articulated Arm, Six-Axis, Collaborative Robot (Cobots), SCARA, Cartesian, Cylindrical, Spherical/Polar, Parallel/Delta* ve *Anthropomorphic* sistemler gibi çeşitleriyle—büyük üretim tesislerinde, araştırma laboratuvarlarında, tasarım stüdyolarında ve küçük ölçekli atölyelerde de hızla yaygınlaşmaktadır. Bu tür sistemler, çok eksenli hareket kabiliyetleri ve tekrarlanabilir işlem performansları sayesinde, "zanaatkârlık" ile "endüstriyel üretim" arasındaki sınırların yeniden tanımlanmasına sebep olmaktadır.

2.3.5. Robotik Sistemler ve Yapay Zekâ

Çalgı yapımı, tarih boyunca usta–çırak ilişkisine ve el emeğine dayalı bir zanaatkârlık disiplini olarak şekillenmiştir. Lutiye, salt bir üretici olmanın ötesinde malzemenin doğasını anlayan, sesi biçimlendiren ve çalgıya estetik bir ruh kazandıran bir zanaatkâr kimi zamansa bir sanatçıdır. Ancak 21. yüzyılın teknolojik dönüşümü, bu kadim pratiği yeniden tanımlamaktadır. Dijitalleşme, otomasyon, robotik sistemler ve yapay zekâ (YZ), çalgı yapım sürecine verimlilik kazandırmakla birlikte sesin, malzemenin ve ifadenin doğasına ilişkin kavrayışları da değiştirir. Bu dönüşüm, çoğunlukla sanıldığını aksine el işçiliğini ortadan kaldırmak yerine, onu veri temelli ve yüksek hassasiyetli bir üretim anlayışıyla yeniden harmanlamaktadır. Ancak bu durum, yerleşik pratiklerin yeniden kurgulanması anlamına gelir. Dolayısıyla zanaatkârın kendi deneyim ve becerilerine paralel bir uyum süreci gerektirir. Geleneksel yöntemlerle yetişmiş birçok ustanın bu dönüşümü kabul etmekte

zorlanması ya da uyum sağlayamaması ise sürecin doğal ve öngörülebilir bir sonucudur.

Geleneksel lutiyelikte en temel zorluklardan biri, yüksek hassasiyet gerektiren işlemlerde insan faktöründen kaynaklanan mikro hatalardır. Özellikle gövde kesimleri, delik açma, yüzey şekillendirme ve vernikleme gibi süreçlerde küçük sapmalar, akustik kalitede belirgin farklara yol açabilir. Bu noktada robotik sistemler ve sayısal kontrollü (CNC) makineler, çalgı yapımında devrim niteliğinde bir dönüşüm başlatmıştır. Krimpenis ve Chrysikos (2019), üç boyutlu parametrik tasarım ile CNC üretim teknolojilerinin, özellikle elektrik gitar gövdelerinin üretiminde standartlaşma ve hata payının azaltılmasına katkı sunduğunu belirtir. Bu teknolojiler, insan elinin sezgisel yaratıcılığını destekleyen, tekrarlanabilirlik ve yüksek doğruluk sunan araçlar hâline gelmiştir. Böylece üretim süresi kısalmakta ve de malzeme israfı azalmaktadır.

Robotik sistemlerin sağladığı en dikkate değer yeniliklerden biri, karmaşık geometrik formların uygulanabilirliğini ciddi ölçüde artırmasıdır. Çalgı gövdelerindeki iç rezonans boşlukları, akustik titreşimin yönünü ve karakterini belirleyen temel alanlardır. Bu bölgelerde robotik hassasiyetle gerçekleştirilen oyma işlemleri, ses berraklığını, dengeyi ve genel akustik yanıtı doğrudan etkiler. Örneğin gitar, bağlama, ud, *shamisen*, *koto,* keman, viyola ya da viyolonsel gibi çalgıların gövde bölümlerinde milimetrik doğrulukla yapılan müdahaleler, insan elinin doğal sınırlarını aşan bir tutarlılık sağlar.

Böylelikle gerçekte robotik sistemler sadece fiziksel doğruluk üretmenin ötesinde; lutiyeler için yeni bir "işitsel veri dili" oluşturur. Sensör tabanlı ölçüm araçları ve yazılımsal analiz sistemleri, her bir kesim, eğrilik ya da titreşim hakkında anlık geri bildirim sunarak üretim sürecine bilişsel bir katman ekler. Bu sayede, geleneksel yöntemlerle ancak 20 yılı aşkın bir deneyim

sonucunda edinilebilecek sezgisel bilgi, çok daha kısa sürede erişilebilir hâle gelir. Böyle bir dönüşüm, "ustalık" kavramını salt el emeği ve sezgisel birikimle tanımlayan geleneksel anlayışın ötesine taşıyarak ona yeni bir boyut kazandırır.

Örneğin, otomasyonun çalgı yapımındaki etkisi, "Plek Technology" örneğinde açıkça görülür. Plek otomasyon sistemleri, gitar saplarını üç boyutlu olarak tarayarak, tel gerginliği ve sap eğriliği gibi parametreleri hesaplamakta; ardından sanal bir tuşe modeli üzerinden perde yükseklikleri, tuşe radyusu ve tel basım yüksekliği gibi ayarları sistematik biçimde optimize etmektedir (CDM, 2011). Günlük üretim kapasitesi 500'ü aşan bu sistemler, seri üretim hattında standart kaliteyi garanti eden bir endüstri normuna dönüşmüştür. Ancak bu teknoloji, zanaatkârın yerini almak yerine, yüksek adetli üretimlerde onun ince ayar yeteneğini destekleyen bir ölçüm ve uygulama yardımcısı olarak konumlanmaktadır.

Yapay zekâ, çalgı yapımında robotik sistemlerle paralel biçimde yükselen bir başka dönüştürücü unsurdur. YZ'nin en belirgin katkılarından biri, tasarım optimizasyonu ve akustik analiz süreçlerindedir. Makine öğrenmesi algoritmaları, farklı ağaç türlerinin ve malzeme bileşimlerinin titreşim davranışlarını modelleyerek, hangi malzemenin hangi ses karakterini üreteceğini öngörebilmektedir. Böylece lutiyeler, üretim öncesinde sayısal simülasyonlar aracılığıyla çalgının akustik profilini değerlendirebilir. Bhagyalakshmi ve Anandaraju (2025), müzik enstrümanı tanıma alanında makine öğrenmesinin, karmaşık ses verilerini analiz etme kapasitesinin giderek arttığını vurgular. Bu yaklaşım, üretim sırasında kalite kontrolün otomasyonunu da mümkün kılmaktadır.

YZ tabanlı sistemler, üretim sonrası kalite kontrol aşamalarında da önemli bir rol üstlenmektedir. Çalgıdan alınan ses örnekleri, derin öğrenme algoritmalarıyla analiz edilerek frekans

dengesizlikleri, titreşim bozuklukları veya rezonans sorunları tespit edilebilmektedir. Bu sayede üretim süreci, geri beslemeyle sürekli olarak iyileştirilmektedir. Her bir enstrüman, gelecekteki tasarımlar için bir veri noktası hâline gelir. Böylelikle lutiyelik pratiği, salt deneysel ve sezgisel bir uğraş olmanın ötesinde; veriye dayalı, sürekli öğrenen bir "zanaat ekosistemine" dönüşür. Bu dönüşüm, üretim sürecinin çözünürlüğünü artırarak daha tutarlı, kontrollü ve öngörülebilir sonuçların elde edilmesini mümkün kılar. Böyle bir yapı içinde lutiye, zaman ve enerji kaybettiren angaryalardan sıyrılarak zanaatkârlık bilgisini daha rafine, daha yoğunlaşmış ve yaratıcı biçimde işine yansıtma olanağı bulur.

...lutiyelik pratiği, salt deneysel ve sezgisel bir uğraş olmanın ötesinde; veriye dayalı, sürekli öğrenen bir "zanaat ekosistemine" dönüşür. Bu dönüşüm, üretim sürecinin çözünürlüğünü artırarak daha tutarlı, kontrollü ve öngörülebilir sonuçların elde edilmesini mümkün kılar. Böyle bir yapı içinde lutiye, zaman ve enerji kaybettiren angaryalardan sıyrılarak zanaatkârlık bilgisini daha rafine, daha yoğunlaşmış ve yaratıcı biçimde işine yansıtma olanağı bulur. […] ustalığın özünde, yıllar boyunca biriken tecrübenin damıtılmasıyla ortaya çıkan ve çoğu zaman üretimin en kritik aşamasında belirleyici olan o "son dokunuşun" derin sezgiselliği bulunduğu unutulmamalıdır. Bu bağlamda teknolojik araçlar, ustalığın yerini almak yerine onun ifadesini güçlendiren, sezgiyi destekleyen ve el emeğine yeni bir boyut ekleyen tamamlayıcı unsurlar hâline gelir.

Yine de ustalığın özünde, yıllar boyunca biriken tecrübenin damıtılmasıyla ortaya çıkan ve çoğu zaman üretimin en kritik aşamasında belirleyici olan o "son dokunuşun" derin sezgiselliği bulunduğu unutulmamalıdır. Bu bağlamda teknolojik araçlar, ustalığın yerini almak yerine onun ifadesini güçlendiren, sezgiyi destekleyen ve el emeğine yeni bir boyut ekleyen tamamlayıcı unsurlar hâline gelir.

Robotik sistemlerle yapay zekânın entegrasyonu, çalgı yapımında yeni bir paradigma değişimi yaratır. Bu entegrasyonda, YZ algoritmaları robotik sistemleri yönlendirerek üretim sürecini gerçek zamanlı biçimde optimize edebilir. Wang ve arkadaşlarının (2025) çalışması, yapay zekâ destekli robotik sistemlerin üretim süreçlerinde, müziksel ifade ve insan-robot etkileşimi boyutlarında nasıl kullanılabileceği konusunda bazı fikirler verir.

Robotik ve yapay zekânın bütünleşmesi, müzik ve eğlence alanındaki üretim anlayışını hızla dönüştürmektedir. Robotlar artık sadece hizmet amacıyla tasarlanmış makineler olmaktan çıkarak, gelişmiş insan-robot etkileşimi (HRI) kurabilen, duygusal tepkiler verebilen sistemlere dönüşmektedir. Bu durum, özellikle müzik icra eden robotların ifade kapasitesini artırmaya yönelik tasarım ve denetim çalışmalarını karmaşıklaştırırken yeni olanakları da beraberinde getirir. Günümüze dek araştırmalar çoğunlukla enstrüman çalabilen robotların fiziksel tasarımına odaklanmıştır (Wang ve diğerleri, 2022; Lim ve diğerleri, 2012). Bununla birlikte, gerçek zamanlı ve sosyal açıdan yetkin robotların geliştirilmesi görece yeni bir ivme kazanmıştır. Yapay zekâdaki ilerlemeler sayesinde robotlar artık beste yapabilmekte, doğaçlama üretebilmekte ve etkileşim sırasında insanın duygusal durumunu yorumlayarak uygun tepkiler verebilmektedir (McColl ve diğerleri, 2016; Wang ve diğerleri, 2024).

Robotik sistemlere bir diğer örnek ise Pluta, Tokarczyk ve Wiciak (2022) tarafından yürütülen, bir robot aracılığıyla gitar teli "re-excitation" parametrelerinin kontrol edilmesi deneyidir. Robotun eksen hareketleriyle gerçekleştirilen bu deney, insan müdahalesiyle oluşan değişkenliği ortadan kaldırarak, daha kararlı ve ölçülebilir bir akustik çıktı sağlamıştır. Bu tür sistemler, fiziksel ses sentezi modellerinin geliştirilmesinde büyük potansiyele sahiptir. Murphy ve McVay (2013) ise robotik gitar tasarımında, mekanik sistemlerin ifade gücünü artırmaya yönelik olarak nasıl kurgulanabileceğini araştırmışlardır. Bu gibi çalışmalar, robotların otomasyon araçları ve müziksel ifadeyi taşıyan yaratıcı uzantılar olabileceğini gösterir.

YZ tabanlı robotik sistemlerin, kişiselleştirilmiş çalgı üretiminde de çığır açtığı görülmektedir. Artık müzisyenlerin çalım tarzı, parmak kuvveti, tını tercihleri ve akustik beklentileri algoritmik olarak analiz edilmekte; bu verilere göre çalgı tasarımı parametrik biçimde uyarlanabilmektedir. Robotik üretim araçları, bu parametreler doğrultusunda özgün prototipler üretebilir. Böylece her müzisyene özgü, bireysel ses estetiğine uygun enstrümanlar üretmek mümkün hâle gelir. Bu süreç, sanatsal ifade ile teknolojik olanakların kesiştiği bir yaratıcılık alanını temsil etmektedir.

Yamaha, "AI Sound Synthesis Technology (AISynth)" adı altında ses sentezi süreçlerine YZ yaklaşımlarını entegre etmeyi amaçlayan çalışmalar yürütmektedir. Bu alandaki ilk uygulamalardan biri VOCALOID:AI olup, derin öğrenme (deep learning) yöntemleriyle belirli bir şarkıcının ses karakteristikleri öğrenilip, ardından bu özelliklere uygun şekilde melodi ve sözlerle sentezleme yapılmaktadır (Yamaha, t.y.a). Bu teknoloji, rüzgâr ve üflemeli çalgılar gibi performans doğruluğu ve ifade düzeyi yüksek alanlarda da uygulanmaya başlamıştır (Yamaha, t.y.a). Bu doğrultuda, zanaatkârın ses üretimiyle ilgili sezgisel kararlarının

yapay zekâ sistemleri aracılığıyla nasıl desteklenebileceği ve sistemlerin ses, çalgı ve ifade tasarımında nasıl bir arayüz olabileceği sorusu ortaya çıkmaktadır.

Yamaha'nın bir diğer önemli yönelimi, "AI Music Ensemble Technology (MUENS)" adı verilen, kullanıcı ile gerçek zamanlı müzikal diyalog kurabilen bir sistem geliştirilmesidir. Sistem bir müzisyenin performansını anlık olarak analiz eder (örneğin çaldığı nota, ritim, dinamik) ve bu performansa uyumlu bir müzik partneri gibi davranabilmektedir (Yamaha, t.y.b). Örneğin, bir "Disklavier" piyano üzerinde yapılan "Duet with YOO" adlı uygulamada kullanıcıya tempo, zamanlama ve dinamik açısından uyum sağlayan bir eşlik sistemi sunulmaktadır (Yamaha, t.y.c). Bu teknoloji, klasik "çalma" ediminin ötesinde, kullanıcı-YZ etkileşimini bir "oyun ortaklığı" (ensemble partner) düzeyine taşımayı hedefler.

Yamaha ayrıca "Project YOO" adı verilen deneysel bir yaklaşımla, müzik ve görsel deneyimi birleştiren ve kullanıcıya "YZ ile birlikte çalma" hissi yaşatan bir kurulum sunmuştur (Yamaha, t.y.c). Bu kurulum, müzisyen ile YZ sistemi arasında görsel ve işitsel olarak uyumlanan bir eşlik ilişkisi kurar. Amaç teknolojinin üstünlüğünü göstermekten ziyade insan-makine işbirliğini keşfetmek ve müzik kültürünü daha erişilebilir hâle getirmektir.

Çalgı yapımı açısından bakıldığında, bu projeler teknolojinin sadece performans verimliliğini artırmakla sınırlı kalmadığını; çalgı tasarımı ve üretim süreçlerine ilişkin yeni tartışmalar başlattığını gösterir. Bu gibi yaklaşımlar, çalgının artık "çalınan bir nesne" olmaktan ziyade etkileşim kurabilen ve öğrenme kapasitesi taşıyan bir sistem bileşeni olarak düşünülmesine imkân tanır. Böyle bir dönüşüm, zanaatkârlık–YZ etkileşimini merkeze alan "öğrenen zanaat" fikrini daha görünür kılar. Ayrıca kültürel ve kullanıcı odaklı perspektifler, çalgı yapımını salt teknik bir faaliyet olmaktan

çıkararak toplumsal, deneyimsel ve ilişkisellik temelli bir üretim alanı olarak yeniden konumlandırır.

Çalgı yapımı açısından bakıldığında, bu projeler teknolojinin sadece performans verimliliğini artırmakla sınırlı kalmadığını; çalgı tasarımı ve üretim süreçlerine ilişkin yeni tartışmalar başlattığını gösterir. Bu gibi yaklaşımlar, çalgının artık "çalınan bir nesne" olmaktan ziyade etkileşim kurabilen ve öğrenme kapasitesi taşıyan bir sistem bileşeni olarak düşünülmesine imkân tanır. Böyle bir dönüşüm, zanaatkârlık–YZ etkileşimini merkeze alan "öğrenen zanaat" fikrini daha görünür kılar.

Bununla birlikte, bu dönüşümün teknik ve etik boyutları da göz ardı edilmemelidir. Robotik sistemlerin maliyeti, mekanik bileşenlerin hassasiyeti, malzeme çeşitliliği ve sesin insan algısına uygunluğu gibi konular, çalgı yapımında önemli kısıtlar oluşturmaktadır. Ayrıca, bazı müzisyenler ve lutiyeler için ifade, dokunuş ve sezgi, teknolojik optimizasyondan daha kıymetlidir. Robotik araçların sanatsal sürece entegrasyonu, bazı çevrelerde "mekanikleşme" endişesi doğurabilmektedir. Ancak bu durum, teknolojiyi bir tehdit olarak görmekten uzaklaşılıp yaratıcı sürecin yeni bir bileşeni olarak kavrayan bir yaklaşımla aşılabilir.

Kapur (2005), robotik müzik enstrümanlarının tarihine ilişkin çalışmasında, bu araçların mekanik ses üreticileri olmasının ötesinde sanat, mühendislik ve performansın kesişiminde yer alan estetik varlıklar olduğunu belirtmiştir. Motorlar, solenoidler ve aktüatörlerle çalışan bu sistemler, sesin fiziksel, görsel ve kavramsal bir temsilini de taşır. İnsan ile makine arasındaki sınırlar giderek bulanıklaşmakta; robotik sistemler, üretimde, performansta da

yaratıcı ortaklar hâline gelmektedir. Vear, Benerradi ve arkadaşlarının (2024) çalışması, engelli ve engelsiz müzisyenlerin etkileşiminde robotik sistemlerin kapsayıcı ve dönüştürücü bir rol üstlenebileceğini göstermektedir.

Günümüzde çalgı yapımında robotik sistemler ve yapay zekâ, geleneksel ustalığın yerini almak yerine onunla simbiyotik bir ilişki kurmaktadır. Lutiyenin deneyimi ve sezgisi, algoritmik analizle birleştiğinde üretim süreci hızlanmakta ve akustik kalite daha da iyileşebilmektedir. Yakın gelecekte bu teknolojilerin, hibrit çalgı[6] tasarımlarında, deneysel ses araştırmalarında ve kişisel müzik deneyimlerinde daha yaygın biçimde kullanılacağı rahatlıkla öngörülebilir. Bu dönüşümler, zanaatkârlığın el becerisine dayalı geleneksel tanımından çıkarak veriye, duyuma ve makine öğrenimine yaslanan yeni bir ifade biçimine doğru evrildiğini göstermektedir.

Bu durum, tüm zanaat alanlarında olduğu gibi lutiyeler için zaman zaman kaygı verici görünse de üretim sürecinde yaratıcılık, kavramsal düşünme ve insana özgü sezgisel kararların daha fazla öne çıkmasına imkân tanıdığı ölçüde olumlu bir gelişme olarak değerlendirilmelidir. Özellikle tek başına çalışan ve yüksek iş yükü

[6] Hibrit lutiyelik, çalgı yapımını tekil bir zanaat etkinliği olarak sınırlandırmayan; aksine bilimsel araştırma, kavramsal tasarım, deneysel yöntemler ve çağdaş teknolojilerin kesişiminde yeniden tanımlayan çok katmanlı bir üretim anlayışıdır. Bu yaklaşım, brikolaj temelli hazır-nesne enstrümanlarının ötesine geçerek enstrüman tasarımını disiplinlerarası bir düşünsel çerçeveye taşır. Geleneksel lutiye tekniklerinin taşıdığı tarihsel birikim korunmakla birlikte, günümüzün gerektirdiği malzeme çeşitlilikleri, dijital üretim süreçleri, elektronik ve mekatronik sistemler, yeni akustik araştırmalar ve kavramsal sanat pratikleri yapım sürecinin ayrılmaz bileşenleri hâline gelir. Böylece çalgı yapımı, fiziksel zanaatın sınırlarını aşarak tını tasarımı, ses davranışı ve enstrümanın kavramsal bağlamı üzerine yoğunlaşan yenilikçi bir tasarım ortamına dönüşür. Hibrit lutiyelik, standartlaşmış enstrüman paradigmalarını genişletirken sesin anlamını çeşitlendiren, ifade olanaklarını artıran ve lutiye pratiğini çağdaş disiplinlerarası bir düzleme yerleştiren bir üretim vizyonu sunar (Turan, 2024b).

altında üretim yapan başarılı lutiyelerin, ekonomik kaygılar nedeniyle bu tempodan geri adım atamadığı unutulmamalıdır. Böyle durumlarda otomasyon ile robotik-YZ sistemleri, bir tehdit olmaktan ziyade güçlü bir "asistan" niteliği taşıyarak iş yükünü hafifletebilir ve ustanın enerjisini daha nitelikli alanlara yönlendirmesine olanak sağlayabilir.

... çalgı yapımında robotik sistemler ve yapay zekâ, geleneksel ustalığın yerini almak yerine onunla simbiyotik bir ilişki kurmaktadır... tüm zanaat alanlarında olduğu gibi lutiyeler için zaman zaman kaygı verici görünse de üretim sürecinde yaratıcılık, kavramsal düşünme ve insana özgü sezgisel kararların daha fazla öne çıkmasına imkân tanıdığı ölçüde olumlu bir gelişme olarak değerlendirilmelidir. Özellikle tek başına çalışan ve yüksek iş yükü altında üretim yapan başarılı lutiyelerin, ekonomik kaygılar nedeniyle bu tempodan geri adım atamadığı unutulmamalıdır. Böyle durumlarda otomasyon ile robotik-YZ sistemleri, bir tehdit olmaktan ziyade güçlü bir "asistan" niteliği taşıyarak iş yükünü hafifletebilir ve ustanın enerjisini daha nitelikli alanlara yönlendirmesine olanak sağlayabilir.

Sonuç olarak, kaçınılmaz olarak hayatlarımıza nüfus eden robotik sistemler ve yapay zekâ gibi teknolojiler, geleneği yok etme amacı gütmekten ziyade zanaatkârlık ve lutiyelik geleneğini yeni bir sürece evirerek dönüştüren, sürdürülebilirliğini sağlayarak yeniden tanımlayan yardımcı araçlar olarak düşünülebilir. Bu araçlar, üretim

sürecinde doğruluk, hız ve tekrarlanabilirlik sağlarken; sanatçıya yeni bir düşünme, duyma ve üretme biçimi sunar.

Geleceğin lutiyelerinin ıskarpela, bıçak, rende, cetvel ve kalem gibi geleneksel araçlarla olduğu kadar sensörler, algoritmalar, robotik kollar ve benzeri gelişmiş teknolojilerle de çalışacağı rahatlıkla öngörülebilir. Bu bütünleşme, müziğin hammaddesini ve ifadesini yeniden şekillendiren, zanaatkârlığı kavramsal ve teknik düzeyde dönüştüren yeni bir ustalık anlayışının temellerini oluşturma potansiyeline sahiptir.

Bununla birlikte, her teknolojik yenilikte olduğu gibi, bu araçların insanlık tarihinde nasıl bir yöne evrileceği ve hangi amaçlarla kullanılacağı büyük ölçüde insanoğlunun tercih, yönelim ve eylemlerine bağlı olarak, kaderine bırakılmış durumdadır.

Geleceğin lutiyelerinin ıskarpela, bıçak, rende, cetvel ve kalem gibi geleneksel araçlarla olduğu kadar sensörler, algoritmalar, robotik kollar ve benzeri gelişmiş teknolojilerle de çalışacağı rahatlıkla öngörülebilir.

Dolayısıyla bu teknolojilerin yaratacağı etkiler, salt teknik imkânlara koşut olmaksızın bireysel ve toplumsal düzeyde benimsenen etik, kültürel ve sanatsal yönelimlerle belirlenecektir.

3. Hesaplamalı Akustiğin Tarihsel ve Epistemik Gelişimi

Hesaplamalı lutiyelik, müzik enstrümanı yapımına dair tarihsel, kültürel ve teknolojik dönüşümlerin bütüncül bir biçimde incelenmesini mümkün kılan bir çerçeve sunar. Bu yaklaşım, çalgı üretiminde kullanılan fiziksel araçların ve bilgi üretim biçimlerinin, bilimsel modellerin ve hesaplama yöntemlerinin de zaman içinde nasıl evrildiğini anlamayı amaçlar. Tarih boyunca çalgı yapımı,

zanaatkârlıktan mühendisliğe, el işçiliğinden veri temelli tasarıma uzanan bir dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşümün kökeni, insanlığın doğayla etkileşim biçiminde meydana gelen büyük paradigma kaymalarına dayanır.

Le Goff'un (1996) vurguladığı üzere, tarihsel dönemlendirme sadece olayların sıralanmasından ibaret değildir; her dönemin düşünsel ve üretimsel koşullarının yeniden tanımlanması anlamına gelir. Sanayi Devrimi, bu bağlamda müzik yapımı ve çalgı tasarımında en belirleyici eşiklerden biri olmuştur. 18. yüzyılın ortalarından itibaren hız kazanan endüstriyel dönüşüm, malzeme işleme, üretim teknikleri ve enerji kullanımı gibi alanlarda köklü değişiklikler yaratmış; bu durum çalgı yapımının maddi kültürünü olduğu kadar akustik araştırma yöntemlerini de etkilemiştir. Buhar gücüyle çalışan sistemlerin, ardından elektrikle işleyen düzeneklerin keşfi, mekanik ilkelerin müzik üretimine doğrudan uygulanabildiği yeni bir çağın kapılarını aralamıştır (Turan, 2024, s. 103).

Bu süreçte ortaya çıkan yenilikler, hesaplamalı lutiyelik açısından iki yönlü bir dönüşüm yaratmıştır: Bir yandan çalgının yapısal ve akustik davranışı bilimsel yöntemlerle ölçülebilir hale gelmiş, diğer yandan bu ölçümler, daha sonraki yüzyıllarda bilgisayar destekli modelleme ve simülasyonun temelini oluşturmuştur. Örneğin; 19. yüzyılda Helmholtz'un ses fiziği ve akustik rezonans üzerine yaptığı deneysel çalışmalar (Helmholtz, 1877), günümüz sonlu elemanlar analizlerinin (FEM) teorik zeminini hazırlamıştır. Benzer biçimde, James Watt'ın buhar makineleriyle başlayan mekanik kontrol fikri, 20. yüzyılda dijital kontrol sistemlerinin ve robotik üretim hatlarının kavramsal öncülü sayılabilir.

Hesaplamalı ses ve enstrüman araştırmaları, tarihsel olarak akustik biliminin kuramsal temelleriyle paralel bir gelişim gösterir. Bu alandaki en erken ve temel çalışmalar, Antik Yunan'dan itibaren

biçimlenmiş olup özellikle Pisagor (M.Ö. 570-495), Aristoteles (M.Ö. 384-322), Ctesibius (M.Ö. 285-222), Vitruvius (M.Ö. 80-15) ve Boethius (M.S. 480-524) gibi düşünür ve mühendislerin katkılarıyla şekillenmiştir. Orta Çağ'da Cezerî (1136-1206) gibi İslam dünyasından bilim insanlarının mekanik ve akustik temelli aygıtlar üzerine geliştirdikleri çalışmalar, bu epistemolojik sürekliliği desteklemiştir. Rönesans ve sonrasında ise Leonardo da Vinci (1452-1519), Galileo Galilei (1564-1642), Marin Mersenne (1588-1648), Robert Hooke (1635-1703), Joseph Sauveur (1653-1716), Ernst Chladni (1756-1827) ve Félix Savart (1791-1841) gibi bilim insanları, deneysel ve kuramsal düzeyde akustiğin doğasını anlamaya yönelik önemli katkılar sunmuşlardır. Bu çizgi, 19. yüzyılda Hermann von Helmholtz (1821-1894)'un sesin fizyolojik ve psikolojik boyutlarını ele aldığı kuramsal çalışmaları ve Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894)'in dalga kuramı üzerindeki deneysel katkılarıyla daha da derinleşmiştir. Söz konusu tarihsel birikim, çağdaş hesaplamalı ses modellemesi ve enstrüman tasarımında etkili olan sayısız araştırmacının çalışmalarına temel teşkil etmektedir.

Sanayi Devrimleri'nin etkisiyle gelişen bu mühendislik kültürü, çalgı yapımında da standardizasyon ve tekrarlanabilirlik ideallerini öne çıkarmıştır. 19. yüzyılın icat çağı olarak anılan döneminde Charles Wheatstone'un *Enchanted Lyre* (1821) ve *Kaleidophone* (1827) gibi deneysel cihazları; Georges Frédéric Eugène Kastner'in *Pyrophone*'u ve William Duddell'in *Singing Arc*'ı (1899) gibi erken elektroakustik araçlar, ses üretimini fiziksel sınırlarının ötesine taşımıştır. Bu gelişmeler, günümüz hesaplamalı lutiyeliğinde kullanılan dijital sentez, algoritmik ses üretimi ve parametrik tasarımın tarihsel öncülleri olarak görülebilir (Turan, 2024, s. 107).

Diğer yandan, özellikle 20. yüzyılda teknolojik olanakların genişlemesiyle birlikte Carleen Maley Hutchins (1911-2009) gibi

birçok araştırmacı çalgı akustiği alanında önemli çalışmalar gerçekleştirmiştir. Hutchins'in "Chladni" benzeri modal analiz yöntemlerini sistematik biçimde kullanması, keman akustiğine ilişkin deneysel ve kuramsal bilgi birikimine kayda değer katkılar sunmuştur. Bu yöntemler aracılığıyla titreşim davranışlarının yüzeysel dağılımını görünür kılmış, enstrüman gövdesinin rezonans özelliklerinin daha analitik biçimde değerlendirilmesine imkân tanımış ve böylece söz konusu alanın ölçülebilir, karşılaştırılabilir ve bilimsel açıdan daha sistematik bir zemine oturmasını sağlamıştır.

Mikroçipin icadı ile birlikte gelişen bilgisayar teknolojileriyle hesaplamalı tasarım çalışmaları büyük hız kazanmış ve tüm alanlarda olduğu gibi enstrüman tasarım ve yapım alanında da yeni olanaklar sunmuştur.

Hesaplamalı lutiyelik açısından bakıldığında, teknolojik ilerlemelerin yanı sıra insanın sesi "ölçülebilir," "simüle edilebilir" ve "yeniden üretilebilir" bir olguya dönüştürme çabasının hikâyesidir. 18. ve 19. yüzyıllardaki deneysel icatlar, 20. yüzyılın dijital sinyal işleme, bilgisayar destekli tasarım (CAD), sonlu elemanlar analizi (FEM) ve akustik simülasyon yaklaşımlarına zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda hesaplamalı lutiyelik, geçmişin zanaat bilgisini çağdaş hesaplama teknikleriyle birleştiren hibrit bir alan olarak değerlendirilebilir: Çalgı yapımını tarihsel bir bilgi pratiği ve de veri temelli bir bilimsel araştırma alanı olarak yeniden tanımlar.

Hesaplamalı ses üretiminin önemli kilometre taşlarından biri, 1980'li yıllarda geliştirilen fiziksel modelleme sentezi yaklaşımlarına dayanmaktadır. Bu dönemde John O. Smith tarafından geliştirilen *digital waveguide synthesis* (dijital dalga kılavuzu) modellemesi, müzik enstrümanlarının akustik davranışlarının bilgisayar ortamında gerçek zamanlı olarak simülasyonuna imkân tanıyan ilk yöntemlerden biri olmuştur

(Smith, 1992, s.1). Paralel olarak, Cadoz ve ekibi tarafından geliştirilen *CORDIS-ANIMA* sistemi ise fiziksel nesneleri kütle, yay ve sönüm parametreleriyle temsil eden bir modelleme altyapısı sunarak, fiziksel modelleme tabanlı hesaplamalı ses üretimi ve çalgı simülasyonları alanına öncülük etmiştir (Cadoz, vd., 1984, s.60). Bu çalışmalar, akustik simülasyonun doğruluğunu ve insan-enstrüman etkileşiminin modellenmesini de mümkün kılan fiziksel-tabanlı sistemler olarak dikkat çekmektedir.

Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarının yaygınlaşması ve bu teknolojilerin sanat ve mühendislik pratiklerine entegrasyonu ile birlikte, enstrüman tasarımı alanında da önemli gelişmeler yaşanmıştır. Özellikle MIT Media Lab bünyesinde Machover (1992) öncülüğünde geliştirilen *Hyperinstruments* gibi projeler, çalgı yapımında dijital arayüzler ve algoritmik kontrol sistemlerinin kullanımını deneysel ve performatif düzeyde araştırarak, CAID (Computer-Aided Instrument Design) alanının yükselişine ivme kazandırmıştır.

21. Yüzyıla gelindiğinde ise katmanlı üretim (additive manufacturing), çok malzemeli 3 boyutlu baskı ve açık kaynaklı yazılım altyapılarının gelişimi sayesinde, hesaplamalı enstrüman tasarımı, büyük araştırma merkezlerinin veya endüstriyel kuruluşların erişebileceği bir alan olmaktan çıkmış; bireysel sanatçılar, bağımsız tasarımcılar ve alternatif lutiye toplulukları tarafından da yaygın biçimde benimsenmiştir (Kantaros ve Diegel, 2018). Bu dönüşüm, hesaplamalı lutiyeliğin demokratikleşmesine ve yaratıcı ifade biçimlerinin çeşitlenmesine olanak sağlamıştır.

Sonuç olarak, tarihsel dönüm noktalarının (Sanayi Devrimi, elektrik devrimi, dijital devrim) her biri, lutiyelik pratiğini biçimsel ve kavramsal olarak dönüştürmüştür. Buhar makinelerinden dijital sensörlere, mekanik otomatlardan yapay zekâ tabanlı üretim

sistemlerine uzanan bu süreklilik, hesaplamalı lutiyeliğin salt teknolojik bir ilerlemenin ötesinde sesin, malzemenin ve formun hesaplanabilirliğine yönelik tarihsel bir arayış olduğunu gösterir. Bu dönüşüm, 21. yüzyıl teknolojilerinin baş döndürücü hızıyla birlikte ivmesini artırmış; bu yeniliklere uyum sağlayabilen lutiyelerin çalışmalarıyla, çalgı yapım pratiklerinde giderek daha yaygın bir biçimde yer bulmuştur.

4. Enstrüman Tasarımında Post-Zanaatkârlık Uygulamaları

Bu bölümde, güncel ve ilerici örnekler üzerinden hesaplamalı lutiyelik yöntemlerinin nasıl uygulandığı ele alınmaktadır. Son yıllarda giderek yaygınlaşan üç boyutlu yazıcı temelli üretimler, bu yaklaşımın en görünür ve somut örneklerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, bu aşamaya gelmeden önce tersine mühendislik uygulamaları, bilgisayar destekli modelleme süreçleri ve ayrıntılı analiz yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla üç boyutlu üretim teknolojileri, söz konusu hesaplamalı yöntemlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmakta; tasarım, veri üretimi ve biçimsel çözümleme teknikleri ise bu sürecin temel öncülleri olarak konumlanmaktadır.

Hesaplamalı lutiyelik alanının önde gelen örneklerinden biri olan *Strad3D Projesi*, geleneksel keman yapımını çağdaş bilimsel analizlerle bütünleştiren disiplinlerarası bir çalışmadır. 2006 yılında başlatılan bu projede, Plowden Guarneri (1735), Willemotte, Stradivari (1734) ve Titian Stradivari (1715) kemanları üzerinde 3B lazer titreşim taramaları, *CT* görüntüleme, yüksek çözünürlüklü fotoğraf ve performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Özellikle *Titian Stradivari* kemanı üzerinde Lazer Doppler Vibrometresi (LDV) ile yapılan modal analizler, rezonans bölgelerini 3B dijital modeller üzerinden ayrıntılı biçimde görünür kılmıştır. Bu sayede zanaatkârlar için daha derin akustik içgörüler elde edilmiş, sezgisel yapım bilgisi bilimsel verilerle desteklenmiştir. Zygmuntowicz'in de belirttiği gibi proje, geleneksel zanaatkârlığın içsel bilgisini hesaplamalı akustikle zenginleştirerek lutiyeliğin yeni nesil biçimlerine kapı aralamıştır (Zygmuntowicz, 2022).

Diğer bir örnek olarak Kantaros ve Diegel (2018)'in çalışmaları; iç geometrisi çeşitli parametrelerle oluşturulmuş 3 boyutlu baskılı gitarlar aracılığıyla akustik ve ergonomik deneyimleri yeniden tanımlar. Karmaşık gövde iç yapıları ve

optimize edilmiş ağırlık dağılımı sayesinde, müzisyenlere geleneksel eşdeğerlerinden çok daha hafif ama rezonans konusunda rekabetçi enstrümanlar sunar (s. 1511-1515).

Machover'un *Hyperinstruments* çalışmaları, özellikle enstrüman ile bilgisayarın birlikte performatif bir sistem kurduğu örneklerdendir. *Hyperviolin, Hypercello, Hyperbow* ve *Hyperpiano* gibi enstrümanlardan oluşan bu projeler (Machover, 1992, s. 5–7), parametreleri gerçek zamanlı olarak okuyan sensörlerle, geleneksel enstrümanların yeniden düşünülmesine ortam sağlar. Ayrıca Machover tarafından geliştirilen *Hyperinstruments* (hiperenstrümanlar) serisi, geleneksel enstrümanlarla bilgisayar arasında gerçek zamanlı bir etkileşim sistemi kurar. Örneğin, *Hyperbow*'da yay çekme hareketi; hız, kuvvet ve pozisyon gibi değişkenler sensörler aracılığıyla algılanıp bilgisayara iletilir. Bu sayede müzisyenin fiziksel performansı doğrudan ses işleme ve kompozisyon süreçlerine dahil edilir. Yay parametreleri (hız, kuvvet, konum) ölçülür ve performans özellikleri ile ses çıkışı arasında bir etkileşim oluşturmak için veriler işlenir (Jensenius and Lyons, 2017, s. 18). Machover'in projeleri, çalınan notalara ek olarak müzisyenin beden hareketlerini de müzikal ifadeye dönüştüren parametrik CAID yaklaşımlarının erken ve etkili örnekleri arasında yer alır.

Noreland ve ekip arkadaşları tarafından geliştirilen *Logical Clarinet* projesi (2013), hesaplamalı enstrüman tasarımının önemli örneklerinden biridir. Bu çalışmada, klarnetin ton deliği geometrisi, algoritmik optimizasyon teknikleri kullanılarak yeniden düzenlenmiş; hedef, rezonans frekanslarını eşit aralık (*equal temperament*) akort sistemine daha uyumlu hâle getirmek olmuştur. Araştırmacılar, ton deliklerinin yerleşimini ve boyutlarını, sayısal modelleme ve optimizasyon süreçleriyle sistematik olarak revize etmiş; teorik modellemeler ve deneysel testler yoluyla önerilen tasarımın akustik performansı doğrulanmıştır. Elde edilen prototip

klarnet, yapısal parametreler ve rezonans çıktıları bakımından deneysel doğrulama süreçlerinden geçirilmiş; ayrıca üfleme makineleri yardımıyla çalınarak ses çıktıları analiz edilmiştir (Noreland vd., 2013). Bu anlamda *Logical Clarinet*, CAID (Computer-Aided Instrument Design) kapsamında yürütülen hesaplamalı tasarım süreçlerinin geleneksel çalgılara nasıl uyarlanabileceğine dair çarpıcı bir örnek teşkil eder. Bu proje, geleneksel zanaat bilgisinin, parametrik dijital tekniklerle nasıl yeniden yapılandırılabileceğini göstermesi bakımından, hesaplamalı lutiyeliğin potansiyelini somutlaştırmaktadır.

Salvi ve araştırma ekibi (2021) ise keman gövdesinin akustik rezonanslarını optimize etmeyi amaçlayan ileri düzey bir CAID (Computer-Aided Instrument Design) projesi gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, makine öğrenmesi (ML) tabanlı bir yaklaşım benimsenmiş; keman gövdesine ait temel frekanslar (eigenfrequencies) üzerine eğitilmiş bir yapay sinir ağı aracılığıyla, istenen akustik çıktılara karşılık gelen gövde geometrisi tersine hesaplama (inverse modelling) yoluyla elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan yöntem, klasik akustik modellemenin ötesine geçerek, parametrik tasarım ile veri odaklı tahmin sistemlerini bütünleştirmektedir (Salvi, vd. 2021). Bu bağlamda, geliştirilen model, istenen rezonans frekanslarına ulaşabilmek için keman gövdesinin hangi geometrik konfigürasyona sahip olması gerektiğini öngörebilmekte ve bu çıktılar, sayısal üretim tekniklerine doğrudan entegre edilebilmektedir. Çalışma, hesaplamalı lutiyelik alanında yapay zekâ destekli optimizasyonun somut bir örneğini sunmakta; geleneksel enstrüman tasarımına parametrik ve öngörülebilir bir boyut kazandırmaktadır. Salvi'nin bu yaklaşımı, hesaplamalı çalgı yapımı alanında makine öğrenmesinin yaratıcı ve teknik potansiyelini ortaya koyması açısından dikkate değerdir.

Hesaplamalı lutiyelik bağlamında keman üzerine yapılan diğer bir çalışma ise Gonzalez ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği *A data-driven approach to violin making* (2021) adlı çalışmadır: Bir kemanın çeşitli özellikleri arasında, biçimsel (geometrik) parametreler, yapımcının doğrudan denetleyebildiği nadir unsurlar arasında yer almakta ve bu nedenle belirleyici bir öneme sahiptir. Ancak günümüz keman yapım pratiği hâlâ büyük ölçüde zanaatkâr geleneğe dayalı olarak sürdürülmekte; biçimsel özelliklerle titreşimsel davranışlar arasındaki nedensel ilişkileri bilimsel olarak ortaya koyan hesaplamalı modellere yönelik ciddi bir eksiklik bulunmaktadır. Gonzalez vd. (2021) gerçekleştirdiği bu çalışma, hesaplamalı lutiyelik alanına katkı sunmakta; standart istatistiksel öğrenme yöntemleriyle keman kapaklarının modsal frekanslarının geometrik parametreler temelinde öngörülebileceğini göstermektedir. Böylece, yapay zekâ ve veri odaklı modelleme yaklaşımlarının geleneksel lutiyelik süreçlerine entegrasyonu mümkün hâle gelebileceği öngörülmektedir. Ayrıca, yaygın olarak "kapak akordu" olarak bilinen süreç kapsamında, kapakların kalınlıklarının modsal frekanslar üzerindeki etkisi analiz edilmekte ve bu ilişkinin çok değişkenli ve doğrusal olmayan doğası tartışılmaktadır. Sonuç olarak, malzeme ve geometri değişkenlerini birlikte ele alan bir kapak akordu tahmin sistemi önerilerek, hesaplamalı lutiyelik bağlamında tasarımsal öngörü ve de üretimsel optimizasyon olanakları genişletilmektedir (Gonzalez vd., 2021, s. 1).

Cillo ve arkadaşlarının (2024, s. 1–2) gerçekleştirdiği *Improving Accuracy in Parametric Reduced-Order Models for Classical Guitars Through Data-Driven Discrepancy Modeling* başlıklı çalışma ise, son yıllarda geliştirilen yüksek doğruluklu sonlu eleman (FE) modellerinin, müzik enstrümanlarının titreşimsel davranışlarını anlamada ve bu yapıların sanal prototipleri üzerinden kapsamlı analizler yürütmede önemli imkânlar sunduğunu ortaya

koymaktadır. Ancak parametrik analiz ve optimizasyon süreçleri, çok sayıda model değerlendirmesini gerektirdiğinden dolayı yüksek hesaplama maliyetlerine yol açmaktadır. Bu problemi aşmak için geliştirilen parametrik model mertebesi indirgeme (PMOR) temelli projeksiyon yöntemleri, parametre bağımlılığını korurken hesaplama verimliliğini artırmada etkili bir yaklaşım sunar. Ne var ki, bu yöntemlerin çoğu, tam sistem matrislerine erişimi varsaydığından; ticari yazılımlar gibi sınırlı dışa aktarım olanağı olan platformlarda uygulama zorlukları doğurmakta, bu da indirgenmiş modeller ile tam modeller arasında sistematik sapmaların oluşmasına yol açmaktadır. Bu bağlamda söz konusu çalışma, klasik gitarın FE modelinde ışınım yapan sınır koşullarının parametreye bağlı etkisini yaklaşık olarak modelleyebilen veri temelli bir sapma modeli önermektedir. Ticari FE yazılımı Abaqus'un matris verilerine erişim kısıtlılığı dikkate alınarak geliştirilen bu model, projeksiyon tabanlı indirgenmiş yapının, öz frekanslar ve mod şekillerindeki hata davranışlarını temsil eden bir yapay sinir ağıyla genişletilmesini içermektedir. Bu yaklaşım, hesaplama süresini azaltmanın ötesinde model doğruluğunu da ciddi oranda artırmaktadır. Elde edilen bulgular, PMOR yönteminin yapay sinir ağlarıyla bütünleştirilmesinin, her iki yöntemin tek başına kullanımına kıyasla daha yüksek doğruluk sağladığını göstermektedir. Çalışma bu perspektifte, yapay sinir ağları ile parametrik model mertebesi indirgeme yöntemlerini birleştirerek hesaplama verimliliği ve de model doğruluğu açısından önemli kazanımlar sağlaması bakımından, çağdaş hesaplamalı lutiyelik (computational luthiery) alanının öne çıkan örneklerinden birini oluşturur. Geleneksel el yapımı çalgı üretiminin ötesine geçen bu yaklaşım, sayısal modelleme ve optimizasyon tekniklerini lutiyelik pratiğiyle bütünleştirerek, çalgı tasarımının dijital çağda nasıl yeniden şekillenebileceğine dair çarpıcı bir örnek sunmaktadır.

Meksika merkezli *Interspecifics Collective*, sanat, biyoloji ve algoritmik sistemler arasında köprü kuran disiplinler ötesi bir kolektiftir. Çalışmalarında, bakteriler, algler ve diğer mikroorganizmalardan elde ettikleri biyosinyalleri açık kaynaklı donanım ve yazılımlar kullanarak ses arayüzlerine dönüştürmektedirler. Grup, bu süreçte biyolojik ve elektronik ortamları birlikte yorumlayan özgün araçlar tasarlamakta; biyolojik varlıkların elektromanyetik ya da kimyasal tepkilerini akustik dile çevirmektedir.

Sanatçılar bu yaklaşımı, özel tasarlanmış enstrümanların ve açık kaynak (open source) araçları aracılığıyla mikroorganizmalardan gelen biyo-sinyalleri ses ve kompozisyon sistemlerine dönüştürmeleri şeklinde tanımlamaktadır (Interspecifics, 2020). Bu bağlamda geliştirdikleri sistemler, teknik işlevlerinin ötesine geçerek canlılar arası iletişimi araştıran kavramsal enstrümanlar olarak konumlanmaktadır.

Bu tür üretimler, "hesaplamalı lutiyelik" kapsamında değerlendirilmekle birlikte, post-zanaatkârlık anlayışı içinde çevresel farkındalık, canlı-olmayan ajanların katılımı ve ekolojik duyarlılıklar barındıran yeni bir enstrümantasyon etiğine işaret eder. Mikroskobik düzeyde üretilen sesler, birer estetik deneyim sunarken veriye dayalı çevresel hikâyeleme biçimlerini de gündeme getirir. *Interspecifics Collective*'in bu çalışmaları, ses üretiminin sınırlarını genişletirken "kimler çalgı yapabilir?" ve "kimler müzik icra edebilir?" sorularını da tartışmaya açarak post-hümanist estetik yaklaşımlara yönelen bir düşünsel zemin oluşturur.

Görkem Şen tarafından geliştirilen *Yaybahar* ise geleneksel yaylı çalgıların tasarım ilkelerini radikal biçimde yeniden yorumlayan deneysel bir enstrümandır. Ahşap bir gövde yerine, uzun metal yaylar ve membran (davul diyaframı) sistemleri kullanarak titreşimlerin mekânsal olarak iletildiği hibrit bir rezonans sistemi

oluşturur. Bu yapı sayesinde, ses fiziksel olarak geniş bir alana yayılır ve analog biçimde işlenmiş bir elektronik efekt izlenimi yaratır. Enstrüman, genel olarak ahşap gövde yerine rezonans için yaylar ve davullar kullanan yaylı tenor bir enstrüman olarak tanımlanmıştır. *Yaybahar*'ın yapısal ve akustik yapısı, Christensen ve arkadaşlarının (2021) gerçekleştirdiği sayısal modelleme çalışmaları ile daha ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Araştırmacılar, finite-difference time-domain (FDTD) yöntemlerini kullanarak yayların, diyaframların ve tellerin etkileşimli titreşim dinamiklerini gerçek zamanlı olarak çözümlemiş; bu yaklaşımın, enstrümanın karmaşık akustik doğasının simülasyonunda oldukça etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Christensen vd., 2021, s. 11–16). Bu bağlamda *Yaybahar* örneği "hesaplamalı lutiyelik" kapsamından daha ziyade "post-zanaatkârlık" bağlamında özgün bir biçimsel ve akustik bir deney alanı oluşturur. Geleneksel form ve malzeme normlarını terk ederek, sesin fiziksel taşıyıcısını ve algılanma biçimini dönüştürür. Bu yönüyle *Yaybahar*, özellikle dijital teknolojiler kullanılmadan gerçekleştirilen ancak dijital-öncesi ve dijital-sonrası düşünme biçimlerini birleştiren "analog dijitalleşme" yaklaşımlarına da kapı aralar.

Japon sanatçı Yuichi Onoue tarafından geliştirilen *Kaisatsuko*, geleneksel *hurdy-gurdy* enstrümanının yapısal ve işlevsel mantığını yeniden tasarlayan deneysel bir çalgıdır. *Kaisatsuko*, döner bir tekerlek aracılığıyla tellerin sürekli titreştirilmesini sağlar; bu yapı, arşeyle çalma eylemini mekanik bir düzeneğe dönüştürerek icracıya sürekli ses üretme imkânı tanır. Ancak Onoue'nun tasarımı, bir "yeniden yapım" niteliği taşıyan bir yaklaşım sunmak yerine *xenharmonic* aralıkları icra edebilme kapasitesiyle tonal sistemlere özgü, kendine has bir *do-it-yourself* estetiği ortaya koymaktadır. Geleneksel mükemmeliyetçi yapım tekniklerine göre işçilik neredeyse yok denilecek kadar basit bir enstrümandır ve yapısal sadeliği, onu parametrik tasarım

sistemlerine ve modüler üretim tekniklerine oldukça uygun hâle getirir. Bu yönüyle *Kaisatsuko*, fiziksel olarak yeniden üretilebilirliği ve dijital tasarım araçlarıyla olan potansiyel entegrasyonu açısından "hesaplamalı lutiyelik" yaklaşımlarıyla ilişkilendirilebilecek bir örnek olarak geleneksel akustik ses ile mekanik sürekliliğin (continuum) buluştuğu melez/hibrit bir üretim mantığını temsil eder.

1995 yılında Yamaha'nın Ar-Ge departmanı tarafından geliştirilen *Miburi*, giyilebilir bir müzik enstrüman olarak dijital performans arayüzlerinin öncüllerinden biri kabul edilmektedir. Bu sistem, müzisyenin vücut hareketlerini üzerindeki sensörler aracılığıyla algılar ve bu hareket verilerini *MIDI* sinyallerine çevirerek ses üretimini kontrol eder. *Miburi*, geleneksel çalgı tasarımından farklı olarak çalgı bedenini insan bedenine entegre eder ve böylece performansın mekânını bedenin kendisine taşır. Bu yönüyle, hesaplamalı arayüz kontrollü çalgı paradigmasının erken dönem örneklerinden biri olarak değerlendirilebilir. *Miburi*'nin ortaya koyduğu estetik ve teknik olanaklar, müzikal üretim alanında önemli bir kırılma noktası oluşturur. Sistem, beden hareketlerini ve jestleri doğrudan müzikal kontrol parametrelerine dönüştürerek hesaplamalı arayüz-kontrollü performansın erken ve etkili örneklerinden biri hâline gelmiştir. Bu yönüyle *Miburi*, hareket-temelli insan-bilgisayar etkileşimi (*HCI*) araştırmaları açısından da dikkate değer bir model sunar ve performansın işitsel olmasının yanı sıra kinestetik ve bedensel boyutlarını da içeren genişletilmiş bir müzikal ifade alanı önerir (Tanaka, 2000, s. 390–391).

Tarek Atoui'nin *The Reverse Collection* (2014–2016) ve *Reverse Sessions* projeleri, Berlin Dahlem Etnoloji Müzesi'ndeki tarihi enstrümanlardan kaydedilen performansları dijital ses verisi olarak kullanarak, bunları farklı enstrüman üreticileri işbirliğiyle yeniden üretilebilir ses araçlarına dönüştürmektedir. Atoui'nin *The*

Reverse Collection projesinde vurguladığı gibi, nesneler, biçimler ve işlevler sözlü aktarım yoluyla değişebilir (Ocula, 2021). Bu ifade, ses temelli bilgilerin akustik olduğu kadar maddi kültür düzeyinde de dönüştürülebileceğini göstermektedir. Projede, sözlü ve işitsel aktarım süreçleri belleği, fiziksel tasarımı ve kullanım biçimlerini de etkileyen yaratıcı bir araç olarak konumlanmaktadır. Kurimanzutto'daki (2014) sergiden Tate Modern'deki (2016) sunuma uzanan bu proje, disiplinlerarası bir işbirliği doğrultusunda üretilen fiziksel objelerin ses performanslarıyla kolektif biçimde yorumlanmasını merkezine alır. Bu yönüyle çalışma, Computer-Aided Instrument Design (CAID) paradigması içinde "sesten cisme" uzanan dönüşümün başarılı bir temsili olarak öne çıkar (Ocula, 2021).

Japon sanatçı Suguru Goto ise *RoboticMusic*, *netBody* ve *SuperPolm* gibi projelerinde bilgisayar destekli enstrüman tasarımı ile robotik teknolojileri bir araya getirerek, beden-hareket odaklı performans biçimlerini yeniden tanımlamaktadır (Goto, 2006). Bu projelerde, sensörler, hareket yakalama sistemleri (*Kinect* gibi) ve gömülü sistemlerle donatılmış dijital arayüzler, ses üretiminde fiziksel bedenin doğrudan bir aktör haline gelmesini sağlar. Örneğin; *SuperPolm*, sanal müzik enstrümanı (Virtual Musical Instrument) olarak tanımlanmakta olup, sekiz tuşlu bir klavye ve çeşitli sensörlerle donatılmış bir arayüz üzerinden performans gerçekleştirilmesini mümkün kılar (Suguru, 2025). Bu gibi yaklaşımlar, enstrüman yapımı, performans estetiği ve dijital bedenleşme süreçleri açısından da bilgisayar destekli enstrümantasyonun öncül örneklerinden biri olarak değerlendirilebilir.[7] *BodySuit* sistemi ise, özellikle *Powered Suit*

[7] Bkz: Goto, S. (2006, April 14). *Augmented Body and Virtual Body* [Performance]. Le Cube, France. Video by Yann Bertrand (3D Image) & Ippei Hosaka (BodySuit Performance).
https://www.youtube.com/watch?v=J9OGcwWsS2I

versiyonu ve *Second Life* entegrasyonu üzerinden, müzikal performanslarda bedenin teknolojik olarak yeniden işlenmesini olanaklı kılar. Jestleri algılayan *BodySuit*, kullanıcının hareketlerini *Second Life*'taki avatarına aktarırken, sanal ortam da eşzamanlı olarak *Powered Suit*'i yönlendirir. Böylece sanal ve fiziksel dünya arasında çift yönlü bir etkileşim kurulmuş olur. Performans sanatçıları, kontrol cihazı kullanmaksızın bu sistemi giyebilir; hareketleri sensörlerle algılanır ve motorlu giysi aracılığıyla fiziksel olarak yeniden üretilir. Sistem, bedeni sanal ve robotik düzlemde işlevsel kılan bir arayüze dönüştürür (Goto ve Powell, 2009, s.48). Bu gibi çalışmalar, hesaplamalı lutiyelik kavramını salt üretimsel bir süreç içinde olmaksızın performatif devinim ve teknolojik beden üzerinden yeniden düşünmeye olanak tanımaktadır.

Shankar, Bryde ve Mahadevan (2022), *Geometric Control of Topological Dynamics in a Singing Saw* ile iplikli bir demir testerede "S" biçiminde büküm uygulamanın, sesin kalitesini nasıl artırdığını açıklığa kavuşturan bir çalışma yürütmüştür. Bu fenomenin altında yatan akustik rezonans modlarının topolojik bir doğası olduğu önerilmekte ve geometrinin bu modların yerel olarak sıkışmasını (localized modes) sağlayarak dinamiklerde "high-quality oscillator" etkisi yarattığı ileri sürülmektedir (Shankar vd., 2022, ss. 1–2, 5–6). Araştırma; deneysel veriler, teorik analiz ve sayısal simülasyonları bir araya getirerek, bıçak eğriliğindeki uzamsal değişimler bu sıkışmış koşulların lokalizasyonunu kontrol ettiği sonucuna ulaşmıştır (Shankar vd., 2022, s. 6). Bu çalışma, *CAID* yaklaşımı içinde geometrik topoloji kullanarak rezonans kontrolü metodolojik bir devrim niteliği taşır. Ayrıca çalışan kesitin yapısal biçiminin akustik performansı doğrudan etkilediğini göstermesi bakımından yeniden tanımsal bir *CAID* örneği olarak nitelendirilebilir.

Zhang ve Gupta (2019), *Modal-Based Sound Synthesis for Guzheng* adlı geleneksel Çin yaylı çalgısı *guzheng* için geliştirdikleri

çalışmada modal sentez tabanlı bir fiziksel modelleme yaklaşımı sunmuştur. Bu model, dijital dalga kılavuzu ile modal sentez yöntemlerini birleştirerek doğru ve gerçek zamanlı bir ses üretimi sağlar. Araştırmacılar, *guzheng*'in telli sinyalini sentezlemek için doğru ve etkili bir yaklaşımla modelin parametre kontrollü akustik çıktılar ürettiğini vurgular (Zhang vd., 2019). Örneğin, 21. tel için yapılan testlerde üretilen ses, fiziksel model verilerine dayalı impuls tepkisi (impulse response) ile katı bir şekilde korelasyon göstermiştir. Bu çalışma, geleneksel Asya enstrümanlarının modern fiziksel akustik simülasyon teknikleriyle yeniden yorumlanmasına çarpıcı bir örnek teşkil eder ve parametrik tasarım proseslerine ve de dijital üretim paradigmasına entegre olabilecek bir *CAID* modelidir (Zhang vd., 2019).

Mehmet Ünal'ın *Sound of Oxygen* (2025) başlıklı çalışması ise, hesaplamalı lutiyelik yaklaşımının özgün bir örneğini sunmaktadır. Bu projede, oksijen molekülünün titreşimsel özellikleri ve spektral davranışları, bilgisayar destekli ses sentezi teknikleriyle işlenerek yeni bir akustik kompozisyon ortamı oluşturulmuştur. Moleküler düzeydeki veriler, *Fourier* dönüşümleri aracılığıyla analiz edilmekte ve bu analizler sonucunda elde edilen frekans bileşenleri, dijital ses motorlarına aktarılarak müzikal olarak yeniden yorumlanmaktadır. Bu tasarım, kimyasal yapıların akustik karşılıklarını aşan bir yaklaşımla doğa ve teknoloji ilişkisini hesaplamalı bir duyumsallık katmanı üzerinden görünür kılmaktadır.

Ünal'ın bu projesi, salt bir ses üretiminin ötesinde hesaplamalı biyomimikri yöntemleriyle estetik bir paradigma değişimini de temsil etmektedir. Oksijen moleküllerinin rezonansları, mikro düzeydeki fiziksel titreşimlerin makro düzeydeki ses yapılarına dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu dönüşüm, dijital lutiyeliğin post-organik estetikle kesiştiği bir düzlemde gerçekleşmektedir. Böylece lutiyelik, geleneksel materyal

zanaatkârlığının ötesinde, veriye dayalı bir tasarım epistemolojisine evrilmektedir. Öte yandan *Sound of Oxygen*, disiplinlerarası bir ses araştırma pratiği olarak da değerlendirilebilir. Kimya, biyoloji ve müzik teknolojisinin kesişiminde konumlanan bu çalışma, doğadaki mikro yapıları hesaplamalı çeviri yoluyla müziksel yapılara dönüşür. Ünal, bu bağlamda hesaplamalı ses sentezini doğa verilerinin poetik yeniden yazımı olarak görmektedir. Oksijenin sesi, burada kimyasal bir madde ve bir ses-olay olarak varlık kazanmaktadır.

Ünal'ın diğer projeleri[8] de benzer bir hesaplamalı lutiyelik mantığıyla işler. Özellikle çevresel değişkenlere tepki veren reaktif ses sistemleri, biyosensörlerden alınan gerçek zamanlı verilerle ses parametrelerini ilişkilendirmektedir. Örneğin, ortamda azalan oksijen miktarı sesin frekans aralığını değiştirirken, sıcaklık veya nem gibi parametreler de filtreleme ve genlik modülasyon süreçlerini etkilemektedir. Böylelikle Ünal'ın sistemleri, sese dayalı ve çevresel farkındalığa açık hesaplamalı bir lutiyelik pratiği sunar. Ünal'ın çalışmalarının merkezinde yer alan bir diğer unsur ise post-organik ses imgelemesidir. Doğal moleküllerin, hayvan seslerinin veya çevresel verilerin doğrudan ses kaynağına dönüştürülmesi, müzikal üretimi salt insani yaratıcılığın bir uzantısı olmaktan çıkararak daha geniş bir varlık düzenine açmaktadır. Bu durum, güncel hesaplamalı ses sanatlarında yaygınlaşan post-insani yaklaşımlarla da örtüşür. Hesaplamalı lutiyelik, bu anlamda doğa-insan-teknoloji ekseninde yeniden düşünülmüş yeni bir zanaatkârlık biçimidir.

Massachusetts Institute of Technology (MIT), enstrüman tasarımında post-zanaatkârlığın teknik ve kavramsal boyutlarını somutlaştıran öncü kurumlardan biridir. Özellikle Media Lab;[9] Acoustics and Vibration Lab ve Center for Bits and Atoms (CBA)

[8] Bkz. Sanatçının diğer çalışmaları: https://www.mehmetunal.com/ins
[9] Bkz. https://www.media.mit.edu/

gibi birimler aracılığıyla yürütülen bazı çalışmalar, geleneksel lutiyeliğin sezgisel üretim modelini dijital ölçüm, hesaplamalı tasarım, sensör tabanlı geri bildirim ve çok malzemeli üretim teknikleriyle bütünleştirerek yeni bir zanaatkârlık rejimi ortaya koyar. Bu yönüyle MIT ekolü, post-zanaatkârlığın mühendislik ve kültürel üretim bakımından nasıl somutlaştığını gösteren önemli bir örnektir.

MIT Media Lab'de Tod Machover tarafından geliştirilen *hyperinstrument* yaklaşımı, enstrümanı geleneksel zanaat nesnesi çerçevesinin dışına taşıyarak duyusal veri toplayabilen, bu veriyi yorumlayabilen ve icracıyla etkileşim kurabilen bir performans arayüzü olarak yeniden tanımlar. Bu çerçevede üretilen *Hypercello*, çalgının gövdesine yerleştirilen sensörler aracılığıyla kemanın ifadesel nüanslarını (yay basıncı, eğim, hız, ivme) gerçek zamanlı veriye dönüştürür; bu veri dijital ortamda işlenerek enstrümanın ses dünyası katmanlı biçimde genişletilir. Benzer biçimde tasarlanan *Hyperbow*, geleneksel yayın fiziksel davranışını hareket sensörleriyle izleyerek icracının jestlerini hesaplamalı bir ifade sistemine dönüştürür. Bu projeler, bedensel ustalığı veri temelli bir ifade modeliyle bütünleştirerek post-zanaatkâr öznenin fiziksel ve dijital alanda üretici hâline geldiğini göstermektedir.

Machover'ın *Hyperscore* projesi ise zanaatkârlık bilgisini tasarım alanına taşıyan pedagojik bir araç olarak değerlendirilebilir. Kullanıcıların çizim yoluyla kompozisyon kurmalarına olanak tanıyan sistem, ses-görüntü eşleşmeleri ve algoritmik dönüştürme süreçleriyle üretimin bilişsel boyutunu genişletir. Bu tür uygulamalar, enstrüman tasarımının giderek daha fazla yazılım, arayüz tasarımı ve kodlama temelli bir etkinliğe dönüştüğünü; zanaatkârlığın sadece maddi bir el emeği olmaksızın bir elektronik ve dijital işçilik formu olarak yeniden tanımlandığını gösterir.

MIT’nin mühendislik odaklı birimleri, özellikle Akustik ve Titreşim Laboratuvarı, enstrüman gövdelerinin rezonans özelliklerini anlamak için modal analiz, sonlu elemanlar analizi (FEA) ve akışkan–yapı etkileşimi gibi hesaplamalı araçlar kullanarak lutiyelik pratiğinde sezgisel olarak yapılan pek çok yapım kararının bilimsel karşılığını görünür kılar.

Bu ve bunlar gibi pek çok çalışma, geleneksel lutiyeliğin sezgisel müdahalelerini ölçülebilir parametrelere dönüştürerek tasarım sürecinin bilimsel temellere dayalı yeni bir doğruluk ve tekrarlanabilirlik düzeyi kazanmasını sağlar. Özellikle rezonatör yüzeylerindeki titreşim modlarının yüksek hassasiyetle modellenmesi, beden-temelli sezginin hesaplamalı akustik tarafından nasıl desteklenebileceğine ilişkin güçlü bir metodolojik örnek sunar.

Robotic Percussion Systems ve MIT'nin diğer kinetik ses projeleri, post-zanaatkârlığın bir başka boyutunu somutlaştırır: mekanik ve dijital sistemlerin çalgı icrasına dahil edilmesi. Bu projelerde robotik aktüatörler, vurmalı çalgıların karmaşık artikülasyonlarını yüksek hız ve doğrulukla tekrar edebilir; insan icrasının nüanslarını ise sensör tabanlı geri bildirimle taklit edebilir. Böylelikle enstrümanın icrası, insan bedeninin sınırlarından bağımsızlaşarak yeni bir performatif kapasite kazanır.

Center for Bits and Atoms (CBA) ise sınıfının ötesinde bir üretim laboratuvarıdır. *CNC* işleme, lazer mikro-yapılandırma ve çok malzemeli 3B baskı gibi yöntemler, enstrüman gövdelerinin parametrik olarak yeniden tasarlanmasını, rezonatörlerin sayısal optimizasyonunun yapılmasını ve malzeme mimarilerinin akustik hedeflere göre düzenlenmesini mümkün kılar. CBA’nın geliştirdiği üretim modelleri, geleneksel lutiyeliğin içsel çeşitliliğini dijital malzeme geometrileriyle birleştirerek hesaplamalı zanaatkârlığın fiziksel temellerini oluşturmaktadır. MIT’nin bilgisayar bilimi ve

müzik teknolojisi alanındaki çalışmaları — fiziksel modelleme sentezi, makine öğrenmesine dayalı ses tahmini sistemleri ve sanal akustik ortam simülasyonları — enstrüman tasarımının fiziksel prototiplerle sınırlı olmadığını; sayısal modeller üzerinden test edilebilen, optimize edilebilen ve yeniden yapılandırılabilen bir süreç hâline geldiğini göstermektedir. Bu çift yönlü tasarım mantığı, post-zanaatkârlığın temel iddialarından biri olan "malzeme + algoritma + beden" üçlüsünün birlikte çalıştığı hibrit bir üretim anlayışını temsil eder.

Genel olarak MIT deneyimi, enstrüman tasarımında post-zanaatkârlığın çok katmanlı yapısını görünür hâle getirir: Böylelikle geleneksel sezgi, ölçüm ve simülasyonla desteklenir, malzeme işçiliği genişler, performans yüzeyi sensörlerle duyumsal bir arayüze dönüşür, enstrüman salt fiziksel bir nesne olmanın ötesinde hesaplamalı sezgisel ve duysal bir varlık hâline gelir. Bu nedenle MIT ekolü, post-zanaatkârlığın mühendislik, tasarım ve kültürel üretimle nasıl iç içe geçtiğini anlamak açısından benzersiz bir örnek teşkil eder ve çağdaş lutiyelik araştırmalarının geleceğine ilişkin önemli bir referans çerçevesi sunar.

Uluslararası akademik çalışmalara başka bir örnek "The Guthman Musical Instrument Competition" ise, Georgia Tech School of Music tarafından yürütülen ve dünya genelinde yenilikçi enstrüman tasarımlarını görünür kılan en önemli platformlardan biri olarak kabul edilir. Yarışma, geleneksel çalgı yapımının sınırlarını zorlayan; mühendislik, tasarım, bilgisayar bilimi ve performans çalışmalarını bir araya getiren hibrit üretim biçimlerini teşvik eder. Bu yönüyle Guthman, post-zanaatkârlık yaklaşımının pratikte somutlaştığı uluslararası bir sahne niteliğindedir. Guthman'ın değerlendirme ölçütleri — yenilikçilik, çalınabilirlik, akustik/müzikal ifade kapasitesi ve teknik uygulanabilirlik — 21. yüzyılda çalgı yapımının materyal ustalığına ve hesaplamalı

düşünme, algoritmik davranış, insan-makine etkileşimi ve dijital üretim tekniklerine dayanan yeni bir epistemolojiye evrildiğini gösterir.

Bu bağlamda bu gibi etkinlikler, geleneksel lutiye pratiğindeki "tekil ustalık" modelini aşarak, enstrüman tasarımını disiplinlerarası bir araştırma alanı olarak yeniden konumlandırır. Yarışmada öne çıkan projeler sıklıkla: parametrik tasarım ile biçimlendirilmiş yeni gövde geometrileri, fiziksel modelleme ve sanal akustik motorları, sensör tabanlı performans arayüzleri, yapay zekâ destekli ifade sistemleri, robotik veya kinetik akustik mekanizmalar, hibrit analog-dijital rezonatörler gibi, hesaplamalı lutiyeliğin teknik ve estetik yönlerini genişleten örneklerdir.

Guthman ayrıca açık kültür kavramının enstrüman tasarımındaki etkisini görünür kılar. Yarışmada yer alan birçok proje, açık kaynak kodları, paylaşılabilir tasarım dosyaları veya topluluk temelli geliştirme modelleri etrafında inşa edilir. Bu durum, çalgı yapımının önceki yüzyıllarda olduğu gibi kapalı lonca yapılarından çok, kolektif inovasyon ekosistemlerine dayalı bir pratik olarak yeniden biçimlendiğini doğrular.

...bu gibi etkinlikler, geleneksel lutiye pratiğindeki "tekil ustalık" modelini aşarak, enstrüman tasarımını disiplinlerarası bir araştırma alanı olarak yeniden konumlandırır.

Yarışmanın pedagojik yönü de önemlidir. Georgia Tech'in araştırma ortamı, enstrüman yapımını bir "mühendislik problemi" veya "sanatsal bir üretim" olmanın ötesinde, ikisinin kesişiminde gelişen hesaplamalı bir tasarım alanı olarak ele alır. Böylece Guthman, öğrenci, araştırmacı ve bağımsız üreticilere teknik ve kavramsal bir laboratuvar sunar. Burada geliştirilen projeler,

hesaplamalı akustik simülasyon, hızlı prototipleme, veri temelli tasarım ve insan-bilgisayar etkileşimi gibi yöntemlerin çalgı yapımında nasıl yaratıcı sonuçlar üretebileceğini gösterir. Bu bağlamda Guthman Musical Instrument Competition, günümüz çalgı yapımının post-zanaatkâr öznesinin nasıl şekillendiğini anlamak açısından kritik bir örnek teşkil eder. Bu platform, enstrümanın geçmişin estetik ve teknik birikimine ve geleceğin hesaplamalı, deneysel ve ağ-temelli üretim biçimlerine yaslandığını gösterir. Bu ve bunun gibi organizasyonlar, hesaplamalı lutiyelik alanında bir üretim alanı ve de kültürel bir müzakere sahası olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak tüm bu örnekler ışığında post-zanaatkârlığın kavramsal zeminini oluşturan kültürel dönüşüm, hesaplamalı lutiyelikte teknik karşılığını bulur. Hesaplamalı lutiyelik, çalgı yapımında dijital üretim teknolojilerinin, akustik simülasyonların ve algoritmik tasarımın entegrasyonuna dayalı bir metodoloji önerir. Bu yaklaşım, geleneksel lutiyelik bilgisini veri, modelleme ve ölçülebilir parametreler üzerinden yeniden yorumlar.

Öte yandan, bu teknik dönüşüm sezgisel bilginin üretim sürecindeki konumunu köklü biçimde yeniden tanımlar. Zanaatkârın elindeki malzemeyle kurduğu doğrudan temas, artık dijital arayüzler aracılığıyla ölçülen, simüle edilen ve kodlanan bir veri bütününe dönüşmektedir. Bu aşamada, sezgisel bilginin algoritmik soyutlamaya hangi biçimlerde aktarılacağı belirleyici bir önem taşır.

Bu aşamada, sezgisel bilginin algoritmik soyutlamaya hangi biçimlerde aktarılacağı belirleyici bir önem taşır.

Sensörler, dijital arayüzler, kodlama ortamları ve yazılım tabanlı analiz araçları gibi yeni teknolojik bileşenler, geleneksel zanaat pratiklerinden bakıldığında kimi zaman yapay, hatta “ruhsuz”

araçlar olarak algılanabilir. Ancak bu araçların, gelecek kuşaklar açısından çalgı tasarımı ve üretiminin doğal ve yerleşik unsurları hâline geleceği de göz ardı edilmemelidir. Dolayısıyla burada söz konusu olan, geleneğin ortadan kalkmasına yönelik bir kırılma anlayışından ziyade; sezgisel ustalık ile dijital hesaplamanın yeni bir dengede buluştuğu, zanaatkârlığın dönüşen doğasının kabul edilmesidir.

Zira bir dönem mekanik düzeneklerin ve buhar gücünün yerini elektriğin alması, mum ışığının ampule bırakılması ya da el testerelerinin elektrikli şerit testerelere dönüşmesi nasıl başlangıçta yabancı, hatta kimi ustalar için "doğal olmayan" bir müdahale gibi görünmüşse; günümüzde bu araçların geleneksel pratiklerin dahi vazgeçilmez parçaları hâline geldiği hatırlanmalıdır. Bu tarihsel örnekler, teknolojik dönüşümlerin başlangıçta yarattığı direnç ve yabancılaşmanın, zamanla yeni normların oluşumuna zemin hazırladığını göstermektedir.

Hemen her alanda olduğu gibi, kapitalist sistem de kendi araç ve yöntemlerini sürekli olarak yeniden biçimlendirmekte ve güncellemektedir. Bu dönüşüm, üretim ilişkilerinden kültürel pratiklere kadar geniş bir yelpazede etkisini gösterirken, teknolojik yeniliklerin benimsenme hızını ve yönünü de belirgin biçimde şekillendirmektedir.

5. Post-Zanaatkârlığın Eleştirel Çerçevesi ve Açık Kültür

5.1. Sezgisellik ve Algoritmik Soyutlama

Zanaatkârın sezgisel bilgisi, dijital sistemlerde veriyle ifade edilebilir bir forma dönüştürülmeye çalışılır. Ancak sezgi, ölçülebilirliğin ötesinde bir epistemik derinliğe sahiptir. Hesaplamalı lutiyelikte sezgi, modelleme sürecinde parametrelerin seçimi, ses karakteristiğinin tanımı ve malzeme davranışlarının yorumlanması gibi aşamalarda devreye girer. Bu nedenle, sezgisel bilgi bir girdi olarak konumlanmaktan çıkar; sistemin yönelimini belirleyen temel bir 'yönlendirici ilke' niteliğine bürünür.

Zanaatkârın sezgisel bilgisi, dijital sistemlerde veriyle ifade edilebilir bir forma dönüştürülmeye çalışılır. Ancak sezgi, ölçülebilirliğin ötesinde bir epistemik derinliğe sahiptir. Hesaplamalı lutiyelikte sezgi, modelleme sürecinde parametrelerin seçimi, ses karakteristiğinin tanımı ve malzeme davranışlarının yorumlanması gibi aşamalarda devreye girer. Bu nedenle, sezgisel bilgi bir girdi olarak konumlanmaktan çıkar; sistemin yönelimini belirleyen temel bir 'yönlendirici ilke' niteliğine bürünür.

Hesaplamalı lutiyelik, insan ve makine arasındaki bu etkileşimi, ortak biliş (joint cognition) ekseninde konumlandırır. Bu bağlamda; Fitts'in (1951) görev tahsisi ilkeleri, Parasuraman, Sheridan ve Wickens (2000) modeli ve Shneiderman (2022)'ın insan–YZ etkileşimi konfigürasyonları (HITL, HOTL, HOOTL)[10]

[10] Yapay zekâ ve otonom sistemlerin karar verme süreçlerinde insanın konumu, literatürde üç temel model üzerinden tanımlanmaktadır. "İnsan Döngüde"

gibi çerçeveler, insan sezgisi ile algoritmik mantığın simbiyotik bir bütün oluşturabileceğini öne sürer. Ancak bu modellerin çoğu, sezgisel bilginin kültürel ve bedensel boyutlarını hesaba katmaz. Dolayısıyla post-zanaatkârlık perspektifinde, hesaplamalı lutiyelik teknik bir sürecin ötesinde sezgisel bilginin yeniden konumlandığı etik bir üretim alanıdır.

Hesaplamalı lutiyelik, dijital tasarım ve üretim tekniklerinin enstrüman yapımına entegrasyonuyla birlikte yeni olanaklar sunarken, bu dönüşümün içerdiği sınırlar ve potansiyeller bağlamında eleştirel bir perspektifle değerlendirilmesi gerekir. Teknik kapasitenin artışı, karmaşık geometrilerin modellenmesini, malzeme davranışlarının önceden simüle edilmesini, üretimin sistematikleşmesini ve sonucun ön görülebilmesini mümkün kılarken; bu durum enstrüman yapımında tarihsel olarak merkezi bir konuma sahip olan ustalık, dokunsal deneyim ve sezgisel karar alma süreçlerinin yerini otomasyonun alması tehlikesini de barındırmaktadır. Örneğin, bir *CNC* makinesinin yüksek hassasiyetli işlemi, ustanın titreşim, ses ve malzeme tepkisi yoluyla edindiği sezgisel bilgiye olan ihtiyacı azaltabilir. Bu durum, teknik bir yenilenmenin ötesinde epistemolojik bir kırılmaya işaret eder; bilgi üretimi giderek bedensel deneyimle kurulan ilişkiden uzaklaşıp algoritmik kod, yazılım ve simülasyon ortamlarında biçimlenen bir yapıya doğru evrilebilir. Bu bağlamda post-zanaatkârlık, zanaatkârın

(HITL/Human-in-the-Loop) yaklaşımında, kararlar uygulanmadan önce mutlaka insan tarafından doğrulanır; bu model özellikle algılanan riskin yüksek olduğu ya da teknolojik sistemlerin henüz olgunlaşmadığı erken evrelerde yaygın biçimde kullanılmaktadır. "İnsan Gözetiminde" (HOTL/Human-on-the-Loop) modelinde sistemler büyük ölçüde özerk çalışır fakat insan denetimi altında kalır; insanlar her adımı onaylamak yerine sadece beklenmeyen durumlarda müdahaleye hazır bulunur. Son olarak, "İnsanın Döngü Dışında Olduğu" (HOOTL/Human-out-of-the-Loop) durumda sistem, önceden tanımlanmış hedefler ve kısıtlar doğrultusunda tamamen özerk biçimde işleyebilir; insanlar sadece genel çerçeveyi belirler ve rutin işleyişe dâhil olmazlar (Perez-Trozzi, 2025). Bu son durumda insani bir zanaat pratiğinden bahsetmek mümkün değildir.

ontolojik konumunu yeniden tanımlayan bir paradigma olarak ele alınmalıdır. Zanaatkâr, geleneksel anlamda el emeğiyle özdeşleşen bir üretici figüründen çıkarak; dijital arayüzleri yöneten, parametrik tasarım sistemlerini kurgulayan ve algoritmik süreçleri yorumlayan yeni bir özne formuna evrilmektedir (Stary, 2015; Jacobs vd., 2016; Da Rocha, 2022).

Bu perspektifte, dijital lutiyelik alanında zanaat temelli üretim süreçlerini desteklemeye yönelik yürütülen Armitage'in *The Half-Instrument Workshop: Reifying Digital Luthiery* (2018) adlı çalışması öne çıkar. Bu çalışma, dijital lutiyelik alanında geliştirilen araçların, yöntemlerin ve üretim süreçlerinin zanaatkârın pratiği üzerindeki etkilerini kuramsal ve uygulamalı düzlemde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın temel hedefi, dijital enstrüman yapımı ile zanaatkârlık arasındaki ilişkiselliği derinlemesine sorgulamak ve bu ilişkinin dönüşümünü destekleyebilecek yenilikçi tasarım stratejileri ile zanaatkâr merkezli üretim modelleri önermektir. Enstrüman yapımı, insanlık tarihine içkin köklü bir sanatsal ve teknik etkinlik olarak, her dönemde dönemin kültürel ve teknolojik bağlamları doğrultusunda farklı üretim stratejilerine evrilmiştir. Günümüzde "dijital lutiyelik" olarak tanımlanan yeni pratik biçimi ise, çoğunlukla mühendislik ve hesaplamalı bilimlerden türetilen araç ve yöntemlere dayanmaktadır. Ancak bu teknolojik araçlar, zanaatkârın bedensel ve duyusal bilgisini üretim sürecine yeterince entegre etmemekte; sanatsal ihtiyaçlara yanıt verme konusunda da sınırlılıklar taşımaktadır. Armitage (2018)'in çalışması, dijital enstrüman yapımında kullanılan bu teknolojilerin, lutiyenin beden-zihin bütünlüğü içindeki sezgisel ve dokunsal pratiklerini destekleyecek biçimde nasıl yeniden kurgulanabileceğini araştırmaktadır. Söz konusu araştırma, dört tematik eksen çerçevesinde yapılandırılmış; her tema kuramsal çözümlemeler ve uygulamalı atölye deneyimleriyle temellendirilmiştir (Instruments Lab., t.y.).

Araştırmada ilk olarak geleneksel ve dijital lutiyelik karşılaştırmasının yapılması dikkat çekicidir. Bu bağlamda geleneksel lutiyelik ile dijital lutiyelik arasındaki temel farklardan biri, üretim sürecine ilişkin bilginin üretim ve aktarım biçimidir. Dijital lutiyelik üzerine yapılan araştırmalar, özellikle *New Interfaces for Musical Expression* (NIME) konferanslarında yoğunlaşan teknik söylemler üzerinden yürütülmekte olup, genelleştirilmiş yapılar ve tasarım ilkeleri sunmaktadır. Buna karşılık, geleneksel lutiyelikte, her bir çalgının ses, his ve görünüş gibi özellikleri için özel ve ayrıntılı yöntemler tercih edilir. Bu fark, örneğin Stradivarius'un kemanları ile seri üretim öğrenci kemanları arasındaki incelikli farklılıklarda somutlaşır: aynı boyutlara ve forma sahip olsalar da, ses karakteri ve dokunsal tepkiler bakımından büyük ölçüde farklılaşmaktadırlar (Instruments Lab., t.y.).

Bu çerçevede Armitage ve çalışma arkadaşları tarafından "NIMEcraft" kavramı önerilmiştir. Bu kavram, yüzeysel olarak benzer görünen iki dijital enstrüman arasındaki mikro düzeydeki farklılıkları ve bu farkları üreten tasarım süreçlerini açıklamak için kullanılır. Geleneksel keman yapımcılarıyla gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda, dijital lutiyeliğin daha zanaatkâr dostu bir yapıya kavuşabilmesi için önerilen bir model geliştirilmiştir (Armitage, Morreale ve McPherson, 2017).

Armitage ve çalışma ekibi ikinci safhada ise dijital lutiyelikte fiziksel zanaatın araştırılması üzerine yoğunlaşır. Araştırmada 20 katılımcıyla birlikte *Half-Instrument* adını taşıyan bir atölye çalışması düzenlenir. Katılımcılardan, önceden hazırlanmış parçaları tamamlarken fiziksel zanaatkârlık bilgilerini ve jestsel dillerini geliştirmeleri beklenmiştir. Sürecin sonunda her bir grup, kendi yaklaşımını geliştirerek biçimsel ve işlevsel farklılıklar ortaya koymuştur (Armitage ve McPherson, 2018).

Armitage'in üçüncü araştırma konusu fiziksel ve dijital zanaat pratiklerinin karşılaştırılması üzerine odaklanır. Aynı atölye çalışmasının dijital versiyonu *PureData* yazılımı kullanılarak yürütülmüş ve fiziksel zanaatın dijital ortama taşınmasında karşılaşılan güçlükler gözlemlenmiştir. Katılımcılar, dijital araçların deneysel denemelere izin vermemesi ve sınırlı zaman içinde yeterli üretkenlik sağlanamaması gibi sorunları dile getirmiştir. Bu bulgular, dijital zanaatkârlık süreçlerinin yaygınlaşmaya başlamış olsa da hala sınırlı bir ifade alanı sunduğuna işaret eder (Armitage, 2018).

Bu ve bunun gibi projeler genel olarak dijital el zanaatlarının keşfi ve programlama arayüzlerinin geliştirilmesini amaçlar. Bu kapsamda, dijital lutiyelerin dokunsal ve mekânsal becerilerini daha etkin biçimde kullanabileceği yeni programlama arayüzlerinin tasarımı üzerine yoğunlaşılmıştır. Geliştirilen sistem, el ile üretime olanak tanıyan ve hesaplamalı süreçlere müdahale edebilen hibrit bir üretim aracıdır. Katılımcılar bu sistem aracılığıyla mikro düzeyde ayrıntılı tasarımlar gerçekleştirmiş ve ardından performansçılarla birlikte bu öğeleri sahneye uyarlamıştır. Bu çalışma, dijital zanaatkârlık araçlarının, lutiyenin üretim sürecine daha yoğun ve yaratıcı bir katılımını mümkün kılabileceğini göstermeyi hedeflemektedir.

Sonuç olarak, bu gibi araştırma ve çalışmalar halen devam etmektedir. Hesaplamalı lutiyelik pratiği, potansiyellikleri ve sınırlılıkları bünyesinde barındıran melez bir üretim rejimi olarak ele alınmalıdır. Zanaat ile dijital teknolojiler arasındaki bu karşılaşma, ne tam bir evrim ne de bir devrimdir; daha çok bir geçiş alanı, bir epistemolojik müzakere zeminidir. Gelecekte bu geçişin nasıl şekilleneceği, teknolojik ilerlemenin yönünden ziyade bu araçlara atfedilen anlamlar, benimsenen üretim etiği ve kültürel değer sistemlerinin oluşturduğu çerçeve doğrultusunda belirlenebilir.

5.2. Açık Zanaatkârlık: Potansiyeller ve Sınırlar

Tüm bu eleştirel perspektifler içinde yine de açık zanaatkârlık pratikleri göz ardı edilemeyecek potansiyellere sahiptir ve bu dönüşüm yeni olanakları beraberinde getirir. Özellikle açık kaynaklı platformlar ve parametrik paylaşım modelleri, bilgiye erişimi demokratikleştirmekte ve enstrüman tasarımı alanında kolektif inovasyonu mümkün kılmaktadır. Böylelikle bireysel ustalık, kendi başına edinilen bir beceriden uzaklaşarak, giderek daha fazla çoğulcu bir topluluk üretimi içinde konumlanmaya başlamıştır. Bu durum, küresel ölçekte yaygınlaşan bir açık zanaat (open craft) anlayışını da gündeme getirmektedir.

Açık kaynak (open source)[11] kavramından türetilerek geliştirilen ve çoğunlukla yazılım geliştirme ve dijital üretim kültürü bağlamında ele alınan açık zanaatkârlık (open craftsmanship)[12]

[11] İlk donanım odaklı açık kaynak (open source) faaliyetlerinin kökeni, 1990'ların sonlarına dayanmaktadır. Bu hareketin öncülerinden biri olan Perens, "Açık Kaynak Tanımı (Open Source Definition)"nın yaratıcısı ve "Açık Kaynak İnisiyatifi (Open Source Initiative)"nin kurucu ortağı olarak, donanım üreticilerinin ürünlerini açık kaynaklı olarak sertifikalandırmalarını mümkün kılan "Açık Donanım Sertifikasyon Programı (Open Hardware Certification Program)"nı başlatmıştır (Perens, 1997; OpenHardware.org, 1998). Kısa bir süre sonra, Freeman'ın geliştirdiği "Açık Donanım Belirtim Projesi (Open Hardware Specification Project – OHSpec)," donanım arayüzlerinin kamusal erişime açılmasını ve tescilli sistemlere karşı yeni bir bilgisayar mimarisi geliştirilmesini hedeflemiştir (Freeman, 1998). Bu girişimlerin ardından, 1999 yılı başlarında Sepehr Kiani, Ryan Vallance ve Samir Nayfeh, açık kaynak felsefesini makine mühendisliği tasarımına entegre etme amacıyla "Açık Tasarım Vakfı (Open Design Foundation – ODF)"nı kurarak "Açık Tasarım (Open Design)" tanımı üzerinde çalışmaya başlamışlardır. Her ne kadar bu erken dönem çabaların bir kısmı birkaç yıl içinde sona erse de, bu gelişmeler, açık zanaatkârlık (open craft) kültürünün doğuşuna ve açık kaynaklı yazılım ve dijital enstrüman tasarımı gibi yaratıcı alanlara epistemolojik ve örgütsel temel sağlamıştır.

[12] Açık zanaatkârlık kavramı, özellikle dijital zanaatkârlık ve açık kaynak tasarım alanlarında yaygın olarak kullanılmakta olup, zanaat ve tasarım süreçlerinin açık, erişilebilir ve işbirliğine dayalı şekilde yürütüldüğü bir yaklaşımı ifade eder. Bu terim ilk kez kimin tarafından ortaya atıldığı kesin olmamakla birlikte, *Maker*

yaklaşımı, ilk bakışta dijital arayüzlerle ilişkili bir üretim paradigması olarak görünse de, bu kavram geleneksel zanaat pratikleri üzerinden de yeniden yorumlanabilir. Zira zanaatkârlık, tarihsel olarak daima paylaşıma dayalı, kuşaktan kuşağa aktarılan ve kolektif bilgiyle şekillenen bir üretim biçimi olagelmiştir. Bu nedenle açık zanaatkârlık, sadece dijital teknolojilerin sunduğu erişilebilirlik ve paylaşım olanaklarıyla sınırlı kalmaz; buna koşut geleneksel üretim biçimlerinde içkin olan kolektif deneyim aktarımı, yerel bilgi ve etik sorumluluk anlayışıyla da derinleştirilebilir.

Zanaatkârlık ve el yapımı üretim günümüzde köklü bir dönüşüm geçirmektedir ve bu dönüşümün merkezinde yer alan "açık zanaatkârlık" (open craftsmanship) kavramı, geleneksel zanaatkârlığın toplumsal, etik ve işlevsel boyutlarını yeni üretim araçları, açık kaynak platformları ve parametrik paylaşım modelleri aracılığıyla yeniden düşünmeye olanak sağlar.

Bilgiye erişimin demokratikleşmesiyle, parametrik model dosyalarının, üretim tekniklerinin ve paylaşımlı tasarım verilerinin kolektif inovasyona açılması, bireysel ustalığın ötesine geçerek 'çoğulcu' bir topluluk üretimine olanak tanır. Özellikle enstrüman yapımı gibi yüksek uzmanlık ve deneyim gerektiren alanlarda bu paylaşım edimleri, yeni üretim pratiklerinin gelişmesini teşvik eder. Açık kaynaklı platformlar ve çevrimiçi topluluklar, zanaatkârlar, tasarımcılar, mühendisler ve müzisyenler arasında bilgi ağları kurarak üretim süreçlerini hızlandırır. Böylelikle verimlilik artar ve yerel, sezgisel ve kolektif bilgi birikiminin sürekliliği de sağlanır.

Ancak, açık zanaatkârlığın olanakları ve sınırları da dikkatlice değerlendirilmelidir. Birincisi, dijital paylaşımın sunduğu avantajlara karşın, zanaatkârlığın bedensel, materyal-temelli ve

kültürü, açık donanım hareketleri ve dijital zanaatkârlık literatürü çerçevesinde giderek daha fazla önem kazanmıştır.

sezgisel boyutlarının tamamen dijital platformlara aktarılması neredeyse imkânsızdır. Örneğin, el işçiliğiyle kazanılan dokunsal bilgi, malzeme davranışlarını anlama, mikro müdahaleleri sezme yetisi gibi unsurlar, tamamen parametrik dosya ya da dijital paylaşımla yerini almaz.

Bilgiye erişimin demokratikleşmesiyle, parametrik model dosyalarının, üretim tekniklerinin ve paylaşımlı tasarım verilerinin kolektif inovasyona açılması, bireysel ustalığın ötesine geçerek 'çoğulcu' bir topluluk üretimine olanak tanır.

Bu noktada, Sennett (2013), zanaatkârlığın özünü insanın el, zihin ve malzeme arasında kurduğu etik bir ilişki olarak tanımlar. Bu bakımdan, açık zanaatkârlık dijital paylaşım araçlarını, tarih boyunca usta-çırak ilişkisiyle aktarılmış olan bedensel ve sezgisel bilginin çağdaş bir uzantısı olarak ele alınabilir. Sennett (2013)'in zanaatkârlığın yeni anlamı üzerine yaptığı analizlerde öne çıkan bedensel – materyal – kognitif ilişkiler, dijital araçlara indirgenemeyen unsurlardır.

Willems'in (2018) *The Meaning of Craftsmanship in a Digital Age* başlıklı çalışmasında belirttiği üzere, dijital teknolojiler zanaat üretiminde yeni ifade alanları yaratırken, buna koşut "insan–araç–malzeme" ilişkisini zayıflatma potansiyeline de sahiptir. Bu durum, açık zanaatkârlığın yenilikçi ve de kırılgan doğasını ortaya koyar: üretimi demokratikleştirirken, ustalık bilgisinin dokunsal ve sezgisel boyutlarını soyutlama riski taşır (Treadaway, 2007).

İkinci olarak, paylaşımın etik ve epistemik boyutları göz ardı edilmemelidir. Açık kaynak tasarımlar ve paylaşımlı üretim modelleri sıklıkla 'körü körüne paylaşım' biçimlerine dönüşebilir; bu durumda yerel zanaatkârların emeği, bilgi birikimi ve toplumsal

bağlamı göz önünde tutulmadan küresel şablonlara indirgenebilir. Bu da "bilgi sömürüsü" ya da "küresel zanaatkârlığın yerel bağlamlardan kopuşu" gibi sorunları tetikleyebilir. Bu nedenle açık zanaatkârlığın etik bir perspektifle ele alınması, yerel bilgi, ustalık ilişkisi ve malzeme kültürünün korunması açısından önemlidir.

Üçüncü olarak, günümüzde teknolojik altyapı ve dijital paylaşım modelleri her zaman eşit erişilebilir değildir. Parametrik dosyalara erişim, dijital üretim araçlarını kullanabilme yetisi ve üretim altyapısına sahip olma gibi koşullar, hâlâ zanaatkârlar arasında eşitsizlikler yaratmaktadır. Bu da açık zanaatkârlığın demokratikleşme iddiasını sorgulatabilir.

...paylaşımın etik ve epistemik boyutları göz ardı edilmemelidir. Açık kaynak tasarımlar ve paylaşımlı üretim modelleri sıklıkla 'körü körüne paylaşım' biçimlerine dönüşebilir; bu durumda yerel zanaatkârların emeği, bilgi birikimi ve toplumsal bağlamı göz önünde tutulmadan küresel şablonlara indirgenebilir.

Açık kaynak (open-source) kavramından türetilen ve çoğunlukla yazılım geliştirme ve dijital üretim kültürü bağlamında ele alınan 'açık zanaatkârlık' pratikleri, başlangıçta dijital arayüzlerle ilişkili bir üretim paradigması gibi görünse de, bu kavram geleneksel zanaatkârlık üzerinden yeniden yorumlanabilir. Çünkü zanaatkârlık, tarihsel olarak sınırlı paylaşımcılığa dayalı, kuşaktan kuşağa zorlukla aktarılan bir üretim biçimi olmuştur. Dolayısıyla açık zanaatkârlık salt dijital teknolojilerin sunduğu erişim, paylaşım ve otomasyon olanaklarıyla sınırlı kalmaz; dolayısıyla geleneksel üretim biçimlerinde içkin olan kolektif

deneyim aktarımı, yerel bilgi, ortak ustalık etikası ve malzeme kültürüyle de derinleştirilebilir.

Bu anlayış, enstrüman yapımı gibi alanlarda yeni bir paradigma ortaya koyar. Tasarım verilerinin parametreleşmesi, paylaşılan 3B modeller ve açık prototip kültürü, lutiye pratiğinde önemli bir dönüşüm yaratır. Üretim artık sadece bir ustanın elinden çıkan bir nesne olmaktan çıkar; topluluk tarafından biçimlendirilen bir süreç haline gelir. Böylelikle üretim verimliliği artar; sezgisel beceri ve yerel malzeme bilgisi kaybolmadan yeni kuşaklara aktarılabilir.

Üretim artık sadece bir ustanın elinden çıkan bir nesne olmaktan çıkar; topluluk tarafından biçimlendirilen bir süreç haline gelir. Böylelikle üretim verimliliği artar; sezgisel beceri ve yerel malzeme bilgisi kaybolmadan yeni kuşaklara aktarılabilir.

Ancak bu yeni üretim paradigmasında dikkat edilmesi gereken hususlar vardır: Paylaşılan parametrelerin yerel malzeme, klimatik koşul, akustik bağlam gibi özel üretim koşullarına uymayabileceği gerçeği; topluluk üretiminin heterojen bilgi düzeyleri arasında tutarlılık sağlamanın zorluğu; ve dijital paylaşım ile fiziksel üretim arasındaki kopukluk riskidir. Bu nedenle açık zanaatkârlığın potansiyeli en yüksek düzeye çıkarılırken, onun sınırları da bilinçle yönetilmelidir. Açık zanaatkârlığın başarılı biçimde işlemesi için şu üç ilke önerilebilir: (a) yerel malzeme ve üretim koşullarının hesaba katılması, (b) topluluk üretimde şeffaflık ve ortak epistemik sorumluluk kurması, ve (c) fiziksel, bedensel ustalık ile dijital paylaşım modellerinin dengelenmesi.

Bu bağlamda açık zanaatkârlık modeli, hesaplamalı lutiyelik alanında üretim süreçlerini dönüştürebilecek ve zanaatkârlığın

sezgisel, bedensel ve topluluk-temelli yönlerini koruyabilecek bir araç olabilir. Bilgi paylaşımı, kolektif üretim ağları ve dijital parametre sistemleri bu olanakları açarken; yerel malzeme bilgisi, ustalık deneyimi ve etik sorumluluk ise bu dönüşümün sürdürülebilirliğini güvence altına alır.

Bu çerçeveden bakıldığında açık zanaatkârlık, hesaplamalı lutiyelik alanında üretim süreçlerini dönüştüren bir yaklaşım olmanın yanı sıra, bu dönüşümü kuramsal olarak temellendiren geniş bir literatürün de kesişim noktasında yer alır. Post-zanaatkâr estetiğin önerdiği sezgisel-bedensel bilgi ile dijital üretim altyapılarının sunduğu paylaşılabilirlik ve yeniden üretilebilirlik imkânları birleştiğinde, alan giderek daha fazla disiplinlerarası araştırmanın odağı hâline gelir. Nitekim son yıllarda yapılan çalışmalar, açık zanaatkârlığın dijital temsil ve kolektif bilgi üretimi açısından nasıl yeni yöntemler ortaya koyduğunu göstermekte; böylelikle kavram salt bir üretim pratiği olmanın ötesine geçerek akademik tartışmaların da merkezine yerleşmektedir.

Hesaplamalı lutiyelik, dijital üretim teknolojileri ile zanaatkâr sezgisi arasındaki etkileşimi araştıran disiplinlerarası bir alandır. Bu alanın en tartışmalı kavramlarından biri, son yıllarda giderek öne çıkan “açık zanaatkârlık” (open craftsmanship), üretim sürecini bireysel ustalık çerçevesinden çıkararak, kolektif bilgi üretimi, dijital paylaşım ağları ve açık kaynaklı üretim pratikleriyle yeniden tanımlar.

Açık zanaatkârlığın en belirgin katkılarından biri, bilgiye erişimi demokratikleştirmesidir. Parametrik modelleme dosyaları, CAD/CAM tasarımları ve 3B üretim verileri, çevrimiçi platformlarda paylaşılabilir hale geldikçe, bireysel ustalığın yerini kolektif üretim almaya başlamıştır. Bu durum, enstrüman yapımı gibi yüksek teknik beceri gerektiren alanlarda da yeni olanaklar doğurur.

Örneğin, Zabulis ve arkadaşları (2025) "A Digitally Enhanced Ethnography for Craft Action and Knowledge Representation" adlı çalışmalarında, dijital etnografi ve açık üretim verilerinin birleştirilmesiyle zanaatkâr bilgisinin nasıl temsil edilebileceğini göstermiştir. Aynı şekilde Anooja, ve Kumar (2025), *Design Studies* dergisinde yayımlanan çalışmasında, zanaat ve tasarım arasındaki açık ekosistemlerin inovasyonu hızlandırdığı kadar, yerel bilgi pratiklerinin korunması açısından da fırsatlar sunduğunu vurgular.

Bu bağlamda, açık zanaatkârlık enstrüman tasarımında da önemli bir paradigma değişimini temsil eder. Bilgisayar destekli tasarım (CAD), parametrik modelleme ve dijital fabrika (FabLab) ortamları, lutiyelerin malzeme, akustik ve estetik parametreleri paylaşmasına olanak tanır. Böylelikle bireysel ustalık, çoğulcu bir bilgi paylaşım ağına dönüşür; üretim süreci "kişisel becerinin" ötesine geçerek "kolektif yaratıcılığın" alanına taşınır.

...bireysel ustalık, çoğulcu bir bilgi paylaşım ağına dönüşür; üretim süreci "kişisel becerinin" ötesine geçerek "kolektif yaratıcılığın" alanına taşınır.

Treadaway (2007), dijital üretimin zanaatkârlığın doğasını ortadan kaldırmadığını; aksine bedensel deneyim ve materyal sezgisiyle bütünleştiğinde üretimi zenginleştirdiğini belirtir. Bu yaklaşım, yapay zekâ destekli tasarım sistemlerinde insan dokunuşunun kaybolmaması için önemli bir zemin sunar.

Açık zanaatkârlık, hesaplamalı lutiyelikte salt bir üretim yöntemi olarak görülemez; alanın epistemolojik sınırlarını genişleten yeni bir bilgi rejimi niteliği taşır. Dijital teknolojiler aracılığıyla bilgi paylaşımını, kolektif üretimi ve yaratıcılığı teşvik ederken, buna koşut zanaatkârlığın etik, yerel ve sezgisel değerlerini

de koruma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, açık zanaatkârlık geleceğin lutiyelik pratiğinde insan-teknoloji iş birliğinin üretken ve de bilinçli bir biçimde sürdürülebilmesi için kritik bir çerçeve sunmaktadır.

Açık zanaatkârlığın potansiyelleri ve sınırları, bu yaklaşımın salt bireysel ustalık pratiklerini dönüştürmediğini; daha geniş ölçekli, çok aktörlü ve giderek kurumsallaşan üretim ağlarını da şekillendirdiğini gösterir. Dijital paylaşım kültürü, parametrik tasarım modelleri ve kolektif üretim alışkanlıkları olgunlaştıkça, açık zanaatkârlık artık tekil bir pratikten ziyade ekosistemler hâlinde örgütlenen, platformlara, topluluklara ve paylaşılan altyapılara dayalı bir yapıya evrilmektedir. Bu nedenle bir sonraki bölümde, açık zanaatkârlığın bu çok katmanlı ekosistemlerini; yani dijital ağları, üretim ortaklıklarını ve bilginin dolaşımını mümkün kılan kurumsal ve topluluk-temelli yapılarını daha ayrıntılı biçimde ele almak gerekecektir.

5.3. Açık Zanaatkârlık Ekosistemleri

Açık zanaatkârlık günümüzde kolektif bir üretim ekosistemi olarak işlev görür (bkz tablo 1). Bu ekosistemde FabLab, OpenDesk, Wikifactory ve GitHub-Craft gibi platformlar bilgi paylaşımını, birlikte üretimi ve dijital-fiziksel iş birliğini mümkün kılar. Kavramsal perspektifte, bu platformlar, açık zanaatkârlığın sadece "tasarım paylaşımı" boyutuyla sınırlı kalmayıp bilginin dolaşımını, doğrulanmasını ve yeniden üretimini destekleyen çok katmanlı bir ekosistem oluşturur. Özellikle Thingiverse, Printables ve GrabCAD gibi ortamlarda paylaşılan modeller, lutiyelik pratiğinde akustik optimizasyon, titreşim analizi ve prototipleme süreçlerinin hızlandırılmasına katkı sunar.

Diğer yandan Arduino ve Raspberry Pi, hesaplamalı lutiyelik ve açık zanaatkârlık ekosisteminin en önemli bileşenlerinden iki açık

kaynak platformudur. Arduino, mikrodenetleyici tabanlı sensör, aktüatör ve kontrol sistemleriyle zanaatkârın sezgisel üretim sürecine dijital ölçüm ve etkileşim boyutu eklerken; Raspberry Pi, düşük maliyetli tek kart bilgisayar yapısıyla akustik modelleme, veri analizi, robotik kontrol ve ses işleme gibi yüksek hesaplama gerektiren uygulamalara olanak tanır. Her iki sistem de açık kaynaklı donanım ve yazılım yapıları sayesinde lutiyelere, çalgı üretiminde deneysel süreçleri dijital ortama taşımak, titreşim ve akustik ölçümleri sistematikleştirmek ve üretim verilerini paylaşılabilir biçimde belgelemek için erişilebilir araçlar sunar. Bu yönüyle Arduino ve Raspberry Pi, el zanaatının sezgisel doğasıyla dijital üretim teknolojileri arasında köprü kurarak hesaplamalı lutiyeliğin demokratikleşmesini destekler (Gibb, 2010; Upton ve Halfacree, 2016; Shiloh ve Banzi, 2014).

Tablo 1: *Açık Zanaatkârlık Ekosistemleri ve Platform Ağları*[13]

Model / Platform	**Ana Odak**	**Üretim Yaklaşımı**	**Lutiyelikte Potansiyel Kullanım**
FabLab	Yerel üretim laboratuvarları, açık erişimli dijital üretim	CNC, 3B baskı, lazer kesim, paylaşılan kod	Tasarımlarının yerel olarak üretilmesi, parametrik prototiplerin test edilmesi
Opendesk	Açık kaynak mobilya tasarımı	Paylaşımlı CAD dosyaları, yerel atölyelerde üretim	Gövde tasarımlarının paylaşımı ve yerel üretim ağı kurulumu
Wikifactory	Küresel açık üretim ağı	Bulut tabanlı 3B model paylaşımı, revizyon takibi	Tasarımlarının çeşitlendirilmesi, topluluk temelli tasarım geliştirme
GitHub-Craft	Kod ve zanaat kesişiminde proje yönetimi	Versiyon kontrolü, işbirlikçi dokümantasyon	Akustik simülasyon kodları, malzeme veritabanı paylaşımı

[13] Tabloda örneklenen açık kaynak platformlar, kitabın yayımlandığı dönemde kullanıcıdan herhangi bir ücret talep etmeksizin hizmet vermektedir.

Thingiverse	3B baskı ve model paylaşım topluluğu; açık üretim dosyaları havuzu	Topluluk temelli 3B modelleme ve açık CAD/STL paylaşımı (CC lisanslı)	Enstrüman gövde formları, akustik bileşenler, titreşim test aparatı veya rezonans kutusu prototiplerinin paylaşımı
Printables (Prusa Research)	3B yazdırılabilir nesneler, üretim yarışmaları ve sürümleme sistemi	Açık 3B modelleme, kullanıcı geribildirimi ve sürüm yönetimi	Akustik ölçüm fikstürleri, jig sistemleri, gövde kalıpları ve malzeme test parçalarının paylaşımı
Instructables	Açık "nasıl yapılır" (DIY) projeleri ve topluluk tabanlı dokümantasyon	Adım adım üretim süreçlerinin paylaşımı, öğretici proje yazımı	Enstrümanların yapım süreçlerinin belgelenmesi; çıraklık-ustalık aktarımına dijital katkı
Hackaday.io	Açık donanım ve mühendislik projeleri platformu	Donanım prototipleme, mikrodenetleyici ve sensör tabanlı açık sistem geliştirme (CERN-OHL lisanslı)	Akustik ölçüm devreleri, titreşim sensörleri, veri toplama sistemleri ve sistematik FEM doğrulama cihazları
GrabCAD Community / Library	Endüstriyel ve mühendislik odaklı CAD paylaşım ağı	CAD ve CAM dosyalarının açık paylaşımı ve versiyon kontrolü (MIT/CC)	Enstrüman bileşenlerinin (ör. burgular, kuyruk, iç takviye) CAD modellerinin tasarımı ve paylaşımı
Open Source Ecology (GVCS)	Açık planlarla üretilebilen makineler ve modüler üretim altyapısı	Yerel üretim atölyelerinde açık mekanik sistemlerin inşası (CC-BY-SA)	Lutiye atölyelerinde kullanılacak kurutma, şekillendirme ve kesim makinelerinin açık planları
Open Source Hardware Association (OSHWA)	Açık donanım tanımı ve sertifikasyon standartlarının geliştirilmesi	Açık donanım sertifikasyonu, lisans yönetimi ve etik paylaşım ilkeleri (CERN-OHL, TAPR, Solderpad)	Açık kaynaklı akustik ölçüm ve titreşim analiz cihazlarının lisanslanması ve etik doğrulama süreci

Arduino	Açık-kaynak elektronik prototipleme platformu; mikrodenetleyici tabanlı donanım ve yazılım ekosistemi.	Donanım şemaları, yazılım geliştirme araçları ve topluluk paylaşımları ile üretim; sensörler, aktüatörler, mikro-kontroller.	Enstrüman yapımında: titreşim sensörleri, akustik ölçüm cihazları, sap ayarı mekanizmaları, robotik üretim destek sistemleri.
Raspberry Pi	Ucuz ve çok yönlü tek kart bilgisayar platformu; eğitim ve hobi amaçlı geniş kullanım.	Donanım ve yazılım ortamı sunar; mikrodenetleyici dışında tam işletim sistemi desteği ile üretim ve kontrol imkânı.	Enstrüman yapımında: akustik modelleme yazılımları, gerçek vakitli ses işleme, IoT destekli üretim izleme, robotik montaj kontrolü.

Buna paralel olarak, “Hackaday” ve “Open Source Ecology” gibi daha mühendislik temelli ağlar, açık donanım yaklaşımını zanaatkâr üretim süreçlerine taşır ve bu sayede çalgı üretimi, estetik ve el işçiliği odaklı geleneksel çerçevenin ötesine geçerek bilimsel ölçüm, sensör teknolojisi ve dijital doğrulama yöntemleriyle güçlenen çok katmanlı bir yapıya dönüşür.

Açık donanımın etik ilkelerini belirleyen OSHWA ve lisanslama sistemleri ise, bilginin sorumlu paylaşımı açısından bir tür “epistemik altyapı” sağlar. Bu yapı, açık zanaatkârlığın paylaşım kültürü, sürdürülebilir ve hesap verebilir bir üretim kültürü olarak işlemesini güvence altına alır.

Sonuç olarak, açık zanaatkârlık ekosistemi, enstrüman yapımı gibi yüksek hassasiyetli alanlarda insan-teknoloji ortaklığına dayalı yeni üretim paradigmalarını mümkün kılar. Bu ortamlar, bireysel sezgi ve topluluk bilgisini birbirine bağlayarak, yerel zanaat geleneklerinin devamlılığını ve küresel ölçekte kolektif yenilikleri destekler.

Bunlar ve bunlar gibi platformlar, bilginin açık dolaşımı ile yerel üretim kapasitesi arasında dinamik bir denge kurar. Özellikle FabLab modeli, Sennett'in (2013) "ustalığın etik boyutu" olarak tanımladığı zanaatkâr değerlerini çağdaş üretim biçimleriyle uzlaştırır. OpenDesk ve Wikifactory ise açık tasarımın fiziksel üretimle bütünleştiği "dijital zanaat ağları"nın öncüleridir (Bögle, 2022).

...açık zanaatkârlık ekosistemi, enstrüman yapımı gibi yüksek hassasiyetli alanlarda insan-teknoloji ortaklığına dayalı yeni üretim paradigmalarını mümkün kılar. Bu ortamlar, bireysel sezgi ve topluluk bilgisini birbirine bağlayarak, yerel zanaat geleneklerinin devamlılığını ve küresel ölçekte kolektif yenilikleri destekler.

Açık zanaatkârlığın başarısı, teknik yenilikle, etik sorumluluk ve topluluk bilinci ile ölçülmelidir. Bu kapsamda üç temel boyut önerilebilir. Bunlardan ilki epistemik boyut: Bilginin kolektif ve şeffaf biçimde paylaşılması, ikincisi ontolojik boyut: Üretimin yerel, maddi ve kültürel bağlamlara kök salması, üçüncüsü ise etik boyut: Paylaşımın sorumluluk ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle yönetilmesi. Bu üçlü yapı, hesaplamalı lutiyeliği insan–teknoloji ortaklığına dayalı, yenilikçi ve insani bir üretim paradigmasına dönüştürür.

Bu bağlamda açık zanaatkârlık ve hesaplamalı lutiyelik, teknik bir yönelimin ötesine geçerek kendi bilgi üretim dinamiklerini, yöntemsel ilkelerini ve kültürel etkilerini içeren özgül bir epistemik alan olarak ele alınmalıdır. Bilgi paylaşımını, kolektif üretimi ve yaratıcılığı teşvik ederken; yerel bilgi, etik sorumluluk ve sezgisel beceriyi korur. Bu yönüyle açık zanaatkârlık, geleceğin

lutiye pratiğinde insan-teknoloji iş birliğini üretken ve bilinçli biçimde sürdürebilmek için temel bir çerçeve sunar.

5.4. Tarihsel Bağlam ve Ön-Açık Zanaat Pratikleri

Açık zanaatkârlık anlayışını sadece dijital çağın bir ürünü olarak konumlandırmak, bu üretim biçiminin tarihsel sürekliliğini görmezden gelme riski taşır. Oysa zanaatkârlık tarih boyunca, özellikle de pre-modern toplumlarda, belirli derecelerde kolektiflik, paylaşım ve bilgi aktarımı ekseninde var olmuştur. Ortaçağ Avrupa'sındaki lonca sistemleri ya da Osmanlı'daki ahi teşkilatları gibi örgütlenmeler, bilgi paylaşımını ve etik üretim standartlarını kurumsallaştırmış yapılardır (Gürsoy, 2017). Bu yapıların temelinde, ustalık bilgisinin gizlenmeden, kontrollü biçimde ama sistematik bir pedagojik yapı içerisinde aktarılması yatar.

Benzer şekilde, paylaşımlı usta-çırak ilişkisine dayanan geleneksel üretim yapıları da açık zanaatkârlık düşüncesinin tarihsel öncülleri olarak değerlendirilebilir. Bu ilişki biçimi, teknik bilginin aktarımını aşan bir niteliğe sahiptir; kuşaklar boyunca sürdürülen bir görgü, etik ve estetik anlayışının da zanaatkâr topluluğu içinde dolaşıma girmesini sağlayan kültürel bir öğrenme alanını ifade eder (Sennett, 2013). Bu tür ilişkilerde bilgi üretimi, doğrudan deneyime, bedensel sezgiye ve malzeme ile uzun süreli temasa dayanır. Günümüzde dijital paylaşım platformlarının sağladığı erişim imkânları, bu tarihsel bilgi aktarım modelinin daha yatay, daha çoğulcu ve daha küresel versiyonlarını ortaya çıkarmaktadır.

Dolayısıyla açık zanaatkârlık sadece dijital bir kavram olmanın ötesinde geçmişteki zanaat kültürlerinin günümüz teknolojik imkanlarıyla yeniden anlamlandırılmasıdır. Bu bağlamda, açık zanaatkârlık geçmişle bağ kurar ve de gelecek için yeni bilgi paylaşım rejimlerinin temellerini atar.

Diğer yandan, bu kavram geleneksel bağlamda çoğunlukla "maharetin özü" olarak görülen, dolayısıyla "sır" veya "saklı bilgi" biçiminde korunan zanaatkârlık bilgisinin[14] sınır metaforu üzerinden aşılmasına olanak tanımaktadır.

> *...açık zanaatkârlık sadece dijital bir kavram olmanın ötesinde geçmişteki zanaat kültürlerinin günümüz teknolojik imkanlarıyla yeniden anlamlandırılmasıdır. Bu bağlamda, açık zanaatkârlık geçmişle bağ kurar ve de gelecek için yeni bilgi paylaşım rejimlerinin temellerini atar [...] "sır" veya "saklı bilgi" biçiminde korunan zanaatkârlık bilgisinin sınır metaforu üzerinden aşılmasına olanak tanımaktadır.*

Özellikle açık kaynaklı platformlar ve parametrik paylaşım modelleri, bilgi erişiminde eşitlikçi ve paylaşımcı üretim fikrini desteklemekte; yüzyıllardır aristokrasinin güdümündeki lonca örgütlenmelerinin gölgesinde rekabetçi bir anlayışla şekillenen enstrüman yapım alanında, kolektif inovasyonu mümkün kılmaktadır. Böylece "bireysel ustalık," tekil bir beceri alanı olmaktan çıkarak çoğulcu ve kolektif bir topluluk üretimine yaslanan bir pratiğe dönüşmektedir. Bu eğilim, günümüzde gün geçtikçe yaygınlaşan "açık zanaat" anlayışını daha görünür kılar.

[14] Bu bağlamda söz konusu bu gibi bilgiler; Polanyi (1966)'nin tanımladığı şekliyle "tacit knowledge" (örtük bilgi) olarak bedenleşmiş, sözel olarak tam anlamıyla 'aktarılmayan' ya da 'aktarılamayan' ama uygulama ve deneyim yoluyla edinilebilen bir bilgidir. Açık zanaatkârlık, dijital paylaşım ve görsel-işitsel medya sayesinde bu örtük bilginin daha geniş kullanıcı grupları tarafından erişilebilir hale gelmesini sağlayarak, zanaatkârlığın pedagojik ve epistemolojik sınırlarını yeniden tanımlamaktadır.

Özellikle açık kaynaklı platformlar ve parametrik paylaşım modelleri, bilgi erişiminde eşitlikçi ve paylaşımcı üretim fikrini desteklemekte; yüzyıllardır aristokrasinin güdümündeki lonca örgütlenmelerinin gölgesinde rekabetçi bir anlayışla şekillenen enstrüman yapım alanında, kolektif inovasyonu mümkün kılmaktadır. Böylece "bireysel ustalık," tekil bir beceri alanı olmaktan çıkarak çoğulcu ve kolektif bir topluluk üretimine yaslanan bir pratiğe dönüşmektedir. Bu eğilim, günümüzde gün geçtikçe yaygınlaşan "açık zanaat" anlayışını daha görünür kılar.

Pye (1968), zanaatkârlık pratiğinin salt üretimsel bir faaliyet olmanın ötesinde estetik ve etkileşimsel bir süreç olduğunu vurgulayarak, zanaat kavramının epistemolojik temelini dönüştürmüştür. Pye (1968)'nin bu yaklaşımını daha sonra gelişen "açık zanaatkârlık (open craft) anlayışının öncüllerinden biri olarak değerlendirmek mümkündür. Açık zanaatkârlık, bir 21. Yüzyıl pratiği olarak dijital üretim teknolojilerinin yaygınlaşması ve kodlama, üretim, paylaşım gibi alanların iç içe geçmesiyle birlikte yeni biçimlerde ortaya çıkmıştır. 'Dijital Zanaat (Digital Craft),' 'Yüksek Teknolojili Zanaat (High-Tech Craft)' ya da 'Modern Zanaatkârlık (Modern Crafting)' gibi kavramlar da bu dönüşümün bir yansıması olarak, zanaatkârlığın araçlarını ve de üretim süreçlerindeki sosyoteknik ilişkileri yeniden şekillendirmektedir (Gershenfeld, 2005, s. 26-264; Walter-Herrmann & Büching, 2013, s. 6-18-107). Dijital çağın zanaatkârı, fiziksel malzemeyle kurduğu ilişkiyi veri, yazılım ve ağ tabanlı üretim ortamlarıyla genişletmekte; bu genişleme açık zanaatkârlığın toplumsal ve etik düzeyde yeni bir yapılanmaya doğru evrilmesine zemin hazırlamaktadır. Bu dönüşüm

süreçlerinin temel araçlarından biri ise dijital medyadır; zira bilgi üretimi, paylaşımı ve çoğaltımı, büyük ölçüde dijital platformlar ve medya teknolojileri aracılığıyla gerçekleşmektedir.

Bu bağlamda dijital medya araçları, birer iletişim veya ağ kurma aracı olmanın ötesinde, zanaatın üretim süreçlerini doğrudan şekillendiren işlevsel araçlara dönüşmektedir. Özellikle FabLab (Dijital Fabrikasyon Laboratuvarı) ortamlarında, dijital medya teknolojileri tasarımın gerçekleştirilmesi ve bilginin paylaşılması açısından zanaatkârlık pratiklerinin ayrılmaz bir bileşeni hâline gelmiştir. FabLab'lerle birlikte bireyler yeni üretim yöntemlerine erişim kazanmakta; bu makineler bazı geleneksel zanaat becerilerini geçersiz kılsa da, DIY (do it yourself) yaklaşımlarıyla yeni olanaklar sunmaktadır. Ancak üretim için öncelikle dijital modelleme bilgisi gereklidir. Bu amaçla kullanılan yazılımlar, karmaşık geometri ve bilgisayar grafikleri bilgilerini sadeleştirerek, kullanıcı dostu bir arayüz sunar ve "Lego" gibi yapısal oyunlarla oynamayı andıran bir kolaylık sağlar (Walter-Herrmann & Büching, 2013, s. 143). Özellikle hesaplamalı lutiyelik alanında bu gibi arayüzlere sahip modelleme ve analiz programları zamandan ve malzemeden tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

Açık zanaatkârlığın en dinamik alanlarından biri *Maker*[15] hareketidir. Özellikle MIT'nin geliştirdiği FabLab modeli, dijital

[15] *Maker* hareketinin kapsamına geçmeden önce, *maker* kavramının neyi ifade ettiğini açıklamak gerekir. *Maker* terimi, Türkçede "üreten" ifadesiyle eş anlamlı kullanılsa da, bu kavram farklı açılardan ele alınmaktadır. En genel tanımıyla *maker*, kendi hızında tasarlayan ve bu tasarımı üretime dönüştüren birey olarak tanımlanır. Başka bir yaklaşıma göre ise *maker*, teknolojiyle deneyler yaparak onu öğrenen ve dönüştüren kişidir (Dougherty, 2012). Bu fikri benimseyen bireylerin, günümüz dünyasında yaygınlaşan yeni bir üretim kültürünün temsilcileri olacağı ön görülmektedir. *Maker* Hareketi, bireysel yaratıcılığı teknolojiyle buluşturan, üretimi paylaşımcı bir kültür içinde yeniden tanımlayan ve kısa sürede küresel ölçekte yayılan bir akım niteliği taşımaktadır. *Maker* hareketi, belirli bir uygulama alanına indirgenemeyecek kadar geniş bir kapsama sahiptir. Oyuncak üretiminden

üretim araçlarını erişilebilir kılarak üretimi ‘merkeziyetiz’ ve ‘paylaşımcı’ ağlar üzerinden örgütlemiştir (Gershenfeld, 2005). Lazer kesiciler, 3 boyutlu yazıcılar ve *CNC* makineleri gibi araçlarla bireysel yaratıcılığı topluluk temelli üretime dönüştüren FabLab’ler, “open design” felsefesiyle geniş bir kullanıcı kitlesini sürece dâhil etmektedir (Walter-Herrmann & Büching, 2013, ss. 39–40, 55-65). Gün geçtikçe yaygınlaşan FabLab’ler, teknolojik donanımlarının ötesinde bilgi paylaşımına dayalı küresel yapılarıyla dikkat çeker. Bu model, özellikle yerel ihtiyaçlara yanıt veren ve uluslararası bilgi

---

ev dekorasyonuna, yemek yapımından 3 boyutlu yazıcılarla nesne üretimine kadar oldukça çeşitli alanları içerir. Bu çeşitlilik, hareketin merkezinde yer alan “maker ruhu”na işaret eder. Hareketin öncüsü Dale Dougherty’nin ifadesiyle bu ruh, rekabet yerine dayanışmayı, para yerine yeteneği, ezber yerine deneyimi öncelemektedir. Geleneksel üretim süreçlerinin uzun ve maliyetli prototipleme süreçleri, artık internetten erişilebilen modeller ve düşük maliyetli 3 boyutlu yazıcılar sayesinde kısa sürede, düşük maliyetle tamamlanabilir hâle gelmiştir. Dougherty (2012), *maker* hareketini “neredeyse her şeyi yapmak” olarak tanımlar; bu üretim mantığı ise nesnelerin ve ötesi; üretim süreçlerinin ve bilgi dolaşımının da dönüştürülmesine olanak tanır. Bu dönüşüm, teknolojik donanımları ortak kullanıma açan paylaşımcı üretim mekânlarının yaygınlaşmasıyla somutlaşmaktadır. “Fablab” (fabrication laboratory), “hackerspace,” “makerspace,” yaşam laboratuvarları ve diğer teknoloji atölyeleri, bu yeni üretim kültürünün mekânsal altyapısını oluşturmaktadır. Bu kolektif üretim alanlarının kökeni, 1970’li yılların başında Kaliforniya’da kurulan *Homebrew Computer Club* gibi erken dönem girişimlere kadar uzanmakta; 2000’li yıllarda MIT tarafından başlatılan “Fablab” inisiyatifiyle ivme kazanmıştır. Bu süreç, kimi yorumlara göre, 3. Sanayi Devrimi sonrası kapitalizmin alternatifsizliğine karşı bir karşı-pratik olarak okunmakta; üretimin değerinin tüketimin önüne geçtiği yeni bir ekonomik-kültürel tahayyülün habercisi olarak değerlendirilmektedir. Nitekim çeşitli araştırmalar, insanların satın almaktan ziyade, kendi emekleriyle bir şeyler üretmelerinin daha fazla tatmin sağladığını ortaya koymaktadır (Dougherty, 2012). Türkiye özelinde, Gaziantep’te 2021 yılında kurulan ve 2023 depremleri sonrasında artan ilgiyle desteklenen “Fablab” girişimleri, toplumsal dayanışma ve kolektif iyileşme bağlamlarında da önem arz etmektedir. Öte yandan *maker* kavramının daha geniş bir izdüşümünü, sinema alanında da gözlemlemek mümkündür. Büyük finansal yatırımlara bağımlı ana-akım sinema endüstrisine alternatif olarak gelişen bağımsız sinema kolektiflerinde, her paydaşın— yönetmen, senarist, kurgucu, müzikçi vb.— “film-maker” olarak tanımlanması, *maker* kimliğinin kültürel üretim alanlarındaki yansımalarına dair dikkate değer bir örnektir (Turan, 2024, s. 231).

ağlarına katkı sunan bir "dağıtık zanaatkârlık" (distributed craft)[16] kültürü üretir. Böylece açık zanaatkârlık, yerel üretimin ötesinde, dijital ağlar aracılığıyla küresel bir "açık tasarım epistemolojisi"ne evrilmektedir (Walter-Herrmann & Büching, 2013, s. 42).

Özellikle enstrüman yapımı gibi sezgisel bilgi ve beceri gerektiren alanlarda, FabLab'lerde gerçekleştirilen projeler bireysel ustalığı kolektif inovasyonla buluşturur. Örneğin akustik optimizasyon, parametrik tasarım ya da açık kaynak enstrüman planları üzerinden çalışan öğrenciler ve sanatçılar, kendi deneyimlerini çevrimiçi platformlarda belgeleyerek bilgi havuzunu sürekli genişletir. Bu süreç, post-zanaatkârlığın bir uzantısı olarak değerlendirilebilir; çünkü sezgisel tasarım süreçlerini ve de hesaplamalı üretim tekniklerini bütünleştirir.

Diğer yandan bu tür açık üretim yaklaşımları, küresel ölçekte—kısıtlı olsa da internete erişimi olan bireyler için—sosyal ve dijital eşitsizliklerin kısmen tolere edilebilmesini mümkün kılan alternatif epistemik alanlar yaratmaktadır. Dijital üretim araçlarına ve bilgiye açık erişim, geleneksel olarak ayrıcalıklı teknik bilgilere ulaşamayan bireyler için yeni öğrenme yolları ve katılım biçimleri sunmakta; böylece "dijital uçurum" (digital divide) olgusunun etkilerini belirli düzeylerde azaltabilmektedir.

Enstrüman tasarımı perspektifinde açık kaynaklı digital müzik enstrümanları, açık zanaatkârlık (open craft) anlayışının ses teknolojisi alanında somutlaştığı başlıca örneklerdendir. Bu alanda dikkat çeken örneklerden biri, Mutable Instruments firması tarafından geliştirilen açık kaynaklı modüler synthesizer

[16] Distributed craft (dağıtık zanaat ya da dağıtık el işçiliği), üretimin merkezi olmayan bir şekilde, farklı coğrafi konumlarda ve bireyler arasında işbirliğiyle gerçekleştiği bir zanaatkârlık biçimini ifade eder. Bu kavram, özellikle açık kaynak üretim, dijital fabrika kültürü (FabLab), *Maker* hareketi, uzaktan erişimli üretim araçları ve bilgi paylaşımı gibi unsurların etkisiyle ortaya çıkmıştır.

modülleridir.[17] Firma, yazılım ve donanım tasarımlarını Creative Commons Attribution-ShareAlike (CC BY-SA) lisansı altında kamuya açarak, son kullanıcıları ve bağımsız üreticileri, geliştiricileri ve eğitimcileri de üretim süreçlerine katılmaya teşvik etmektedir. Bu yaklaşım, ses ve çalgı teknolojilerinde kolektif inovasyonun önünü açmakta ve bireysel tasarımcıların katkılarını küresel bir üretim ağına entegre etmektedir (Mutable Instruments, 2015).

...açık üretim yaklaşımları, küresel ölçekte—kısıtlı olsa da internete erişimi olan bireyler için—sosyal ve dijital eşitsizliklerin kısmen tolere edilebilmesini mümkün kılan alternatif epistemik alanlar yaratmaktadır. Dijital üretim araçlarına ve bilgiye açık erişim, geleneksel olarak ayrıcalıklı teknik bilgilere ulaşamayan bireyler için yeni öğrenme yolları ve katılım biçimleri sunmakta; böylece "dijital uçurum" (digital divide) olgusunun etkilerini belirli düzeylerde azaltabilmektedir.

Diğer yandan Açık erişim yaklaşımı, 3B baskılı müzik aletlerinin yaygınlaşmasında da temel bir rol oynamaktadır. Örneğin; *3D Printable Flutes* platformu,[18] tamamen ücretsiz ve indirilebilir nefesli çalgı modelleri sunarak bu yaklaşımın etkili bir örneğini oluşturur (Tele Tunes, 2025). Bu platformun öne çıkan katkılarına bakıldığında ise tamamen açık kaynaklı lisanslama özelliği dikkat çekicidir. Model dosyaları herkes tarafından indirilebilir, değiştirilebilir ve yeniden dağıtılabilir. Eğitim ve erişilebilirlik odağı bakımından flüt modelleri, başlangıç seviyesinden ileri seviyeye

[17] Bkz. https://pichenettes.github.io/mutable-instruments-documentation/
[18] Bkz: https://3dprintableflutes.com/ , https://makerworld.com/tr/@TeleTunes

kadar farklı zorluk derecelerinde sunulmakta; böylece okullar, *maker* toplulukları ve bağımsız üreticiler için ücretsiz bir kaynak sağlamaktadır. Lutiye pratiklerine dijital destek sunar: Geleneksel nefesli çalgı yapımının teknik bilgi gerektiren aşamaları, dijital tasarımla kolaylaştırılarak daha fazla kişinin üretim sürecine katılması sağlanır. Araştırma için veri imkânı sunar: Farklı ağızlık ve gövde tasarımlarının akustik çıktıları karşılaştırılabilir; bu da akademik çalışmalar için açık veri niteliğinde bir ortam yaratır. Açık erişimli platformların bu tür örnekleri, lutiye üretimini demokratikleştirirken; araştırmacıların prototip geliştirme sürecine hızlı ve düşük maliyetli biçimde dahil olmasına olanak tanımaktadır.

Benzer bir örnek olan *Hovalin project* ise açık kaynaklı fiziksel enstrüman yapımının yaylı çalgılar alanına taşınmasını temsil etmektedir.[19] *Hovalin*, tamamı 3 boyutlu yazıcıyla üretilebilen ve tasarım dosyaları çevrimiçi ortamda ücretsiz olarak erişilebilen bir keman modelidir ve bireysel üreticilerin yanı sıra okul atölyelerinin ve *Maker* eğitim programlarının da düşük maliyetli enstrüman üretimi gerçekleştirmesine olanak tanır (Hova Labs, 2016). Bu gibi örnekler, açık kaynaklı üretim kültürünün dijital veya elektronik alanlarla sınırlı kalmadığını ve geleneksel enstrüman üretimi alanında da dönüştürücü bir rol üstlendiğini gösterir.

5.5. Ekolojik Boyut ve Malzeme Politikaları

Post-zanaatkârlık dönemi, dijital üretim araçlarının (örneğin CNC, lazer kesim, 3B baskı) zanaatkârlık süreçlerine entegre edildiği bir dönüşüm evresi olarak tanımlanabilir (Ratto & Boler, 2014). Ancak bu dönüşüm, çeşitli üretim tekniklerinin yanı sıra malzeme etiği, sürdürülebilirlik ve ekolojik sorumluluk anlayışlarını da yeniden düşünmeyi gerektirir. Dijital zanaatkârlığın temel araçlarından biri haline gelen 3B yazıcı teknolojilerinde kullanılan

[19] Bkz. https://www.hovalabs.com/hovalin/

polimer bazlı filamentler, bu bağlamda önemli bir tartışma alanı oluşturur.

En yaygın kullanılan polimerlerden biri olan Polilaktik Asit (PLA), bitkisel kaynaklardan (mısır nişastası, şeker kamışı vb.) üretilmesi nedeniyle çevre dostu bir alternatif olarak sunulmaktadır. Ancak yapılan araştırmalar, PLA'nın biyobozunurluğunun bağlamsal olduğunu göstermektedir. Emadian, Onay ve Demirel'in (2017) çalışmasına göre PLA, sadece endüstriyel kompostlama koşullarında (58 °C, yüksek nem, kontrollü mikrobiyal aktivite) 4–6 hafta içinde tamamen ayrışabilirken, evsel veya doğal çevre koşullarında aylar hatta yıllar boyunca bozulmadan kalabilmektedir (s. 530). Bu durum, özellikle bireysel üreticilerin ev tipi yazıcılarda PLA filament kullanımı düşünüldüğünde, "biyobozunur" etiketinin çoğu zaman ekolojik bir yanılsama yarattığını göstermektedir (Ghomi vd., 2021).

Buna ek olarak, PLA üretiminde kullanılan hammaddelerin tarımsal kaynaklı olması (örneğin mısır veya şeker kamışı), gıda üretimiyle rekabet ve tarım arazilerinin endüstriyel amaçla kullanımı gibi çevresel ve etik riskleri de beraberinde getirir (Haider vd., 2019). Bu durum, post-zanaatkârlık sürecinde "malzeme politikalarının" teknik tercihlerin ötesine geçen bir kapsam kazandığını; ekosistemsel ve sosyo-ekonomik kararlar olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Dijital zanaatkârlığın açık üretim ve paylaşım kültürüyle birleşmesi, sürdürülebilirlik açısından bir başka çelişkiyi de gündeme taşır. Özellikle deneysel üretimlerdeki yüksek prototip sayısı ve atık malzeme birikimi, açık kaynaklı üretim pratiklerinin ekolojik yükünü artırmaktadır. Birtakım araştırmalar, 3B baskı atıklarının küresel ölçekte yılda binlerce ton seviyesine ulaşabileceğini ortaya koymuştur (Ford & Despeisse, 2016). Bu nedenle, açık zanaatkârlık yaklaşımının, "paylaşım" veya "erişim"

temelli ve de “ekolojik etik” çerçevesinde düşünülmesi gerekmektedir.

Bu bağlamda, “hesaplamalı lutiyelik” alanında da benzer bir sorumluluk söz konusudur. Dijital enstrüman prototiplerinde yaygın olarak kullanılan plastik bazlı filamentlerin çevresel sürdürülebilirliği tartışmalıdır. Bu nedenle, biyokompozitler (ör. lignin veya selüloz takviyeli biyopolimerler) ile geri dönüştürülmüş ahşap tozu–polimer karışımları, alternatif malzemeler olarak giderek daha fazla önerilmektedir. Yapılan çalışmalar, lignin ve selüloz bazlı katkıların 3B baskıda işlenebilirliği artırırken malzeme dayanımı ve fonksiyonel özellikleri geliştirdiğini göstermektedir (Jiang vd., 2023; Ye vd., 2023; Lamm, 2020; Zaidi vd., 2023). Bu tür malzeme araştırmaları, konvansiyonel ve geleneksel lutiye malzeme bilgisini dijital üretim ortamlarına taşırken, bu gibi malzeme teknolojileri gün geçtikçe çeşitlenmekte ve daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Sonuç olarak, post-zanaatkârlığın ekolojik sınırları, kullanılan malzemenin doğasıyla üretim ve tüketim biçimlerinin bütünsel etik çerçevesiyle tanımlanmalıdır. Dijital üretim teknolojilerinin sunduğu hız, erişilebilirlik ve sürdürülebilirlik, demokratik üretim ve eşitlik ilkeleriyle uyumlu biçimde yeniden yapılandırılmadığı sürece, açık zanaatkârlık kültürü de çevresel maliyetler üretmeye devam edebilir ve salt popüler eğilimlerin güdümünde “körü körüne paylaşım” biçimlerine dönüşebilir. Bu nedenle, geleceğin hesaplamalı lutiyelik pratikleri yenilikçi, sorumlu ve ekolojik temelli bir zanaatkârlık anlayışını da benimsemelidir.

5.6. Açık Kültür Pratiklerine Yönelik Eleştiriler

Her ne kadar açık kaynak (open source) dijital çağın demokratikleşen üretim anlayışını temsil etse de, bu yaklaşımın çeşitli eleştirilere konu olduğu unutulmamalıdır. Açık kaynaklı üretim sistemleri söylemleri, çoğu zaman “katılımcılık”, “paylaşım”

ve “erişilebilirlik” gibi olumlu değerlerle çerçevelense de, bu söylemlerin arkasında yatan yapısal eşitsizlikler ve örtük varsayımlar akademik tartışmalarda sıkça gündeme gelmiştir.

Küresel paylaşım alanının, mutlak anlamda özgürlükçü ya da eşitlikçi bir yapı sunduğu varsayımı sorgulanmalıdır. Özellikle açık kaynak lisansları ya da paylaşım temelli dijital protokol sistemleri, her zaman yaratıcı emeği yeterince koruyamayabilir. Birçok yerel üretici, kendi teknik bilgisinin, kültürel üretim biçimlerinin ya da zanaatkârlık pratiklerinin açık lisanslar aracılığıyla dolaşıma sokulmasının, Batı-merkezli epistemik sistemler içinde araçsallaştırılarak sömürgeleştirici bilgi akışlarını yeniden üretebileceğini öne sürmektedir. Bu eleştiriler, açık lisans rejimlerinin evrensel geçerliliği olduğu varsayımına karşı çıkarak, bu tür sistemlerin bağlamsal, kültürel ve etik olarak yeniden düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Kelty, 2008, s. 39).

Açık kaynaklı tasarım platformlarında, özellikle bireysel üreticilerin katkıları çoğu zaman anonimleşmekte ve yaratıcı emeğin görünürlüğü kaybolmaktadır. Kelty (2008), bu durumu katılımcı emeğin kurumsal yapı içerisinde eritilmesi ya da kaybolması olarak tanımlar (s. 152). Özellikle Global South[20] olarak tanımlanan bölgelerdeki üreticilerin bilgi ve tekniklerinin, açık sistemlerde yeterli kaynak göstermeden çoğaltılması, bilgi sömürüsü (epistemic extractivism) riski taşımaktadır (Couldry ve Mejias, 2018; Kwet, 2019).[21]

[20] Kuzey ve Güney, jeopolitikte ülkelerin sosyo-ekonomik ve politik özelliklerine göre gruplandırılmasını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Güney ülkeleri, genellikle Latin Amerika, Asya, Afrika ve Okyanusya'daki bölgeleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

[21] Açık kaynak yazılımlar ve paylaşım temelli teknolojik altyapılar bilgiye erişimi demokratikleştirme potansiyeline sahip olsa da, bu sistemlerin küresel etkileri dijital sömürgecilik ve veri kolonyalizmi bağlamında eleştirilmektedir. Couldry ve Mejias’a (2018) göre, Batılı teknoloji şirketleri Global South’dan topladıkları verileri ticarileştirerek sadece ekonomik kazanç sağlamakla kalmaz, bu ülkelerin

5.7.1. Batı-Merkezcilik ve Postkolonyal Eleştiriler

"Açık kaynak" ve "açık zanaatkârlık" gibi kavramlar, teknik bilgiye erişimi demokratikleştirdikleri iddiasıyla öne çıksa da, postkolonyal bilim ve teknoloji çalışmaları (STS), bu yapıların Batı merkezli normları evrenselmiş gibi dayattığını vurgular (Chan, 2020, s. 63; Dourish, 2010). Açık teknoloji ekosistemlerinin altyapısı, dili ve değer sistemleri büyük ölçüde Batı'nın teknik kültürüyle şekillenmiştir.

Chan (2020), Silikon Vadisi gibi merkezlerin 'dijital evrenselcilik' söylemiyle küresel teknoloji üretiminin tekil kaynağı gibi idealize edildiğini eleştirir. Ona göre; bu çerçeve, yenilik merkezleri tarafından ileri sürülen tekil bir evrensel anlatının, dünya çapındaki dijital gelişimin biçimlerini hakkıyla temsil edebileceğini varsayar (Chan, 2020, s. 63) ve bu mit, Batı dışındaki dijital kültürleri görünmez kılar.

Benzer biçimde Lilly Irani ise Hindistan'daki *Hackathon* kültürünün Silikon Vadisi'nin 'girişimci vatandaşlık' anlayışını yeniden ürettiğini savunur: *Hackathon*, transnasyonel kültürlerde Silikon Vadisi'ne yönelen ve orayı toplumsal değişim için model alan bir girişimci vatandaşlık pratiğini prova eder (Irani, 2015, s. 802). Bu kültür, Batı'daki hızlı inovasyon anlayışını yaygınlaştırmakta, yerel demokratik süreçlere alternatif oluşturmaktadır (Irani, 2015, s. 805). Bu, Batı merkezli normların

dijital egemenliğini zayıflatır. Bu durum, açık kaynak sistemlerin dahi veri akışları ve bilgi mülkiyeti açısından küresel eşitsizlikleri yeniden üretebileceğini göstermektedir. Benzer biçimde Kwet (2019), internetin yapısal olarak Batı-merkezli güç ilişkilerini pekiştirdiğini ve yazılım, donanım ile platform altyapılarının büyük ölçüde Global South (Küresel Kuzey) kontrolünde olduğunu vurgular. Bu çerçevede, açık kaynaklı digital enstrüman tasarım ve dijital zanaatkârlık gibi pratikler değerlendirilirken, teknik olanaklar, bilgi mülkiyeti, kültürel temsil ve dijital egemenlik gibi meseleler de dikkate alınmalıdır.

evrensel edimler gibi dayatılması ve Batı kapitalizmi üzerine inşa edilen bir inovasyon anlayışı anlamına gelir.

Diğer yandan Morgan G. Ames, *The Charisma Machine: The Life, Death, and Legacy of One Laptop per Child* (2019) adlı çalışmasında, One Laptop per Child (OLPC) girişimini bir teknoloji projesi olmasının ötesinde çağdaş 'teknolojik ütopyacılığın' bir örneği olarak ele alır. Ames (2019), projenin tarihsel gelişimini, ideolojik temellerini ve toplumsal etkilerini analiz ederken, özellikle teknolojinin eğitim ve kalkınma alanlarında 'devrim yaratabileceği' yönündeki karizmatik anlatının nasıl şekillendiğini irdelemektedir.

...her çocuğa bir bilgisayar verilmesiyle öğrenmenin kendiliğinden gerçekleşeceği inancı, karizma makinesi olarak adlandırdığı ideolojik bir yapıyı beslemiştir. […] Ames , The Charisma Machine (2019) adlı çalışmasında teknolojinin eğitimde dönüşüm yaratacağına dair bu tür ütopyacı yaklaşımların, çoğu zaman yerel bağlamları, pedagojik gerçeklikleri ve sosyal eşitsizlikleri göz ardı ettiğini savunur.

Ames (2019) göre; OLPC projesi, teknolojinin tarafsız ve kurtarıcı bir araç olduğu varsayımına dayanan, Batı merkezli kalkınma söyleminin dijital çağdaki bir uzantısıdır. Bu bağlamda, her çocuğa bir bilgisayar verilmesiyle öğrenmenin kendiliğinden gerçekleşeceği inancı, karizma makinesi olarak adlandırdığı ideolojik bir yapıyı beslemiştir. Ames (2019), bu karizmatik anlatının projenin sahadaki yetersizliklerine ve başarısızlıklarına rağmen, benzer hedeflerle yürütülen diğer teknolojik girişimleri — örneğin dijital okuryazarlık, uzaktan eğitim veya akıllı sınıf projelerini— motive etmeye devam ettiğini öne sürmektedir. Sonuç olarak Ames, *The Charisma Machine* (2019) adlı çalışmasında

teknolojinin eğitimde dönüşüm yaratacağına dair bu tür ütopyacı yaklaşımların, çoğu zaman yerel bağlamları, pedagojik gerçeklikleri ve sosyal eşitsizlikleri göz ardı ettiğini savunur.

Bu nedenle, çalışmasında "teknoloji yoluyla kurtuluş" fikrinin eleştirel bir çözümlemesini de sunan Ames (2019), OLPC projesinin Batı'nın teknoloji ve eğitim anlayışını evrensel kabul eden bir tutumla şekillendiğini; küreselleşmenin ise ötekileştirici bir eğilimle, "Üçüncü Dünya" ülkeleri olarak adlandırılan toplumlara bilgisayar teknolojileri götürmenin faydalı olacağı inancının kolonyalizmin bir artefaktı olduğunu, Batı'nın değerlerini ve ilerleme tanımlarını diğer kültürlere dayattığını savunur. Ayrıca, bu projenin ideal kullanıcı tasviri bile İngilizce bilen ve kod yazabilen çocuklar üzerinden kurgulanmıştır (s. 142).

...açık kültür pratikleri eşitlikçi ve evrensel görünse de, çoğu zaman Batı'nın epistemolojik çerçevesini yeniden üretir. [...] Diğer yandan, açık kaynak tasarım ve üretim dosyalarının yaygınlaşması, geleneksel çalgı yapım pratiklerindeki "sır" kavramının aksine, yenilikçi lutiyelik pratiklerini ve dolayısıyla hesaplamalı lutiyelik yaklaşımlarını demokratikleştirmiştir.

Sonuç olarak, açık kültür pratikleri eşitlikçi ve evrensel görünse de, çoğu zaman Batı'nın epistemolojik çerçevesini yeniden üretir. Post-zanaatkârlık pratiklerinin açık kültür pratikleriyle hız kazanması ve yaygınlaşması akabinde, bu gibi problemleri de beraberinde getirir. Diğer yandan, açık kaynak tasarım ve üretim dosyalarının yaygınlaşması, geleneksel çalgı yapım pratiklerindeki "sır" kavramının aksine, yenilikçi lutiyelik pratiklerini ve dolayısıyla hesaplamalı lutiyelik yaklaşımlarını demokratikleştirmiştir. Ancak

bu süreçte emeğin görünmezleşmesi, özellikle açık kaynak tasarımın ardındaki yaratıcı katkıların anonimleşmesi riskini barındırmaktadır.

5.7.2. Yerel Bilginin Soyutlanması ve Standartlaşma

Sanayi Devriminden bu yana seri, parametrik ve algoritmik üretim sistemleri, geleneksel, yerel zanaat bilgilerini soyutlayarak standardize etme eğilimi taşımaktadır. Bu durum, el yapımı ustalık pratiklerinin içsel heterojenliğini göz ardı ederek, kültürel olarak gömülü üretim biçimlerini evrensel ve tekil formatlara indirgeme riski yaratmaktadır. Bu tür bir indirgeme, üretim süreçlerini dönüştürdüğü gibi, zanaatkârın malzeme ile kurduğu duyusal, kültürel ve deneyimsel ilişkinin yönünü de değiştirmektedir. Ingold'a (2013) göre "düşünme" ile "eyleme" arasındaki ilişki, kuramcılar ile zanaatkârlar arasında köklü bir farklılık gösterir. Bu ayrım, birinin yalnızca düşündüğü, diğerinin ise yalnızca yaptığı anlamına gelmez; daha ziyade, kuramcı düşünerek yaparken, zanaatkâr yaparak düşünür. Kuramcı, düşünme edimini zihinsel bir faaliyet olarak içselleştirir ve düşüncelerini ancak bu zihinsel süreç sonrasında maddi dünyaya uygular. Oysa zanaatkâr için bilgi, çevresindeki varlıklar ve maddi şeylerle kurduğu pratik ve deneyimsel etkileşimler aracılığıyla, süreç içinde filizlenir. Bu yaklaşım, zanaatkârlığın bir üretim biçimi olmanın ötesinde dünyayla etkileşime dayalı bir düşünme biçimi olduğunu ortaya koyar (Dormer, 1994; Adamson, 2007, akt. Ingold, 2013, s. 6).

Bu yaklaşım, zanaatkârlığın bir üretim biçimi olmanın ötesinde dünyayla etkileşime dayalı bir düşünme biçimi olduğunu ortaya koyar.

Diğer yandan zanaatkârlığı maddi bir üretim sürecinin ötesinde malzemenin hareketini sezme ve onunla birlikte düşünme biçimi olarak değerlendirmek gerekir. Bu anlayışta, zanaatkârlık,

bedensel etkileşim ve sezgisel karar alma süreçleriyle iç içe geçmiş, deneyimsel bir bilgi üretimidir. Oysa bilgisayar destekli tasarım (CAD) gibi dijital modelleme sistemlerinde tasarım zihinde başlar; elin sürece katılımı ise gecikir. Bu durum, tasarımı sezgisel nitelikteki yaratıcı süreçlerden uzaklaştırarak daha bilişsel bir faaliyete indirger ve üretimsel düşünmenin canlılığını zayıflatabilir. Sennett (2013) ve Ingold (2013), bu kopuşun zanaatkârlığın doğasında yer alan sezgisel eylem-düşünce bütünlüğünü zayıflattığını vurgular.

...bilgisayar destekli tasarım (CAD) gibi dijital modelleme sistemlerinde tasarım zihinde başlar; elin sürece katılımı ise gecikir. Bu durum, tasarımı sezgisel nitelikteki yaratıcı süreçlerden uzaklaştırarak daha bilişsel bir faaliyete indirger ve üretimsel düşünmenin canlılığını zayıflatabilir. […] Bu durum, sezgiye, bedensel deneyime ve zanaatkâr bilincine dayalı üretim biçimlerinin geri planda kalmasına; dolayısıyla yaratıcı sürecin bütünsel doğasının zayıflamasına yol açabilir.

Buna koşut biçimde, günümüz yaşamına ve üretim pratiklerine hızla dâhil olan yapay zekâ temelli araçlar, kavramsal, sezgisel, bedensel öğrenme ve deneyimsel bilgi üretimi süreçleri üzerinde dönüştürücü bir etki yaratmaktadır. Ancak bu araçların yaygın kullanımı, yaratıcı düşünmeyi salt bilişsel düzeyde işleyen üretimsel bir etkinliğe indirgeme riski taşır. Bu durum, sezgiye, bedensel deneyime ve zanaatkâr bilincine dayalı üretim biçimlerinin geri planda kalmasına; dolayısıyla yaratıcı sürecin bütünsel doğasının zayıflamasına yol açabilir.

Dolayısıyla, bu yenilikçi teknolojilerin, deneyime dayalı insani zanaatkârlık pratiklerinin yerini almadan; aksine, ustalık becerilerini destekleyen, zaman ve malzeme tasarrufu sağlayan yardımcı unsurlar olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. İnsan ve teknoloji arasındaki bu iş birliği, üretim süreçlerinde verimliliği artırırken yaratıcı ifadenin özünü korumaya olanak tanır. […] Bu birliktelik, teknik ilerlemenin ötesinde, geleneksel, yerel ve sezgisel bilginin sürekliliğini güvence altına alma açısından da büyük önem taşımaktadır.

Dolayısıyla, bu yenilikçi teknolojilerin, deneyime dayalı insani zanaatkârlık pratiklerinin yerini almadan; aksine, ustalık becerilerini destekleyen, zaman ve malzeme tasarrufu sağlayan yardımcı unsurlar olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. İnsan ve teknoloji arasındaki bu iş birliği, üretim süreçlerinde verimliliği artırırken yaratıcı ifadenin özünü korumaya olanak tanır. Yaratıcı insan zekâsı ile yapay zekânın etkileşimi, karmaşık ve erişilmesi güç tasarım süreçlerinin aşılmasını mümkün kılarken elde edilen sonuçların hız ve doğruluk bakımından geliştirilmesini sağlar. Bu birliktelik, teknik ilerlemenin ötesinde, geleneksel, yerel ve sezgisel bilginin sürekliliğini güvence altına alma açısından da büyük önem taşımaktadır. Ancak bu durum, yerel epistemolojilerin standartlaşması biçiminde yorumlanmamalıdır.

Bilgiyi ve üretim pratiklerini standart bir sisteme indirgeme çabası Batı kapitalizminin temel koşullarından biridir. Bu durum, kapitalizmin standart üretim yoluyla kârı en üst düzeye çıkarma arzusundan kaynaklanır; kültürel bellek açısından her şeyi tek bir potada eritme eğilimi ise kültürel emperyalizmin bir yansımasıdır.

Oysa her yerel zanaatkârlık pratiğinin standartlaşması ya da bu sistemlere uyum sağlaması zorunluluğu, Batı merkezli bir üretim anlayışını ifade eder ve farklı kültürel pratikler için kaçınılmaz bir gereklilik değildir. Farklı kültürlerin kendine özgü, standart dışı yapıları, o kültürün benzersiz değerini ve çoğulcu kültürel zenginliğini oluşturur. Geçmişte kârı artırmak ve denetimi sağlamak amacıyla ortaya çıkan rasyonel yapı ve standartlaştırma süreçleri, eski teknolojilerin koşullarında zorunluymuş gibi görünse de günümüz teknolojileri bu çeşitliliği yönetmeyi artık kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamada hesaplamalı üretim yöntemleri yeni olanaklar sunabilir.

Hesaplamalı lutiyelik, sezgisel bilgiyle algoritmik sistemler arasında bir köprü kurarken, bu köprünün sürdürülebilir ve paylaşılabilir hâle gelmesi "açık zanaatkârlık" kültürüyle mümkün olur. Bir sonraki bölümde, bu kültürün dijital paylaşım, lisanslama ve pedagojik ağlar üzerindeki yansımaları ele alınacaktır.

6. Açık Kaynaklı Üretim ve Dijital Paylaşım Ekosistemleri

6.1. Açık Kaynaklı Enstrüman Tasarımı ve Paylaşım Kültürü

Önceki bölümde, post-zanaatkâr öznenin sezgisel bilgisinin dijital üretim süreçleriyle nasıl etkileştiği tartışılmıştı. Bu dönüşüm, zanaatkârlığın bilgi paylaşımı ve topluluk temelli üretim biçimlerine evrilmesini de beraberinde getirmiştir. Açık zanaatkârlık, hesaplamalı lutiyeliğin teknik altyapısını paylaşımcı, etik ve kolektif bir düzleme taşır.

Açık kaynak enstrüman projeleri, dijital üretim teknolojilerinin yaygınlaşması ve paylaşım odaklı üretim kültürünün gelişmesiyle birlikte son yıllarda belirgin biçimde artmıştır. Bu projeler, tasarım dosyalarının, yapım talimatlarının ve hatta yazılım kodlarının herkesin erişimine açık olarak yayımlandığı; çoğaltılabilir ve geliştirilebilir enstrüman üretim modellerini tanımlar. Böylece profesyonel lutiyeler ile amatör yapımcılar için düşük maliyetli ve erişilebilir alternatifler ortaya çıkmıştır.

Açık kaynak enstrüman projeleri, dijital üretim teknolojilerinin yaygınlaşması ve paylaşım odaklı üretim kültürünün gelişmesiyle birlikte son yıllarda belirgin biçimde artmıştır. Bu projeler, tasarım dosyalarının, yapım talimatlarının ve hatta yazılım kodlarının herkesin erişimine açık olarak yayımlandığı; çoğaltılabilir ve geliştirilebilir enstrüman üretim modellerini tanımlar. Böylece profesyonel lutiyeler ile amatör yapımcılar için düşük maliyetli ve erişilebilir alternatifler ortaya çıkmıştır.

Benzer şekilde açık kaynaklı *Sync Modular* gibi projeler, elektronik ses üretimine dayalı enstrümanlar için devre şemaları, yazılım kodları ve montaj kılavuzlarını açık erişimde tutarak dijital üretimin fiziksel boyutlarla sınırlı olmadığını; elektronik ve yazılımsal alanlarda da erişilebilir ve katılıma açık bir yapıya kavuşmasını desteklemektedir. 1999'da Rus bir müzisyen-yazılımcı tarafından geliştirilen *Sync Modular*, modüler synthesizer tasarımı alanında öncü bir yazılım olarak erken dönem bağımsız ses tasarımı pratiklerinde öne çıkmıştır.[22] Ön tanımlı makro ve bileşenlerle kullanıcıların dijital enstrümanlar oluşturmasına olanak tanıyan bu platform, açık kaynaklı ses üretiminde yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmektedir (Sync Modular, t.y.). 2001'de geliştiricisinin *Native Instruments*'a katılmasıyla, yazılımın teknolojisi *Reaktor 5* altyapısına entegre edilmiş; 2010 itibarıyla ücretsiz erişime açılarak çevrimiçi arşivlerde yüzlerce kullanıcı üretimi içerikle dijital zanaatkârlığın örneklerinden biri hâline gelmiştir. Açık ve modüler yapısıyla bireysel ses mühendisliği ve eğitim amaçlı projelerde kullanılabilen *Sync Modular*, kullanıcılarına sıfırdan sistem tasarlama olanağı sunarak, açık zanaatkârlık ve dijital üretim kültürlerinin kesiştiği özgün bir örnek olarak değerlendirilmektedir.

Bu gelişmeler, açık zanaatkârlığın en görünür çıktılarından biri olarak, enstrüman üretiminin merkezi olmayan, katılımcı ve çoğaltılabilir yapısını ortaya koymakta; müzik teknolojileri alanında yerel–küresel bilgi akışını yeniden biçimlendiren bir paradigma sunmaktadır. Hesaplamalı lutiyelik bağlamında bu durum, üretim süreçlerinin dijital paylaşım ağları üzerinden etik ve hukuki lisanslama sistemleri aracılığıyla da yeniden tanımlandığını göstermektedir.

Açık zanaatkârlığın sürdürülebilir biçimde yaygınlaşması, teknik bilgi ve araçların paylaşımıyla ve bu paylaşımı yöneten açık

[22] Bkz. https://www.sync-modular.org/

lisanslama modelleriyle doğrudan ilişkilidir. Creative Commons (CC), GNU General Public License (GPL), Open Design License ve CERN Open Hardware License gibi açık lisans sistemleri, dijital üretim ve tasarım alanlarında bilgi dolaşımını hukuki bir çerçeveye oturtarak çoğaltılabilirlik ve etik mülkiyet açısından güvence sağlar (Open Design Foundation, t.y.; Creative Commons, 2023). Bu lisanslar, tasarımcı veya zanaatkârların eserlerini kamusal alana açarken, kullanım koşullarını ve türev üretim biçimlerini tanımlamalarına olanak tanır.

...bu tür lisanslama ve paylaşım sistemleri, çalgı yapım pratiğinde dijital üretim ekosistemlerinin etik ve sürdürülebilir biçimde gelişmesini mümkün kılmakta; açık zanaatkârlık anlayışını, hesaplamalı lutiyelik için yeni bir epistemik ve üretimsel perspektife dönüştürmektedir.

Sonuç olarak, bu tür lisanslama ve paylaşım sistemleri, çalgı yapım pratiğinde dijital üretim ekosistemlerinin etik ve sürdürülebilir biçimde gelişmesini mümkün kılmakta; açık zanaatkârlık anlayışını, hesaplamalı lutiyelik için yeni bir epistemik ve üretimsel perspektife dönüştürmektedir.

6.2. Dijital Medya ve Lutiyelikte Bilgi Paylaşım Rejimleri

Sosyal medya platformları ve çevrimiçi paylaşıma odaklanan dijital mecra, lutiyelik alanında bilgi üretimi, aktarımı ve kolektif pratiklerin dönüşümü açısından yeni rejimler ortaya koymaktadır. Geçmişte ustadan çırağa sözlü ve uygulamalı olarak aktarılan zanaatkârlık bilgisi, artık global çevrim içi topluluklar, kısa video paylaşımları, üretim günlükleri ve inceleme içerikleri aracılığıyla yayılabilmektedir.

Günümüzde ister geleneksel, ister deneysel ya da yenilikçi üretimler gerçekleştiren bir enstrüman yapımcısının varoluşunu tasdikleyen en önemli araçlardan birisi sosyal medya platformları olmuştur. Bu güncel platformlarda görünür olmak, aidiyet ve pazarlama stratejileri bakımından neredeyse bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bir örnek olarak Vilhunen'in (2024) çalışması, hobi-zanaatkârlarının sosyal medya platformlarını nasıl kullandığını ve bu ortamların "güncel medya" bağlamında el yapımı kültürünü nasıl şekillendirdiğini göstermektedir. Günümüzde ister geleneksel ister deneysel ya da yenilikçi üretimler gerçekleştiren bir enstrüman yapımcısının varoluşunu tasdikleyen en önemli araçlardan birisi sosyal medya platformları olmuştur. Bu güncel platformlarda görünür olmak, aidiyet ve pazarlama stratejileri bakımından neredeyse bir zorunluluk haline gelmiştir.

6.2.1. Sosyal Medya ve Görsel-İşitsel Aktarım

Lutiyelik özelinde bu dijital paylaşım rejimlerini üç ana boyutta değerlendirmek mümkündür: (a) erişilebilirlik ve görünürlük, (b) bilginin evrimi ve performatif paylaşım, (c) yeni kolektif zanaatkârlık biçimleri. Bu çerçevede:

Erişilebilirlik ve görünürlük açısında enstrüman yapım süreçlerine ilişkin görsel-işitsel içerikler (ör. sap ayarı, gövde montajı, vernik uygulaması) Instagram, YouTube, TikTok gibi platformlarda hızla yayılır; bu sayede yerel atölyeler dünya çapında bir izleyici-üretici ağına bağlanabilir. Bilgi evrimi ve performatif paylaşım bağlamında örneğin; Mosaic adlı çevrimiçi yaratıcı topluluk ortamı gibi modeller, üretim sürecinin aracısını (work-in-

progress) paylaşım nesnesi haline getirirken, zanaatkâr öğrenciler ve ustalar arasında etkileşimi artırmaktadır (Kim, Agrawala & Bernstein, 2016).

Yeni tür kolektif zanaatkârlık perspektifinde, bağımsız zanaatkârların sosyal medya ve web tabanlı teknolojilere davranışsal ve üretimsel düzeyde nasıl uyum sağladıkları incelenmiştir. Bu bağlamda Holmes, McLean ve Green'in (2016) etnografik araştırması, sosyal medyanın bağımsız zanaatkâr için sadece görünürlük ve pazar erişimi açısından yeni imkânlar sunmakla kalmadığını; buna koşut teknik, örgütsel ve süreklilik gerektiren ek bir iş yükü de oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Tüm bu dönüşüm süreci, bazı sınırlamalar ve eleştiriler de beraberinde getirir. Görünürlük odaklı üretim süreçleri, kuşaktan kuşağa uzanan ustalık bilgisinin yerini "viral içerik üretimi"ne bırakma riski taşıyabilir. Ayrıca, sosyal medya algoritmaları üretim süreçlerinin hızlanmasını sağlasa da dikkat eylemleri biçimlendirme, kullanıcıları salt biçimsel teklere yönlendirme gibi etkiler barındırır (De & Lu, 2024).

Görünürlük odaklı üretim süreçleri, kuşaktan kuşağa uzanan ustalık bilgisinin yerini "viral içerik üretimi"ne bırakma riski taşıyabilir. Ayrıca, sosyal medya algoritmaları üretim süreçlerinin hızlanmasını sağlasa da dikkat eylemleri biçimlendirme, kullanıcıları salt biçimsel teklere yönlendirme gibi etkiler barındırır.

Lutiyelik pratiği bağlamında sosyal medya ve dijital medyanın bilgi paylaşım rejimleri şu sonuçları doğurmaktadır:

- Yerel üretim ve ustalık bilgisi global ağlarda görünür hale gelirken; bu bilginin duygusallaştırılması, malzeme kültürü

ve üretim koşullarına göre yeniden yorumlanmasını gerektirir.

- Dijital ortamda paylaşılan bilgiler, bir "açık zanaatkârlık" ekosisteminde çoğaltılabilirlik ve yerelleştirme ikilisini destekleyebilir.
- Üretim ve paylaşım arasında oluşan etkileşim, topluluk-temelli öğrenme ve kolektif zanaatkârlık pratiği için yeni alanlar açar.

Sosyal medya ve dijital medya platformları lutiyelikte salt bir tanıtım aracının ötesinde bilgi paylaşımının, ustalık kültürünün ve üretim rejimlerinin yeniden kurgulandığı bir epistemik zemin sunmaktadır. Geleneksel zanaatkârlık pratiklerinin çerçevesini zenginleştirerek hesaplamalı lutiyelik pratiğini destekleyen yeni paylaşım rejimlerini mümkün kılmakta ve geleneksel pratiklerin dijital ortamlarda görünürlüğünü artırarak sürekliliğini sağlamaktadır.

6.2.2. Dijital Kolektiflik ve Üretim Kültürleri

Dijital medya platformlarının yükselişi, "açık zanaatkârlık" anlayışının yaygınlaşmasında belirleyici bir rol oynar. Bu platformlarda şekillenen güncel kolektif yapılanmalar, yeni pedagojik alanların doğmasına da zemin hazırlamaktadır. Böylelikle lutiyelik pratiğinde "ustadan öğrenme" geleneği, giderek "dijital ortamda ustadan —ya da fenomen olandan— kendi kendine öğrenme" biçimine evrilmekte ve özgün bir pedagojik alan inşa etmektedir. Bununla birlikte, ustanın sezgisel bilgi aktarımının dijital ortamlara ne ölçüde taşınabildiği hâlâ tartışmaya açık bir konudur. Öte yandan, "bilmek", "yapabilmek" ve "üretmek" eylemleri, bu platformlar aracılığıyla kendini meşrulaştırmak isteyen bir lutiyenin başlıca paylaşım ve temsil alanları hâline gelmiştir.

...lutiyelik pratiğinde "ustadan öğrenme" geleneği, giderek "dijital ortamda ustadan —ya da fenomen olandan— kendi kendine öğrenme" biçimine evrilmekte ve özgün bir pedagojik alan inşa etmektedir.

Özellikle YouTube, bireysel ustalık bilgisinin sınırlar ötesi dolaşıma girmesini mümkün kılmış, enstrüman yapımına dair teknik bilgi, deneyim ve yaratıcı çözümler daha önce benzeri görülmemiş bir şekilde erişilebilir hale gelmiştir.

Özellikle YouTube gibi dijital medya platformları, geleneksel olarak usta-çırak ilişkileri çerçevesinde aktarılan ve yerel bağlamlarda gizli tutulan lutiyelik bilgisinin sınırlar ötesi bir dolaşıma girmesini mümkün kılmıştır. Bu dönüşüm, zanaatkârlık bilgisinin sadece bedensel deneyimle sınırlı olmayan, dijital ortamlarda çoğalabilen, yeniden üretilebilen ve yorumlanabilen bir bilgi formuna evrilmesine işaret eder. Böylelikle zanaatkârlık, pedagojik aktarım biçimleri ve epistemolojik rejimler açısından yeni bir düzleme taşınmakta; dijital medya araçları, bilginin paylaşımına ve de zanaat pedagojisinin yeniden yapılandırılmasına olanak sunmaktadır (Turan, 2024, s. 77; Burrell, 2012, s. 42).

YouTube öncesi dönemde lutiyelik bilgisi, çoğunlukla usta-çırak ilişkisine dayalı, yazılı olmayan ve yerel bağlamlara sıkışmış bir öğrenme süreciyle aktarılırken; video içerik platformlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, enstrüman yapımı süreçleri, ölçüm teknikleri, malzeme seçimi, hata düzeltmeleri ve yaratıcı uygulamalar kamuya açık hale gelmiştir. Bu durum, geleneksel anlamda "sır" veya "saklı bilgi" olarak korunan zanaatkârlık bilgisinin, sınır metaforu üzerinden aşılmasına olanak tanımaktadır.

YouTube öncesi dönemde lutiyelik bilgisi, çoğunlukla usta-çırak ilişkisine dayalı, yazılı olmayan ve yerel bağlamlara sıkışmış bir öğrenme süreciyle aktarılırken; video içerik platformlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, enstrüman yapımı süreçleri, ölçüm teknikleri, malzeme seçimi, hata düzeltmeleri ve yaratıcı uygulamalar kamuya açık hale gelmiştir. Bu durum, geleneksel anlamda "sır" veya "saklı bilgi" olarak korunan zanaatkârlık bilgisinin, sınır metaforu üzerinden aşılmasına olanak tanımaktadır.

Örneğin, İtalya, Japonya, Türkiye, ABD ve Brezilya gibi ülkelerden usta lutiyelerin paylaştığı detaylı yapım videoları ve atölye süreçleri meslekî eğitim alanlar ve amatör yapımcılara, sanatçılara ve araştırmacılara da doğrudan bilgiye erişim imkânı sunmaktadır. Böylece lutiyelik, bireysel ustalık pratiğinden çıkarak kolektif öğrenme platformlarına doğru evrilmekte; bilgi üretimi, bireyin bedeninde başlayan fakat dijital ortamda çoğalan ve etkileşime açık bir yapıda varlık kazanmaktadır.

Bu dijitalleşme süreci, açık zanaatkârlığın bilgi rejimini, mülkiyet anlayışını ve zanaat etiğini de dönüştürmektedir. Bilginin paylaşımı artık deneyimsel aktarımın ötesine geçerek, görsel-işitsel kayıtlarla arşivlenebilen, yorumlanabilen ve yeniden üretilebilen bir hâle gelmiştir. Bu bağlamda, YouTube gibi platformlar, açık zanaatkârlığın yeni epistemolojik ve pedagojik uzamlarından biri hâline gelmiştir.

Küresel ölçekte serbest bilgi dolaşımına dayanan pedagojik ağlar, post-zanaatkârlık kültürünün somutlaştığı örneklerden biridir. Bu çerçevede, tarihsel olarak kapalı ustalık sistemlerine dayanan

zanaatkârlık pratiklerine karşı, son yıllarda küresel ölçekte dolaşıma giren *maker* kültürü[23] de dikkate değerdir. Açık kaynaklı bilgi paylaşımını, kullanıcı odaklı tasarımı ve demokratik üretim anlayışını merkezine alan *maker* hareketi, teknik bilginin yatay biçimde yeniden örgütlenmesine olanak tanımakta ve zanaatkârlığın dijital çağda yeniden tanımlanmasına katkı sunmaktadır. Bu yönüyle, *maker* kültürü post-zanaatkârlık çağında oluşan bilgi, emek ve topluluk ilişkilerinin alternatif bir modelini temsil etmektedir.

Post-zanaatkârlık tartışmaları bağlamında sezgisel bilginin dijital üretim süreçleriyle kurduğu etkileşim, *maker* kültürü ile açık üretim ağlarının işleyişi üzerinden incelendiğinde, zanaatkârlığın sadece bedensel ustalığa dayanan geleneksel bir pratik olmaktan çıkarak bilgi dolaşımı ve dijital işbirliği biçimlerine doğru evrildiği görülür. Bu dönüşüm, açık kaynaklı tasarım modellerinden dijital paylaşım ekosistemlerine ve Do It Yourself (DIY) pratiklerinin etik yönlerine kadar uzanan geniş bir alanı kapsamaktadır. Söz konusu yapısal değişimin eleştirel boyutları, açık zanaatkârlığın sunduğu perspektifler doğrultusunda sistematik biçimde değerlendirilmelidir.

Günümüz üretim pratikleri, zanaat ve eğitim alanlarında giderek daha fazla karşılık bulan *Maker* hareketi, “Handmade”, “Art and Craft” ve “Art Nouveau” gibi tarihsel akımlarla belirli benzerlikler taşımakla birlikte bu gelenekleri çağdaş sanat ve tasarım pratikleriyle yeniden yorumlayarak görünürlük kazanır. Maker yaklaşımı, modern üretim anlayışının dönüşüme uğradığı, üretimin başlı başına bir sorun olmaktan çıktığı ve yerini kavramsal düşünme ile paylaşım odaklı süreçlere bıraktığı bir çerçeve sunar. Bu bağlamda hareket, katılımcılığın, deneysel öğrenmenin ve açık kaynak kültürünün önem kazandığı, alternatif ve yenilikçi bir üretim modeli olarak değerlendirilmektedir.

[23] Bkz. Bölüm 5.5, s. 53.

Nitekim bazı araştırmacılar, bu yönelimin Batı'da "el yapımı" üretim kültürüne teknolojik bir derinlik kazandırarak onu yeniden canlandırma potansiyeli taşıdığını; buna ek olarak gelişmekte olan ülkelerde yeni ekonomik ve yaratıcı fırsatlar doğurabileceğini ileri sürmektedir (Anderson, 2012; Halverson & Sheridan, 2014; Lang, 2013; Dufva, 2017 akt. Turan, 2024, s. 231).

Diğer yandan Tasarım ve zanaatkârlık algısını dönüştüren bu yaklaşımlar, yeni üretim modellerinin ortaya çıkmasını teşvik ederken, Do It Yourself (DIY) gibi stratejilerin günümüzde belirli ölçülerde endüstriyelleşmiş bir yapıya büründüğü gerçeği de göz ardı edilmemelidir. Bu durum, başlangıçta bireysel yaratıcılık ve özerklik üzerine kurulu olan DIY kültürünün, zaman içinde piyasa dinamikleriyle bütünleşerek ticarileşme eğilimi gösterdiğine işaret eder.

... amatörlük temelli yaklaşımların etkisi altında kalan enstrüman yapım alanlarında bu gibi yönelimler, kimi zaman mevcut sorunların üzerini örterken; tarihsel ve kavramsal temeli olmayan, ancak modernleşme söylemleriyle meşrulaştırılan yeni sorun alanları da yaratabilme potansiyeline sahiptir.

Özellikle Maker hareketi, halk temelli bir üretim modeli olarak sunulsa da, Do It Yourself (DIY) anlayışıyla amatör/hobi pazarlarını da beslemektedir. Bu noktada dikkat çeken bir başka olgu, sanayi devrimlerinin ve kapitalist dönüşümlerin her evresinde, bu tür kültürel üretim akımlarının sistem içinde araçsallaştırılmasıdır (Coser, 1957, s. 204). Tarih boyunca bu gibi süreçlerde pek çok eleştirel hareket, kısa sürede sisteme entegre edilmiş ve sistemin lehine işler hâle getirilmiştir. Do it yourself, Maker ve amatörlük temelli yaklaşımların etkisi altında kalan enstrüman yapım

alanlarında bu gibi yönelimler, kimi zaman mevcut sorunların üzerini örterken; tarihsel ve kavramsal temeli olmayan, ancak modernleşme söylemleriyle meşrulaştırılan yeni sorun alanları da yaratabilme potansiyeline sahiptir (Turan, 2024, s. 232).

...“Maker” hareketi, halk temelli bir üretim modeli olarak sunulsa da, “Do It Yourself” (DIY) anlayışıyla amatör/hobi pazarlarını da beslemektedir. Bu noktada dikkat çeken bir başka olgu, sanayi devrimlerinin ve kapitalist dönüşümlerin her evresinde, bu tür kültürel üretim akımlarının sistem içinde araçsallaştırılmasıdır (Coser, 1957, s. 204). Tarih boyunca bu gibi süreçlerde pek çok eleştirel hareket, kısa sürede sisteme entegre edilmiş ve sistemin lehine işler hâle getirilmiştir. “Do it yourself,” “Maker” ve amatörlük temelli yaklaşımların etkisi altında olan enstrüman yapım alanında bu gibi yönelimler, mevcut sorunların üzerini örterken; tarihsel ve kavramsal temeli olmayan, ancak modernleşme söylemleriyle meşrulaştırılan yeni sorun alanları da yaratabilme potansiyeline sahiptir.

Öte yandan Maker kültürü, DIY geleneğinin ötesine geçerek işbirliğini merkeze alan DIWO (Do It With Others) ve DITO (Do It Together) gibi yaklaşımlarla desteklenen kolektif üretim modellerini de kapsar. Bu yönelimin, mevcut üretim paradigmalarını eleştirel bir çerçevede yeniden düşünmeye olanak tanıdığı; aynı zamanda çoğulcu, katılımcı ve paylaşım odaklı oluşumların ortaya çıkmasına zemin hazırladığı görülmektedir.

DIWO (Do It With Others), 2006 yılında Furtherfield[24] tarafından ortaya konan bir güncel medya sanat pratiği olarak tanımlanır. Bu yaklaşım, geleneksel "tekil sanatçı" merkezli üretim paradigmasını ve hiyerarşik küratöryel yapılarını sorgulayan; yaratıcı süreci ağ-temelli katılım, eş-düzeyli ortaklıklar ve dağıtık üretim biçimleri üzerinden yeniden örgütleyen bir model sunar. DIWO, DIY (Do It Yourself) kültürünü eleştirel bir doğrultuda genişleterek üretimi, kürasyonu ve dolaşımı "başkalarıyla birlikte yapma" ilkesine dayalı bir kolektif çerçevede konumlandırır. Böylece mülkiyet, otorite ve yaratıcı kontrolün paylaşıldığı, katılımcıların süreç üzerinde belirleyici olduğu eş-güçlenmiş sanat ortamlarına işaret eder (Furtherfield, 2008; Garrett, 2013).

Güncel medya ve ağ sanatının kuramsal bağlamında DIWO, sanatçı, küratör ve izleyicinin "eş-düzey katılımcı" olarak konumlandığı; üretim, seçki ve dolaşım süreçlerinin dijital ve fiziksel ağlar aracılığıyla kolektifleştirildiği; yaratıcı mülkiyetin

[24] Furtherfield, dijital ve ağ temelli sanat pratiklerini ortak, eleştirel ve kolektif üretim modelleriyle birleştiren; sanatçı, akademisyen, teknoloji uzmanı ve aktivistlerin katılımıyla şekillenen uluslararası bir sanat topluluğu ve organizasyonudur. Sanat, teknoloji ve toplumsal dönüşüm arasındaki ilişkileri araştıran kurum, çevrimiçi ve fiziksel ağlar aracılığıyla katılımcı projeler geliştirirken aynı zamanda bir sanat organizasyonu, çevrimiçi dergi ve deneysel medya sanat platformu işlevi görür. 1996 yılında Ruth Catlow ve Marc Garrett tarafından Londra'da kurulan Furtherfield, bireysel sanatçı figürünü merkezde konumlandıran modernist sanat anlayışını sorgulayarak, ortak üretime dayalı, eleştirel ve ağ-temelli bir kültür oluşturmayı amaçlamıştır. Kuruluşundan bu yana dijital ve ağ sanatını destekleyip ortak üretim modellerini teşvik etmiş; özellikle "birlikte yapma" yaklaşımının (DIWO) uygulandığı projelerle tanınmıştır. Yazılar, eleştiriler, sergiler, atölyeler, çevrimiçi projeler ve laboratuvar çalışmaları aracılığıyla sanat ile teknolojinin kesişiminde yaratıcı bir tartışma ve üretim alanı açar. Londra Finsbury Park'ta yer alan galeri ve laboratuvarı, medya sanatı, ağ kültürü ve eleştirel teknoloji çalışmalarıyla ilgili etkinliklerin yürütüldüğü fiziksel bir merkez niteliğindedir. Furtherfield, sanatın sosyal değişimle ilişkisini güçlendirmeyi hedefleyerek adil, kapsayıcı ve kolektif yaratıcı pratiklerin gelişimini destekleyen uluslararası bir ağ oluşturmayı amaçlar (Furtherfield, 2008).

merkezsizleştirildiği bir ortak-yaratma ve ortak-üretim yaklaşımıdır. Bu yönüyle DIWO, bireysel sanatçı merkezli modernist paradigmayı dönüştürmeyi amaçlayan bir eş-güçlenme modeli niteliği taşır (Garrett, 2013; Catlow & Garrett, 2012). Literatürde DIWO yaklaşımının belirgin nitelikleri dört ana başlıkla öne çıkar.

Bunlardan ilki kültürel hibritleşmedir: DIWO, tekil projelerden ziyade katılımcı ve eleştirel ağ sanatını teşvik eden uzun soluklu bir kampanya/çerçeve olarak tanımlanır. Farklı disiplinler, pratikler ve kültürel geleneklerden gelen katkıların birleşmesi, sabit anlam yapılarını aşan deneysel üretim alanları yaratır (Garrett, 2013). Öte yandan bu tür yaklaşımlar, küreselleşmenin farklı kültürleri tek bir homojen yapı içinde eritme potansiyeli nedeniyle kimi zaman kültürel emperyalizme dönüşme riskini barındırsa da, söz konusu riskin ötesine geçen çoğulcu ve katılımcı çerçeveler içinde ele alındığında adil ve paylaşımcı bir üretim modeli olarak değerlendirilebilir. Bu perspektif, kültürel çeşitliliğin korunmasını ve üretim süreçlerinin daha kapsayıcı biçimlerde örgütlenmesini mümkün kılan alternatif bir yaklaşım sunar.

... bu tür yaklaşımlar, küreselleşmenin farklı kültürleri tek bir homojen yapı içinde eritme potansiyeli nedeniyle kimi zaman kültürel emperyalizme dönüşme riskini barındırsa da, söz konusu riskin ötesine geçen çoğulcu ve katılımcı çerçeveler içinde ele alındığında adil ve paylaşımcı bir üretim modeli olarak değerlendirilebilir.

İkinci olarak "ağ-temelli ve çoğul mekânlı üretim" yaklaşımı ise dijital ağlar ile fiziksel mekânların eşzamanlı kullanımını temel alarak yaratıcı sürecin coğrafi sınırları aşmasını mümkün kılar. E-posta listeleri, çevrimiçi platformlar ve diğer dijital iletişim ortamları üzerinden yürütülen etkileşimler, fiziksel sergi ve buluşma

mekânlarıyla birleştiğinde, üretim süreci farklı coğrafyalardan katılımcıların katkılarıyla zenginleşen dağıtık bir yapıya dönüşür. Böylece ağ-temelli üretim, teknik bir kolaylaştırma işlevi görmekten ziyade; sanatın dolaşımını, erişilebilirliğini ve katılımcı potansiyelini arttıran çoğul bir mekânsallık yaratır (Furtherfield, 2008; Catlow, 2008).

Diğer bir unsur olan "merkezsizleşmiş ortak-kürasyon ve ortak-yazarlık" ise: DIWO, yaratıcı süreci hiyerarşik rollerden arındırarak sanatçıların küratörlerle birlikte küratör, küratörlerin ise üretici aktörler olarak konumlandığı dairesel bir işbirliği modeli ortaya koyar. Yeniden kullanım, alternatif ve yeniden dağıtımı teşvik eden bu yapı, yaratıcı kontrolün tek bir figür ya da kurumda yoğunlaşmasını engeller. Böylece süreç, eş-düzeyli katılımın güçlendiği, sorumluluk ve yetkinin kolektif biçimde paylaşıldığı bir üretim alanına dönüşür (Garrett, 2013; Catlow & Garrett, 2012).

Son olarak "hiyerarşi ve mülkiyet" eleştirisi: DIWO, geleneksel sanat kurumlarında yerleşik olan mülkiyet, seçki ve otorite ilişkilerini sorgulayan bir yaklaşım geliştirir. Bu çerçevede, eşler arası ilişkilere dayanan, açık, deneysel ve katılımcı pratikleri merkeze alan bir sanat kamusunun oluşumunu destekler. Böylelikle yüksek/düşük sanat ayrımlarını ve piyasa temelli otorite mekanizmalarını eleştirel bir perspektifle yeniden değerlendirerek sanat üretiminin daha erişilebilir, kapsayıcı ve çoğulcu biçimlerde örgütlenmesine katkıda bulunur (Furtherfield, 2008).

Bu perspektifte DIWO, bir üretim yöntemi olmanın ötesinde sanatın sosyal ilişkiler, bilgi akışı ve topluluk dinamikleriyle birlikte yeniden tasarlandığı bir kültürel pratik olarak değerlendirilir.

Son zamanlarda sıkça kullanılmaya başlanan DITO (Do It Together) kavramı ise toplumsal ve bilimsel üretim süreçlerinde ortak sorumluluk, kolektif hareket ve eşzamanlı katılım ilkelerine

dayanan bir pratik yaklaşımı ifade eden bir kavramdır. Bu yaklaşım, bireysel yaratıcılığı ve profesyonel uzmanlığı merkez alan modellerin ötesine geçerek, çeşitli paydaşların birlikte öğrenmesini ve ortak olarak eyleme geçmesini esas alır. DITO, bireysel veya kurum odaklı süreçlerle sınırlı kalmayıp; toplulukların kendi içlerindeki ilişkileri ve karşılıklı bağımlılığı ön planda tutarak, birlikte üretmenin ve etkin katılımın değerini vurgular (Ogden, 2012).

Bu kavramsal çerçeve, Interaction Institute for Social Change tarafından ortaya konan Do It Together tanımında somutlaşır: DITO, yaratıcı ve kendi kendini organize eden girişimci bir ruhu benimserken içinde bulunduğu ağsal bağlamın farkında olarak kolektif sorumluluk, öğrenme ve birlikte karar alma süreçlerini teşvik eder. Bu kapsamda DITO kavramı, mükemmellik peşinde boğulmayı engellemeye, etkin kararlar almaya ve birlikte öğrenirken ortaya çıkan değeri çoğaltmaya odaklanır (Ogden, 2012).

...DITO (Do It Together) kavramı, mükemmellik peşinde boğulmayı engellemeye, etkin kararlar almaya ve birlikte öğrenirken ortaya çıkan değeri çoğaltmaya odaklanır (Ogden, 2012).

Benzer bir "birlikte üretme" yaklaşımı, bilimsel katılım alanında Doing It Together Science (DITOs)[25] projesi bağlamında da görülür. Avrupa Komisyonu tarafından desteklenen bu proje, bilim ve inovasyon süreçlerine halkın pasif izleyici olarak değil, aktif katılımcı olarak dahil olmasını teşvik etmeyi amaçlar. Bu çerçevede DITOs, bilimsel araştırma süreçlerinde profesyonel kurumların dışında kalan bireylerin bilgi ve yeteneklerinin tanınmasını ve bu yeteneklerin kolektif bilim üretimine katkı vermesini esas alır.

[25] Bkz. https://cordis.europa.eu/project/id/709443

DITOs'un hedefleri arasında, bilimsel sürece halkın katılımını artırmak, sorumlu araştırma ve inovasyon uygulamalarını derinleştirmek ve farklı toplumsal aktörlerin bilimsel bilgi üretimine etkin dahil olmasını sağlamak yer alır. Böylelikle DITO kavramı, bilimsel üretimi sadece uzmanlara bırakmayarak daha kapsayıcı ve katılımcı bir bilim topluluğu geliştirmeyi amaçlar (European Commission, 2016). Bu perspektifte DITO, toplumsal dönüşüm pratiklerinde ve bilimsel üretim süreçlerinde birlikte oluşturma, ortak sorumluluk ve eşit paydaş katılımını merkeze alan bir yöntem olarak ele alınabilir.

...geleneksellik ve zanaatkârlık perspektifinden bakıldığında, yeni üretim eğilimlerinin ve dijital platformlar aracılığıyla bilginin geniş ölçekli paylaşımının, zanaatkâra özgü bedenlenmiş ve yerel bilgi formlarının bireysel tekelini sarsıcı biçimde dönüştürdüğü görülmektedir. Bu süreç, 'ustalık iktidarı'nın merkeziyetini zayıflatarak söz konusu bilgiyi kamusal dolaşıma açmış; böylece zanaat alanındaki otorite ve erişim ilişkilerini yeniden tanımlamıştır.

Sonuç olarak, geleneksellik ve zanaatkârlık perspektifinden bakıldığında, yeni üretim eğilimlerinin ve dijital platformlar aracılığıyla bilginin geniş ölçekli paylaşımının, zanaatkâra özgü bedenlenmiş ve yerel bilgi formlarının bireysel tekelini sarsıcı biçimde dönüştürdüğü görülmektedir. Bu süreç, 'ustalık iktidarı'nın merkeziyetini zayıflatarak söz konusu bilgiyi kamusal dolaşıma açmış; böylece zanaat alanındaki otorite ve erişim ilişkilerini yeniden tanımlamıştır. Zanaat ile yeni teknolojilerin kesişiminde ise kimi zaman uyumlu bir etkileşim, kimi zaman gerilimli bir çatışma

ortaya çıkmakta; bu dinamiklerin temelinde, bilgi üretimi ve paylaşımına ilişkin pratiklerin yanı sıra otorite yapılarında yaşanan yapısal dönüşümler bulunmaktadır.Diğer yandan dijital kolektiflik ve üretim kültürlerinin açtığı yeni pedagojik ve topluluk temelli alanlar, lutiyeliğin çevrimiçi ortamların sınırlarını aşarak küresel ölçekte örgütlenen girişimlerle etkileşime girdiğini ve dönüştüğünü göstermektedir. Post-zanaatkârlık yaklaşımları, açık kaynaklı üretim ağları ve dijital yayıncılık pratikleri, yerel atölyelerin mekânsal sınırlılıklarını geride bırakarak uluslararası düzeyde kurulan ortaklıklarla bütünleşen daha kapsayıcı bir zanaat ekosisteminin oluşumuna katkı sunmaktadır. Bu gelişmeler, lutiyeliğin bilgi üretimi ve paylaşım biçimleri açısından dönüşen bir kültürel ve teknolojik bağlam içinde yeniden konumlandığını ortaya koyar.

...dijital kolektiflik ve üretim kültürlerinin açtığı yeni pedagojik ve topluluk temelli alanlar, lutiyeliğin çevrimiçi ortamların sınırlarını aşarak küresel ölçekte örgütlenen girişimlerle etkileşime girdiğini ve dönüştüğünü göstermektedir.

Bu dönüşüm, bilginin yatay dolaşımını güçlendirmekle beraber farklı coğrafyalardaki ustalar, araştırmacılar, topluluk atölyeleri ve kültürel girişimler arasında yeni işbirliği modellerinin ortaya çıkmasına olanak tanır. Sonuç olarak dijital üretim kültürlerinin şekillendirdiği bu altyapı, günümüzde giderek önem kazanan küresel lutiyelik inisiyatiflerinin kavramsal ve kurumsal temelini oluşturan bir zemin işlevi görmektedir.

6.3.Küresel Lutiyelik İnisiyatifleri

Küresel ölçekte bilgi dolaşımı, günümüz zanaatkârlığının en belirgin yönlerinden biri hâline gelmiştir. Lutiyelik alanında da bu

eğilim, teknik bilginin ötesine uzanan; etik, pedagojik ve toplumsal dayanışma temelli pratiklerin dolaşıma girmesini amaçlayan çeşitli inisiyatifler aracılığıyla somutlaşmaktadır. Bu oluşumlar, zanaatkârlığın bireysel ustalık sınırlarını aşarak kolektif bir öğrenme ve paylaşım ekosistemine dönüştüğünü göstermektedir.

Bu ağların öncülerinden biri olan Sınır Tanımayan Lutiyeler (Luthiers Sans Frontières – LSF),[26] 1990'lı yılların sonlarında Avrupa'da ortaya çıkmış uluslararası bir gönüllü organizasyondur. LSF, müzik eğitimi altyapısının sınırlı olduğu ülkelerde çalgı onarımı, yapım eğitimi ve bakım teknikleri konusunda bilgi paylaşımını amaçlar. Fransa, İngiltere, Kanada ve Arjantin gibi ülkelerde yerel şubeleri bulunan örgüt, Afrika, Karayipler ve Güney Amerika'da yürüttüğü programlarla lutiyelik bilgisinin merkezî kurumlar dışında yatay biçimde dolaşımını sağlamaktadır (Luthiers Sans Frontières, 2020; Luthiers Sans Frontières USA, 2023). Bu faaliyetler, zanaatkâr bilginin ademi merkeziyetçi niteliğini güçlendirerek küresel bir pedagojik paylaşım ağı oluşturur.

Benzer bir yaklaşımla faaliyet gösteren Luthiers for a Cause (LFAC), 2017 yılında kurulmuş bir sosyal sorumluluk girişimidir. Dünyaca tanınmış lutiyelerin inşa ettiği gitar ve ukulelaların satışından elde edilen gelir, müzik terapisi ve çocuk odaklı yardım projelerine aktarılmaktadır. Böylece lutiyelik pratiği, salt kâr amaçlı bir üretim süreci olmaktan çıkarak, etik sorumluluk ve toplumsal dayanışma odaklı bir eylem biçimine dönüşmektedir (Luthiers for a Cause, 2024).

Olympias Music Foundation tarafından İngiltere'de yürütülen "Recycled Orchestra" programı ise, kullanılmayan ya da atık durumundaki çalgıların onarılarak dezavantajlı genç müzisyenlere ulaştırılmasını hedefler. 2024–2025 döneminde yüzün

[26] Bkz. http://www.lsf-uk.org/

üzerinde çalgının yenilenmesi ve yeniden kullanıma kazandırılması, yerel lutiyelerin katılımını ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmiştir. Bu örnek, zanaatkârlığın sosyal kapsayıcılık ve döngüsel ekonomi ilkeleriyle nasıl bütünleşebileceğini göstermektedir (Olympias Music Foundation, 2024).

Benzer biçimde Guitars for Africa inisiyatifi, Afrika'daki genç müzisyenlerin çalgı erişimini ve müzik eğitimini destekleyen bir dayanışma ağıdır. Gitar bağışı, onarımı ve yerel eğitim programlarıyla yürütülen bu faaliyetler, zanaatkârlığın üretimle sınırlı bir etkinlik olmadığını; kültürel ve pedagojik bir sorumluluk alanı niteliği taşıdığını hatırlatır (Guitars for Africa, 2023).

Bu tür girişimler, açık zanaatkârlığın ve bu perspektifteki lutiyeliğin toplumsal boyutunu yeniden tanımlar. Bilginin hiyerarşik olmayan biçimlerde dolaşabildiği, yerel malzeme kültürü, kültürel çeşitlilik ve etik sorumluluk ilkeleriyle şekillenen bir "küresel lutiyelik pedagojisi", günümüzde giderek belirginleşmektedir. Böylece lutiyelik, bireysel ustalığın ötesinde, kolektif üretim, açık bilgi paylaşımı ve sürdürülebilir zanaat etiğine dayalı bir epistemik alan olarak yeniden konumlanmaktadır (Sennett, 2013; Kuznetsov & Paulos, 2010). Bu tür yönelimler, yüzyıllardır kapitalist üretim ilişkilerinin belirleyici olduğu çalgı yapım sektörüne karşı, kolektif ve çoğulcu bir perspektiften alternatif bir üretim ve varoluş alanının ortaya çıkışına işaret etmektedir. Açık zanaatkârlık, post-zanaatkârlığın epistemolojik zeminini, hesaplamalı lutiyeliğin metodolojik araçlarıyla birleştirerek, çağdaş enstrüman yapımında insan, teknoloji ve topluluk arasındaki yeni işbirliği modellerini mümkün kılmaktadır.

7. Post-Zanaatkâr Özne ve Sezgisel Bilginin Konumlanışı

Zanaatkârlık, nesnelere anlam katan el emeği, deneyimsel bilgi ve maddi kültürle iç içe geçmiş üretim biçimlerini temsil ederken; dijital teknolojiler hız, verimlilik ve otomasyon odaklı yapısıyla bu üretim biçimlerine meydan okumaktadır. Bu iki yaklaşım arasındaki gerilim, üretim araçlarının ötesine geçerek bilginin, emeğin ve otoritenin nasıl değer kazandığına ilişkin alanlarda da belirginleşmektedir. Zanaatkârın bedensel ve sezgisel bilgisi, algoritmik sistemler karşısında giderek görünmezleşirken; dijital süreçler, zanaatın kültürel bağlamını standartlaştırma eğilimi taşır. Dolayısıyla üretimin 'nasıl' yapıldığının yanı sıra, 'kim tarafından' ve 'hangi toplumsal anlamlar içinde' gerçekleştiği de yeniden tartışılmaktadır.

Günümüzün belirsizlik ve karmaşayla şekillenen toplumsal-ekonomik yapıları, bireylerden bir uzmanlık bilgisinin ötesinde; disiplinlerarası etkileşim, adaptasyon ve yaratıcı problem çözme becerileri de talep etmektedir. Öte yandan, buna koşut gelişen yapay zekâ teknolojileri tüm uzmanlık alanlarının temellerini aşındırarak onları etkisizleştirmekte; insana, ustalığa ve emeğe dair en anlamlı beceri ise giderek düşünsellik/kavramsallık üzerine kurulan yaratıcı zekâya indirgenmektedir.

Zanaatkârlığın derinlemesine uzmanlaşmaya dayalı üretim kültürü, dijital teknolojilerin çok disiplinli ve yatay bilgi alanlarını içeren doğasıyla giderek daha fazla etkileşim hâlindedir. Bu etkileşim, salt bir çatışma alanı olmaktan ziyade uzlaşı ve simbiyotik işbirliği potansiyeli de taşımaktadır. Bu bağlamda, farklı disiplinlerle işbirliği yapabilecek yeterliliğe sahip bireyler, zanaatkârlık ve

teknoloji arasındaki bu ilişkiyi yeniden düşünmek için önemli bir fırsat elde eder. Günümüzün belirsizlik ve karmaşayla şekillenen toplumsal-ekonomik yapıları, bireylerden bir uzmanlık bilgisinin ötesinde; disiplinlerarası etkileşim, adaptasyon ve yaratıcı problem çözme becerileri de talep etmektedir.

Öte yandan, buna koşut gelişen yapay zekâ teknolojileri tüm uzmanlık alanlarının temellerini aşındırarak onları etkisizleştirmekte; insana, ustalığa ve emeğe dair en anlamlı beceri ise giderek düşünsellik/kavramsallık üzerine kurulan yaratıcı zekâya indirgenmektedir.

Bu dönüşüm, özellikle iş dünyası ve günümüz bilgi toplumunda disiplinlerarası etkileşimi önceleyen yeni insan modellerini de beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda, derinlemesine uzmanlık ve yatay etkileşim becerilerini birleştiren "T-şekilli insan" (T-shaped professional) modeli, ilk kez 1990'larda David Guest tarafından tanımlanmış; daha sonra IDEO, IBM ve OECD gibi kurumlar tarafından 21. yüzyıl becerileri çerçevesinde yaygınlaştırılmıştır (Guest, 1991; Brown, 2018; OECD, 2019). Ayrıca, 1980'lerde McKinsey & Company firması, kadın ve erkek danışman ve ortakların işe alımı ile kariyer gelişiminde, "T-şeklinde insan (T-shaped man)" terimini kurum içinde kullanmıştır (Johnston, 1978). Modelde "T" harfinin dikey çizgisi belirli bir alandaki uzmanlık derinliğini, yatay çizgisi ise farklı alanlarla işbirliği yapabilme, empati kurma, sistem düşüncesi geliştirme ve yaratıcılık becerilerini simgeler. Bu yaklaşımın yerel bir yorumu niteliğindeki Tarhan'ın "T İnsan Modeli" ise, bireyin teknik uzmanlığını sosyal ve etik sorumlulukla bütünleştiren birçok merkezli bilgi mimarisi öngörür (Tarhan, 2017). Modelin üç temel bileşeni —Tasavvur (hayal gücü), Tasarım ve Teknoloji— bireyin üretim süreçlerinde düş gücünü ve dijital yetkinliğini dengelemeyi amaçlar. Tarhan ayrıca "Yaşamı Yöneten 5 Yetkinlik" başlığı altında "Yönetişim,

Yaratıcılık, Yalınlık, Yenilikçilik ve Yararlılık" kavramlarını vurgulayarak etik, toplumsal ve ekolojik farkındalığın üretim süreçlerine entegre edilmesi gerektiğini savunur.

Sonuç olarak, teknoloji-insan birlikteliğini ve adaptasyon sürecini tanımlayan bu gibi yaklaşımlar, küresel literatürdeki "T-shaped" yetkinlik modeliyle birlikte ele alındığında, hesaplamalı lutiyelik gibi alanlarda insan merkezli ve etik temelli üretim biçimleri için bütüncül bir çerçeve sunar. Bu çerçeve, teknik derinliği ve disiplinlerarası yaratıcılığı aynı potada eriten 'post-zanaatkâr' bir öznenin doğuşuna işaret etmektedir. Ancak bu gibi sistemler insanın ve zanaatkârın salt bilişsel bir kaynak ve araç olarak tanımlanması ve sezgisel bilgiden soyutlanarak salt dijital bir ara yüze indirgenmesi risklerini de beraberinde getirir.

...bu gibi sistemler insanın ve zanaatkârın salt bilişsel bir kaynak ve araç olarak tanımlanması ve sezgisel bilgiden soyutlanarak salt dijital bir ara yüze indirgenmesi risklerini de beraberinde getirir.

Teknoloji-insan iş birlikteliğini açıklayan başlıca kuramsal çerçeveler, görev tahsisinden ortak bilişe doğru evrilen bir hattı izler. Erken dönem yaklaşımlar, hangi işlevlerin insana hangilerinin makineye verileceğini belirleyen Fitts'in ünlü listesi ve işlev tahsisi ilkeleriyle başlayıp, otomasyon düzeylerini on iki basamaklı bir süreklilik olarak tanımlayan Parasuraman–Sheridan–Wickens modeline dayanır; bu model durumsal farkındalık, iş yükü ve güven gibi insan faktörleri metrikleriyle otomasyon tasarımını ilişkilendirir (Fitts, 1951; Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2000). 1990'lardan itibaren odak, insan ile yapay ajanların düşünsel süreçleri ortak biçimde nasıl yürüttüğüne kayar. Dağıtık biliş (distributed cognition) ve ortak bilişsel sistemler (joint cognitive systems) yaklaşımları, bilişin tek bir bireyde toplanmadığını; insan–artefakt ağında

yayıldığını öne sürer ve tasarımın etkileşim ile koordinasyon birimlerine dayalı olarak kurgulanmasını önerir (Hutchins, 1995; Hollnagel ve Woods, 2005). Bu çizgi, otomasyonun takım oyuncusu olabilmesi için şeffaflık, iş niyeti gösterimi ve uyarlanabilirlik gibi niteliklerin gerekliliğini vurgulayan insan-otomasyon takım çalışması literatürüyle birleşir.

Güncel insan-Yapay Zekâ ortaklığı modelleri, karar döngüsünde insanın konumunu insan-içinde-döngü (HITL),[27] insan-üstünde-döngü (HOTL)[28] ve insan-dışında-döngü (HOOTL)[29] ayrımlarıyla tanımlar; hangi konfigürasyonun seçileceği görev riskine, öngörülebilirliğe ve hesap verebilirliğe bağlıdır (Shneiderman, 2022).[30] Uygulamada, insan-YZ *teaming* tasarımı

[27] İnsan Döngüde (HITL/Human-in-the-Loop): Kararların uygulanmadan önce insan tarafından doğrulanması gerekir. Algılanan riskin yüksek olduğu ya da sistemlerin olgunlaşma aşamasında bulunduğu erken dönemlerde daha yaygın bir modeldir (Perez-Trozzi, 2025).

[28] İnsan Gözetiminde (HOTL/Human-on-the-Loop): Sistemler özerk biçimde çalışır ancak insan denetimi altındadır. İnsanlar her işlemi onaylamaz; sadece anormallik veya beklenmedik davranış ortaya çıktığında müdahaleye hazırdır (Perez-Trozzi, 2025).

[29] İnsanın Döngü Dışında Olduğu Durum (HOOTL/Human-out-of-the-Loop): Sistem, önceden belirlenmiş sınırlar içinde tamamen özerk çalışır. İnsanlar hedefleri, kısıtları ve başarı ölçütlerini tanımlar fakat rutin işleyişe dâhil olmaz (Perez-Trozzi, 2025).

[30] HITL → HOTL → HOOTL gibi sistemleri çalgı yapım perspektifinde değerlendirecek olursak: İnsan Döngüde (HITL / Human-in-the-Loop) Yaklaşımı: Zanaatkârın karar verici olduğu sistemler olarak ilişkilendirilebilir. Bu modelde üretim sürecinin kritik aşamalarında nihai karar lutiye tarafından verilir. Sensör verileri, simülasyon çıktıları veya algoritmik öneriler sadece destek araçlarıdır. Örneğin, bir enstrümanın gövde kalınlığının hesaplamalı analizle önerilen milimetrik değerleri, oyma işlemi tamamlanmadan önce lutiyenin deneyimiyle yeniden değerlendirilir; algoritmanın sunduğu taslak üretime yön verir fakat son form insan sezgisinin onayıyla belirlenir. Bu model diğer alanlarda özellikle yeni teknolojilerin henüz olgunlaşmadığı, hata payının yüksek olduğu projelerde tercih edilir.

için etkileşim kılavuzları; hataların geri alınabilirliği, sistemin sınırlarının ifade edilmesi, güven kalibrasyonu ve açıklanabilirlik gibi ilkeleri içerir (Amershi vd., 2019). Bu ilkeler, yaratıcı ve bilişsel yoğun işlerde 'tamamlayıcılık' (centaur/co-pilot) modelinin neden etkili olduğunu da açıklar: insanın sezgisel örüntü tanıması ve bağlamsal çıkarımı, makinenin ölçeklenebilir hesaplama ve arama kapasitesiyle eşleştiğinde performans üst sınırı yükselir (Kasparov, 2017). Sonuç olarak, günümüzün en yetkin kuramsal yaklaşımları teknoloji–insan ilişkisini salt bir 'fonksiyon dağıtımı' meselesi olarak ele almak yerine; şeffaflık, uyarlanabilirlik ve etik hesap verebilirlik ilkeleri doğrultusunda yapılandırılan bir 'ortak bilişsel' sistem problemi olarak kavramsallaştırmaktadır (Parasuraman vd., 2000; Hollnagel & Woods, 2005; Shneiderman, 2022).

Bu sistemleri çalgı yapımı perspektifinde değerlendirecek olursak; bu üç model, çalgı tasarım ve yapım süreçlerinin gelecekte hibrit bir insan-makine zanaatkârlığına doğru evrileceğini gösterir. HITL, ustalık bilgisinin merkezi rolünü korur. HOTL, insan sezgisi

---

İnsan Gözetiminde (HOTL / Human-on-the-Loop) Yaklaşımı: Özerk Üretim + Lutiye Denetimi olarak ilişkilendirilebilir. Bu aşamada sistem belirli görevleri kendi başına yerine getirir, fakat lutiye genel akışı denetler ve sadece olağan dışı bir durumda müdahale eder. Örneğin robotik bir kolun akustik kasa içi rezonans boşluklarını oyması, 3B yazıcıların kapak kalınlığı değişkenlerini optimize ederek üretim yapması gibi süreçlerde sistem özerktir; fakat akustik sonuç beklenenden saparsa lutiye süreci durdurup parametreleri yeniden düzenleyebilir. Bu yaklaşım, diğer alanlarda yarı-otonom üretim ortamlarında giderek yaygınlaşmaktadır.

İnsanın Döngü Dışında Olduğu Durum (HOOTL / Human-out-of-the-Loop): Tam Otonom Çalgı Üretimi olarak ilişkilendirilebilir. Bu model çalgı tasarımı alanında henüz sınırlı olsa da geleceğe dair güçlü bir projeksiyon sunar. Algoritmalar; hedeflenen akustik yanıtı, gövde geometrisini, malzeme dağılımını ve titreşim topolojisini belirler; robotlar üretimi baştan sona yürütür. Lutiye sadece başlangıçta tasarım hedeflerini, sınır koşullarını ve malzeme tercihlerini tanımlar. İşleyişin geri kalanı tamamen otonomdur. Bu model, seri üretim ölçeğinde yüksek tekrarlanabilirlik ve maliyet verimliliği sağlasa da, zanaatkârlığın özünü oluşturan sezgisel ve yaratıcı dokunuşun korunabilmesi pek mümkün değildir.

ile otonom sistemlerin verimliliğini birleştirir. HOOTL ise ne yazık ki çalgı üretiminin bazı yönlerinin tamamen makineleşebileceği bir gelecek perspektifi sunar. Böyle bir çerçevede lutiye, "üreten kişi" rolünün ötesine geçerek veriyi yöneten, akustik hedefleri tanımlayan ve algoritmaları tasarım süreçlerine entegre eden bir üst-tasarımcı konumuna doğru evrilebilir. Bu ve bunun gibi modellerle zanaatkârın bedensel sezgisi ile hesaplamalı araçların rasyonel sistematiğini birleştiren birey, artık usta tanımının dar sınırlarını aşarak dijital üretim kültüründe bir 'ara yüz tasarımcısı' ve 'bilgi aracısı' konumuna geçmektedir. Bu açıdan insan tipografisi üzerinden tanımlanan bu gibi kurumsal modeller, post-zanaatkârlık bağlamında insan-teknoloji simbiyozunu temsil eden bir figür hâline gelir. Ancak HOOTL gibi insanın döngü dışında olduğu durumlarda ise maalesef insana özgü bir zanaatkarlık pratiğinden söz etmek mümkün değildir. Gelecekte robotların özgün düşünceye ve yaratıcı zekâya sahip olma ihtimali dikkate alındığında, insansız bir zanaatkârlık pratiğinin nasıl tanımlanacağı bambaşka bir tartışma konusu olacaktır.

Diğer yandan bu kuramsal modeller, insan-teknoloji iş birlikteliğini rasyonel iş bölümü, bilişsel verimlilik ve hata azaltımı ilkeleri üzerine kurmaları bakımından güçlüdür; ancak post-zanaatkârlık perspektifinden bakıldığında, bu modellerin sezgisel, bedensel ve kültürel bilgi biçimlerini yeterince temsil edemediği görülür. Zanaatkârlık salt üretimsel bir etkinlik olmanın ötesinde düşünmenin, sezmenin ve malzeme ile etik bir ilişki kurmanın pratiğidir (Sennett, 2013). Buna karşın, insan-merkezli yapay zekâ veya insan-otomasyon etkileşimi modelleri çoğu zaman insanı 'bilişsel kaynak' olarak tanımlar; sezgisel yargıyı, dokunsal deneyimi ve malzeme bilgisini ölçülebilir değişkenlere indirgeme eğilimindedir.

Post-zanaatkârlık çerçevesinde, insan-teknoloji ortaklığı tamamlayıcılıktan çok ‘ortak yaratım’ olarak yeniden düşünülmelidir. Zanaatkârın sezgisel bilgisi, otomasyon süreçlerine entegre edilmesi gereken bir veri formunun ötesinde sistemin etik ve estetik yönelimini belirleyen temel bileşendir. Hollnagel ve Woods’un (2005) ortak bilişsel sistem yaklaşımı bu anlamda önemli bir başlangıç noktası sunsa da, zanaatkârın bilgi formunu —bedensel deneyim, malzeme direnciyle etkileşim ve duygusal sezgi— bütünüyle açıklayamaz. Post-zanaatkâr üretim ortamlarında teknolojik araçlar, insan sezgisinin yerini almak yerine onu yansıtan, destekleyen ve genişleten araçlara dönüşmelidir. Aksi takdirde, verimlilik adına geliştirilen bu modeller, zanaatkârlığın özünü oluşturan süreç odaklı düşünme, yavaş üretim etiği ve yaratıcı belirsizlikle başa çıkma yetilerini gölgede bırakabilir.

Post-zanaatkâr üretim ortamlarında teknolojik araçlar, insan sezgisinin yerini almak yerine onu yansıtan, destekleyen ve genişleten araçlara dönüşmelidir. Aksi takdirde, verimlilik adına geliştirilen bu modeller, zanaatkârlığın özünü oluşturan süreç odaklı düşünme, yavaş üretim etiği ve yaratıcı belirsizlikle başa çıkma yetilerini gölgede bırakabilir.

Dolayısıyla post-zanaatkârlık yaklaşımı, teknoloji–insan etkileşimini salt bir görev paylaşımı ya da bilişsel optimizasyon ilişkisine indirgemez; üretimin her aşamasına nüfuz eden epistemolojik bir diyalog olarak yorumlar. Bu çerçevede insan sezgisi, teknolojik hesaplama ile sürekli bir karşılaşma ve yeniden konumlanma süreci yaşar; lutiye kimi zaman algoritmanın sunduğu olasılıkları sorgular, kimi zaman ise hesaplamalı sistem insan dokunuşunun yarattığı beklenmedik varyasyonları yeniden modellemek durumunda kalır. Böylece üretim alanı, dijital kesinlik

ile bedensel sezginin çatışmasından ziyade, birbirini karşılıklı olarak zenginleştirdiği dinamik bir müzakere zeminine dönüşür. Bu müzakere, üretim sürecini mekanik bir otomasyonun ötesine taşıyarak bilgi, etik duyarlık ve duyumsal deneyimin birlikte işlediği yeni bir post-zanaatkâr estetiği yaratır. Bu estetikte çalgının formu, hesaplamanın ötesine uzanan bir bütünlük içinde şekillenir; sezgisel bilgi, malzemenin dili ve direnci, ustanın bedensel hafızası, algoritmik parametrik olanaklar ve tüm bu bileşenlerin eşzamanlı etkileşimi formun belirleyici unsurlarını oluşturur. Sonuç olarak ortaya çıkan nesne, ne tamamen dijital bir ürün ne de bütünüyle geleneksel bir zanaat eseridir; her iki alanın da bilgisini, sezgisini ve kültürel yükünü taşıyan hibrit bir üretim varlığıdır.

8. Sonuç: Yenilikçi Yaklaşımlar ve Düşünsel Bir Geçiş Alanı

Bu çalışmada tartışılan yenilikçi lutiyelik yönelimleri, üretimi sadece teknik mükemmellik ya da "iyi enstrüman" idealiyle sınırlandırmayan, bunun ötesinde çalgı tasarımının sosyolojik, ekonomik, politik ve kültürel anlam üretim süreçleriyle kesişimlerini irdeleyen bir düşünsel çerçeve sunmaktadır. Post-zanaatkârlık paradigması, lutiyelikte üretim, malzeme ve ses arasındaki geleneksel hiyerarşileri sorgulayarak, zanaatkârlığın toplumsal ve estetik doğasının yeniden tanımlanabileceği yeni ilişkisel formlar önermekte ve alternatif bir düşünsel alan açmaktadır.

Bu çalışma, enstrüman yapımının tarihsel olarak beden, malzeme ve sezgi ekseninde gelişmiş zanaatkârlık formundan, hesaplamalı tasarımın çok katmanlı epistemolojilerine uzanan dönüşümünü bütüncül bir yaklaşımla incelemiştir. "Post-zanaatkârlık" ve "hesaplamalı lutiyelik" kavramları aracılığıyla, el emeğine dayalı geleneksel bilgi biçimlerinin dijital modelleme, parametrik tasarım ve açık kaynak üretim paradigmalarıyla nasıl yeniden yapılandığı ortaya konulur.

Bu bağlamda "Post-zanaatkârlık" ve "Hesaplamalı Lutiyelik" kavramları, enstrüman tasarımı ve yapımına yönelik düşünsel çerçeveyi dönüştürerek zanaatkârlık bilgisinin hesaplamalı uzantılarını yeni biçimlerde yorumlamaktadır. Bu yaklaşımlar, akustik davranışların model temelli optimizasyonu, kültürel ve estetik çeşitliliğin gözetilmesi, açık kaynaklı üretim topluluklarının oluşumu, etik inisiyatiflerin yaygınlaşması ve ekolojik duyarlılığın güçlendirilmesi gibi çok boyutlu perspektifleri bir araya getirmekte ve bütüncül bir üretim paradigması içinde birleştirmektedir.

Bu ve buna benzer teknolojilerin gelecekte çok daha yaygınlaşacağı ve daha fazla parametre üzerinde çalışılabilir hâle geleceği düşünüldüğünde, enstrüman tasarımı açısından son derece

geniş bir olanak alanı oluşmaktadır. Günümüzde ağırlıklı olarak elektronik ve dijital elektronik temelli işleyen bu yaklaşımlar, biyoteknolojik aşamaya evrildikçe organik malzeme üzerinde şekillenebilecek parametrelerin sayısı da artacaktır.

Bu olası dönüşüm, enstrüman tasarımında malzeme bilgisini ve üretim mantığını kökten etkileyebilir. Örneğin, biyoteknoloji ile geliştirilen organik yüzeylerin esneklik, yoğunluk, iletkenlik, titreşim davranışı veya kendi kendini onarma gibi özelliklerinin kontrol edilebilir hâle gelmesi; çalgı malzemesinin ses üretimindeki rolünü tamamen yeniden tanımlayabilir. Geleneksel zanaat pratiklerinin merkezinde yer alan malzeme duyarlılığı, bu kez biyolojik süreçlerin okunması, programlanması ve manipüle edilmesiyle birleşerek çok katmanlı bir tasarım ortamı yaratabilir.

Dolayısıyla gelecekteki enstrüman tasarımı, salt mekanik veya akustik prensiplerden ziyade; hücresel yapıların, biyolojik dokuların ve organik tepki mekanizmalarının da işin içine girdiği yeni bir yaratım alanına doğru genişleyebilir. Bu da çalgıyı, fiziksel ve canlı bir sistem gibi davranabilen, çevresel koşullara tepki verebilen ve gerektiğinde yapısal niteliklerini yeniden düzenleyebilen bir arayüz olarak düşünmeyi mümkün kılar. Bu çerçevede, biyoteknoloji ile dijital tasarımın kesiştiği bir gelecek, enstrüman yapımında radikal yeniliklerin habercisi olarak görülebilir.

Günümüzde ise lutiyelik pratikleri salt teknolojik araçların kullanımıyla sınırlı kalmayıp; zanaatkârlığın sezgisel karar yapıları, kültürel bağlamları ve estetik normlarını da dijital platformlarda yeniden tanımlayan bir düşünme biçimi haline gelmiştir. Bununla birlikte, dijitalleşme süreci, zanaatkârlığın bedensel deneyime dayalı bilgi rejimini dönüştürürken; bu bilgi biçimlerinin yerini yazılıma, algoritmik soyutlamaya ve ağ-tabanlı öğrenmeye bırakması, önemli bir epistemolojik kırılmaya işaret etmektedir.

Diğer yandan bu kitap çalışmasında, açık zanaatkârlık pratiklerinin demokratikleştirici potansiyeli vurgulanmakla birlikte, bu yapının postkolonyal eleştirilere açık yönleri de ortaya konmuştur. Özellikle Batı-merkezli normların "açık kültür" söylemi altında evrenselleştirilmesi, yerel zanaatkârlık pratiklerinin araçsallaştırılması ve yaratıcı emeğin anonimleşmesi gibi riskler, "post-zanaatkârlık" ve "hesaplamalı lutiyelik" kavramlarının salt birer teknik üretim alanları olmalarının ötesinde etik, sosyolojik ve kültürel boyutlarıyla da ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu noktada dijital medya ortamlarında gelişen yeni öğrenme, üretim ve paylaşım biçimleri, zanaatkârlığın pedagojik doğasını yeniden yapılandırmakta; bilgi, bedensel sezgiye dayalı kapalı bir aktarım hattından çıkarak çevrimiçi ortamda çoğaltılabilir içeriklerle dolaşıma giren bir yapıya dönüşmektedir.

Sonuç olarak bu kitaptaki yaklaşımlar, enstrüman yapımına ilişkin çağdaş epistemolojilerin; kolektif üretim, etik paylaşım, kültürel gönüllülük, yerel bilginin korunması ve ekolojik sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu meseleler üzerinden yeniden tanımlanması gerektiğini savunmaktadır. Post-zanaatkârlık ve hesaplamalı lutiyelik, salt bir üretim paradigması olmanın ötesinde, çağdaş bilgi sistemleriyle insan-teknoloji ilişkisini yeniden düşünmeye açan bir felsefi ve kültürel alan olarak değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, geleceğin zanaatkârı, sadece görsel görüngüler üzerine kurulu nitelikli üretim yapan bir birey olmanın ötesinde; düşünen, paylaşan, eleştiren ve dönüştüren bir özne olarak konumlanmaktadır.

Anahtar Kavramlar / Keywords

Açık Zanaatkârlık (Open Craftsmanship):

TR: Bilginin paylaşım, işbirliği ve şeffaflık ilkeleriyle yeniden üretildiği dijital zanaat kültürü. Ustalığın gizli bilgi alanından çıkmasını sağlar.

EN: A digital craft culture, grounded in openness, collaboration, and transparency, removes secrecy from craft expertise.

Akustik Simülasyon (Acoustic Simulation):

TR: FEM ve modal analiz kullanılarak gövde, kapak ve rezonans boşluklarının titreşim davranışlarının hesaplanması. Geleneksel "tap tuning" yöntemlerinin sayısallaştırılmış karşılığıdır.

EN: The computation of vibrational behaviour in instrument components using FEM and modal analysis functions is the digital analogue of traditional tap tuning.

Dijital Epistemoloji (Digital Epistemology):

TR: Dijital araçların bilginin üretimini, doğrulanmasını ve dolaşımını belirleyen temel zemin hâline gelmesi. Zanaatın "bilme" koşulları yeniden şekillenir.

EN: A paradigm in which digital tools define the creation, validation, and circulation of knowledge, reshaping what it means to "know" within craft.

Dijital Kolektiflik (Digital Collectivity):

TR: GitHub, Thingiverse, Prusa Printables, Hackaday gibi platformlarda gerçekleşen açık, topluluk temelli üretim ve paylaşım ağları.

EN: Community-driven production and sharing networks across platforms such as GitHub, Thingiverse, Prusa Printables, and Hackaday.

Dijital Modelleme (Digital Modeling):

TR: Enstrümanın geometrisinin CAD, NURBS ve parametrik yüzeyler gibi sayısal araçlarla temsil edilmesi. Bu temsil fiziksel üretimin önkoşulu hâline gelir.

EN: The representation of an instrument's geometry using digital tools such as CAD, NURBS, and parametric surfaces lays the foundation for physical fabrication.

DIWO (Do It With Others):

TR: "Başkalarıyla Birlikte Yap." Maker kültürü, açık kaynaklı üretim, paylaşım ekosistemleri ve topluluk temelli yaratıcı süreçlerde üretimin kolektif biçimde, yani bireyin yerine ağın ortak zekâsı ve katılımcı kapasitesiyle gerçekleşmesini ifade eder.

EN: *"Do It With Others."* A collaborative mode of making found in maker culture, open-source production, sharing ecosystems, and community-driven creative practices, where creation emerges not from the individual but from the collective intelligence and shared capacity of the network.

DITO (Do It Together):

TR: "Birlikte Yap." Üretimin yalnız bireyler arası işbirliğiyle değil, eşzamanlı, ortak karar alma süreçleri ve paylaşılmış sorumluluk yapılarıyla gerçekleştiği katılımcı üretim modeli. Maker kültüründe DIWO'nun daha bütünleşik bir versiyonu olarak görülür; topluluğun tasarım, üretim ve problem çözme süreçlerine aynı anda katılımını vurgular.

EN: “Do It Together.” A collaborative production model in which making occurs not only through cooperation among individuals but also through simultaneous, co-decision-making processes and shared structures of responsibility. Considered a more integrated form of DIWO within maker culture, it emphasizes collective, real-time participation in design, fabrication, and problem-solving.

Epistemolojik Dönüşüm (Epistemological Transformation):

TR: Zanaat bilgisinin sezgi merkezli, sözlü-görsel aktarım biçimlerinden çıkıp ölçülebilir, modellenebilir ve sayısal olarak aktarılabilir bir yapıya dönüşmesi. Bilginin doğası ve dolaşımı yeniden tanımlanır.

EN: The shift of craft knowledge from intuitive, oral, and visual transmission toward measurable, modelable, and digitally transferable forms.

Hesaplamalı Lutiyelik (Computational Luthiery):

TR: Enstrüman yapımında CAD, FEM, parametrik tasarım, akustik simülasyon, tersine mühendislik ve sayısal üretim süreçlerinin bütünleşik biçimde kullanılması. Lutiyeliği hesaplamalı bir araştırma alanına dönüştürür.

EN: The integrated use of CAD, FEM, parametric modeling, acoustic simulation, reverse engineering, and digital fabrication in instrument making.

Hibrit Lutiyelik (Hybrid Luthiery):

TR: Çalgı yapımını geleneksel zanaat bilgisini bilimsel, teknolojik ve kavramsal yaklaşımlarla birleştirerek disiplinlerarası bir tasarım alanı olarak yeniden tanımlayan çağdaş üretim modeli.

EN: A contemporary production model reframing instrument making as an interdisciplinary practice uniting traditional craft knowledge with scientific and technological innovation.

Hibrit Zanaat Öznesi (Hybrid Craftsperson):

TR: Fiziksel üretim becerisine, dijital analiz ve tasarım yetkinliğine sahip yeni zanaatkâr figürü.

EN: A craftsperson who combines physical making skills with digital design and analytical competencies.

Maker Kültürü (Maker Culture):

TR: DIY, DIWO ve açık kaynak tabanlı üretim modellerini benimseyen, deneysel ve topluluk temelli çağdaş üretim kültürü.

EN: A contemporary production culture emphasizing experimentation, open-source collaboration, DIY/DIWO practices, and community-based making.

Ontolojik Dönüşüm (Ontological Transformation):

TR: Zanaatkâr öznenin konumunun değişmesi; yalnızca üreten figürden düşünsel ve ağ içinde konumlanan bir özneye geçiş.

EN: The shift in the artisan's position from solely a producer to a figure who also thinks and exists within a network.

Parametrik Tasarım (Parametric Design):

TR: Enstrüman formunun değişkenler, bağıntılar ve algoritmalar aracılığıyla oluşturulması; formun ilişkisel ve hesaplamalı bir sistem olarak ele alınması.

EN: The creation of form through parameters, relationships, and algorithms, treating form as a relational computational system.

Post-Zanaatkârlık (Post-Craftsmanship):

TR: Geleneksel zanaatin sezgisel, bedensel ve kapalı aktarım biçimlerinden dijital, paylaşılabilir, hesaplamalı bir üretim paradigmasına geçişi açıklayan kavram.

EN: A concept describing the transition from intuitive, embodied, closed craft practices toward digital, sharable, and computational production paradigms.

Sayısal Üretim (Digital Fabrication / CAM / CNC / 3D Printing):

TR: CNC, lazer kesim, robotik frezeleme ve 3B baskı gibi teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu; nesnelerin dijital veri üzerinden bire bir üretimini mümkün kılar.

EN: The integration of CNC machining, laser cutting, robotic milling, and 3D printing into manufacturing enables objects to be fabricated directly from digital data.

Sezgisel Bilgi (Tacit Knowledge):

TR: Üretim sırasında beden ve duyular aracılığıyla edinilen, ifadesi zor, örtük bilgi biçimi. Dijital üretim süreçlerinde yeniden yorumlanabilir.

EN: Knowledge gained through bodily engagement and sensory experience is difficult to verbalise, and is often reinterpreted or partially modelled in digital environments.

Ses Heykeli (Sound Sculpture):

TR: Enstrüman ile heykel arasındaki sınırları eriten; nesnenin uzamsal ve akustik özelliklerini araştıran sanatsal pratik.

EN: An artistic practice dissolving the boundaries between sculpture and musical instrument while exploring spatial–acoustic qualities.

Tersine Mühendislik (Reverse Engineering):

TR: Var olan enstrümanların tarama teknolojileriyle sayısallaştırılması ve yüzey, hacim, titreşim gibi niteliklerinin yeniden üretilebilir hâle getirilmesi.

EN: The digitisation and reconstruction of instruments through scanning technologies enables the reproduction of surface, volume and vibrational properties.

Zanaatkârlık (Craftsmanship):

TR: Elle üretim, ustalık, deneyim ve malzeme bilgisine dayanan; yüksek düzeyde bireysel beceri gerektiren geleneksel üretim pratiğidir. Ürünün niteliği, ustanın kişisel mahareti ve malzemeyi işleme yetisiyle belirlenir.

EN: A traditional mode of making is grounded in manual skill, mastery, experience and material knowledge, requiring a high level of individual ability. The quality of the work depends on the maker’s personal proficiency and material handling skills.

Kaynakça

Aalto University. (t.y.). *Aalto Acoustics Lab*. Erişim tarihi: 7 Şubat 2025, https://www.aalto.fi/en/aalto-acoustics-lab

Açık, C. (2023). CNC laser processing performance of some wood species used in industrial product manufacturing. Maderas. Ciencia y Tecnología, 25, 33.

Adamson, G. (2007). *Thinking through craft*. Berg.

Ahmad, J., Dassiè, F., Frascella, S., Marchello, G., Cannella, F., & Traviglia, A. (2025). *Hands-Free Heritage: Automated 3D Scanning for Cultural Heritage Digitization*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.04781

Ames, M. G. (2019). The charisma machine: The life, death, and legacy of One Laptop per Child. MIT Press.

Amershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fourney, A., Nushi, B., Collisson, P., Suh, J., Iqbal, S., Bennett, P. N., Inkpen, K., Teevan, J., Kikin-Gil, R., & Horvitz, E. (2019). *Guidelines for Human-AI Interaction. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (ss. 1–13). ACM. https://doi.org/10.1145/3290605.3300233

Aniszewska, M., Maciak, A., & Zychowicz, W. (2020). *Infrared Laser Application to Wood Cutting*. *Materials*, *13*(22), 5222.

Anooja, J., & Kumar, V. (2025). *Elements of innovation: A review of literature on craft-design ecosystem.* Sustainable Futures, 9, 100670. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100670

Armitage, J., Morreale, F., & McPherson, A. (2017). *Crafting digital musical instruments: An approach from lutherie*. Proceedings

of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME).

Armitage, J., & McPherson, A. (2018). *The Half-Instrument Workshop: Reifying Digital Luthiery*. Proceedings of the International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI).

Armitage, J. (2018). Comparing Physical and Digital Craft in Instrument Design. Queen Mary University of London.

Atoui, T. (2021). The Reverse Collection [Project overview]. In Tarek Atoui: The Reverse Collection / The Reverse Sessions. Kurimanzutto & Tate Modern.

Ausiello, L., et al. (2024). *Affordable wide-band measurement ecosystem for musical instruments*. Acta Acustica, aacus230108. https://acta-acustica.edpsciences.org/articles/aacus/full_html/2024/01/aacus230108/aacus230108.html

Barzaghi, S., Bordignon, A., Gualandi, B., Heibi, I., Massari, A., Moretti, A., Peroni, S., & Renda, G. (2024). *A proposal for a FAIR management of 3D data in cultural heritage: The Aldrovandi Digital Twin case*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.02018

Batra, R., Kim, L., Mandel, I., Kwatra, A., Jane L. E., Jackson, S. J., & Roumen, T. (2025). *(De)composing Craft: An Elementary Grammar for Sharing Expertise in Craft Workflows*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2506.10891.

Bhagyalakshmi, R., & Anandaraju, M. B. (2025, Ocak). Machine Learning Approaches for Musical Instrument Recognition using Distinctive Audio Features. In 2025 International Conference on Intelligent Systems and Computational Networks (ICISCN) (ss. 1–6). IEEE.

Bögle, A. (2022). *Bridging Craft and Digital.* [E-book].

Brown, T. (2018). Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation. Harper Business.

Brezas, S. (2024). Review of manufacturing processes and vibro-acoustic behaviour of musical instruments. *Applied Sciences, 14*(6), 2293.

Galloup, B. (2022, Aralık 31). *B's Music Shop* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=vuSWxTko8Js

Burrell, J. (2012). *Producing the Internet and development: An ethnography of Internet cafe use in Accra, Ghana* (Doctoral dissertation). London School of Economics and Political Science.

Cadoz, C., Luciani, A., & Florens, J. L. (1984). Responsive input devices and sound synthesis by simulation of instrumental mechanisms: The CORDIS system. Computer Music Journal, 8(3), 60–73.

Catlow, R. (2008, March 12). *DIWO – Do It With Others resource*. Furtherfield. https://www.furtherfield.org/diwo-do-it-with-others-resource/ furtherfield.org

Catlow, R., & Garrett, M. (2012). DIWO: Do It With Others – No ecology without social ecology. S. Biggs (Ed.), *Remediating the social* (ss. 69–74). Electronic Literature as a Model for Creativity and Innovation in Practice (ELMCIP).

CDM. (2011, July 22). *The machine-augmented luthier: Robots helping make guitars at Plek Technology.* Create Digital Music. https://cdm.link/the-machine-augmented-luthier-robots-helping-make-guitars-at-plek-technology/

Chan, A. S. (2020). Data journalism, digital universalism and innovation in the periphery. J. Gray & L. Bounegru (Eds.), *The data*

journalism handbook 2: Towards a critical data practice (ss. 61–70). European Journalism Centre.

Christensen, P. J., Willemsen, S., & Serafin, S. (2021, Kasım). Applied Physical Modeling for Sound Synthesis: the Yaybahar. In *2nd Nordic Sound and Music Conference* (ss. 11-16). Nordic Sound and Music Computing. https://doi.org/10.5281/zenodo.5717860

Cillo, P., Brauchler, A., Gonzalez, S., Ziegler, P., Antonacci, F., Sarti, A., & Eberhard, P. (2024). Improving accuracy in parametric reduced-order models for classical guitars through data-driven discrepancy modeling. *Institute of Engineering and Computational Mechanics*, University of Stuttgart.

Coles, A. & Rossi, C. (2023). *Post-craft EP Vol. 3*. London: Sternberg Press.

Collins, N., Schedel, M., & Wilson, S. (2013). *Electronic Music.* Cambridge University Press.

Creative Commons. (2023). *About The Licenses.* Creative Commons. https://creativecommons.org/licenses/

Da Rocha, B. G., Spork, J., & Andersen, K. (2022, Şubat). Making Matters: Samples and Documentation in Digital Craftsmanship. In *TEI* (ss. 37-1).

De, A., & Lu, Z. (2024). *#PoetsOfInstagram: Navigating the practices and challenges of novice poets on Instagram* (arXiv preprint arXiv:2402.19347). https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.19347

Değirmenli, E. (2018). Türk Müziği Çalgılarından ‘Ud’da Ses Oluşumunun İncelenmesi ve Telli Çalgıların Ses Karakteri Açısından Tasarımlarının Belirlenmesine Dair Yöntem

Önerisi. (*Doktora Tezi) Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara*.

Doğan, E. T. (2012). Zanaatkârlığın Günümüzde Yeniden Yorumlanması: Yeni Zanaatkârlık mı? *Çalışma İlişkileri Dergisi*, *3*(1), 67-85.

Dormer, P. (1994). The art of the maker: Skill and its meaning in art, craft and design. Thames & Hudson.

Dover, N. (2017). Embracıng the dıgıtal to the hand made: Bridging digital technology with glassblowing moulds crafting methods [Master Thesis]. Erişim: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:konstfack:diva-5852

Ege, K., & Boutillon, X. (2012). Synthetic description of the piano soundboard mechanical mobility. *arXiv preprint arXiv:1210.5688*.

Ellingson, L. L. (2008). Embodied knowledge. In L. M. Given (Ed.), *The SAGE Encyclopedia of Qualitative Research Methods* (ss. 244–245). Sage.

Emadian, S. M., Onay, T. T., & Demirel, B. (2017). Biodegradation of bioplastics in natural environments. *Waste Management, 59*, 526–536. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.006

European Acoustics Association. (t.y.). *Technical Committee for Musical Acoustics (TC-MA)*. Erişim tarihi: 7 Şubat 2025, https://euracoustics.org/technical-committees/musical-acoustics/

European Commission. (2016–2019). *Doing It Together Science (DITOs)* (Horizon 2020 Project No. 709443). CORDIS. https://cordis.europa.eu/project/id/709443

FAIR Veri. (t.y.). *FAIR veri prensipleri*. https://www.fairveri.com/principles

Fitts, P. M. (1951). Human Engineering for an Effective Air-Navigation and Traffic-Control System. National Research Council.

Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: An exploratory study of the advantages and challenges. Journal of Cleaner Production, 137, 1573–1587. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150

Furtherfield. (2008, December 3). *DIWO – Do It With Others Resource.* https://www.furtherfield.org/diwo-do-it-with-others-resource/

Freeman, D. (1998). OHSpec: The Open Hardware Specification Project.

Garrett, M. (2013). DIWO (Do-It-With-Others): Artistic co-creation as a decentralized method of peer empowerment in today's multitude. SEAD Network White Paper.

Gershenfeld, N. (2005). Fab: The coming revolution on your desktop—from personal computers to personal fabrication. Basic Books.

Ghomi, E. R., Khosravi, F., Ardahaei, A. S., Dai, Y., Neisiany, R. E., Foroughi, F., Wu, M., Das, O., & Ramakrishna, S. (2021). The life cycle assessment for polylactic acid (PLA) to make it a low-carbon material. *Polymers, 13*(11), 1854. https://doi.org/10.3390/polym13111854

Gibb, A. (2010). New Media Art, Design and the Arduino Microcontroller: A Malleable Tool. *Leonardo*, *43*(3), 248–249.

Gonzalez, S., Salvi, D., Baeza, D., Antonacci, F., & Sarti, A. (2021). A data-driven approach to violin making. *Scientific Reports, 11*, 9455. https://doi.org/10.1038/s41598-021-88931-z

Goto, S. (2006, March 4–5). *RoboticMusic at AV Festival 06* [Performance]. The Sage Gateshead, Newcastle, England. https://www.youtube.com/watch?v=J9OGcwWsS2I

Goto, S., & Powell, R. (2009). netBody: Augmented Body and Virtual Body II. In *Proceedings of the 9th International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (ss. 90–95).

Guest, D. (1991). The hunt is on for the Renaissance Man of computing. *The Independent*, September 17.

Guitars for Africa. (2023). *About us.* Retrieved October 28, 2025, from https://www.guitarsforafrica.com

Gürsoy, D. (2017). Ahilik Teşkilatı ve Ekonomik Etkileri. İBB Yayınları.

Haider, T. P., Völker, C., Kramm, J., Landfester, K., & Wurm, F. R. (2019). Plastics of the future? The impact of biodegradable polymers on the environment and on society. Angewandte Chemie International Edition, 58(1), 50–62. https://doi.org/10.1002/anie.201805766

Helmholtz, H. L. F. (1877). On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music. Longmans, Green, and Co.

Hollnagel, E., & Woods, D. D. (2005). Joint Cognitive Systems: Foundations of Cognitive Systems Engineering. CRC Press.

Holmes, K., McLean, R., & Hagan-Green, G. (2012). Crafting a future online: A study of how independent craftspeople

adopt social media and web technologies. *Journal of Systems and Information Technology, 14*(2), 142–154. https://doi.org/10.1108/13287261211232162

Hova Labs. (2016). *The Hovalin project*. https://www.hovalin.com

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild.* MIT Press.

Ingold, T. (2013). Making: Anthropology, archaeology, art and architecture. Routledge.

Interspecifics. (2020). *Open source instruments for microbial signal transduction*. https://interspecifics.cc/projects/biosignal-instruments

Instruments Lab. (t.y.). *Craft & fabrication*. Instruments Lab. https://instrumentslab.org/research/craft.html

Irani, L. (2015). Hackathons and the making of entrepreneurial citizenship. *Science, Technology, & Human Values, 40*(5), 799–824.

Irani, L., Vertesi, J., Dourish, P., Philip, K., & Grinter, R. (2010). Postcolonial computing: A lens on design and development. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (ss. 1311–1320). ACM.

Iseringhausen, J., Weinmann, M., Huang, W., & Hullin, M. B. (2019). *Computational parquetry: Fabricated style transfer with wood pixels*. arXiv. https://arxiv.org/abs/1904.04769

Jacobs, J., Mellis, D., Zoran, A., Torres, C., Brandt, J., & Tanenbaum, T. J. (2016). Digital craftsmanship: HCI takes on technology as an expressive medium. In *Proceedings of the 2016 ACM Conference Companion Publication on Designing Interactive*

Systems (DIS '16 Companion) (ss. 57–60). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2908805.2913018

Jensenius, A. R., & Lyons, M. J. (Eds.). (2017). *A NIME reader: Fifteen years of new interfaces for musical expression*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47214-0

Jiang, B., Jiao, H., Guo, X., Chen, X., & Li, Y. (2023). *Lignin-Based Materials for Additive Manufacturing. Polymers.* https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10037990/

Johnson, M. (1989). Embodied Knowledge. *Curriculum Inquiry*, *19*(4), 361–377. https://doi.org/10.1080/03626784.1989.11075338

Johnston, D. L. (1978). Scientists become managers – The "T"-shaped man. IEEE Engineering Management Review, 6(3), 67–68. https://doi.org/10.1109/emr.1978.4306682

Kantaros, A., & Diegel, O. (2018). 3D printing technology in musical instrument research: reviewing the potential. *Rapid prototyping journal*, *24*(9), 1511-1523.

Kapur, A. (2005). A history of robotic musical instruments. In Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC). University of Victoria.

Kaselouris, E., Bakarezos, M., Tatarakis, M., Papadogiannis, N. A., & Dimitriou, V. (2022). A Review of Finite Element Studies in String Musical Instruments. *Acoustics*, *4*(1), 183-202. https://doi.org/10.3390/acoustics4010012

Kasparov, G. (2017). Deep Thinking: Where Machine Intelligence Ends and Human Creativity Begins. PublicAffairs.

Kelty, C. M. (2008). Two bits: The cultural significance of free software. Duke University Press.

Kim, J., Agrawala, M., & Bernstein, M. S. (2016). *Mosaic: Designing online creative communities for sharing works-in-progress*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1611.02666

Krimpenis, A. A., & Chrysikos, M. (2019). 3D parametric design and CNC manufacturing of custom solid wood electric guitars using CAD/CAM technology. *Wood Material Science & Engineering, 14*(2), 66–80. https://doi.org/10.1080/17480272.2017.1379035

Kuznetsov, S., & Paulos, E. (2010). "Rise of the Expert Amateur: DIY Projects, Communities, and Cultures." *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 295–304.

Lamm, M. E. (2020). Material Extrusion Additive Manufacturing of Wood and Lignocellulosic-Based Materials: A Review. Europe PMC. https://europepmc.org/article/pmc/pmc7569778

Le Goff, J. (1996). *History and Memory.* Columbia University Press.

Lim, A., Ogata, T., & Okuno, H. G. (2012). Towards expressive musical robots: A cross-modal framework for emotional gesture, voice and music. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing, 2012*(3), 3–12. https://doi.org/10.1186/1687-4722-2012-3

Luening, O. (1964). An Introduction to the History of Experimental Music in the Nineteenth Century. Journal of Music Theory, 8(1), 89–101.

Luthiers for a Cause. (2024). *About the project.* Erişim tarihi: 28 Kasım 2025, https://www.luthiersforacause.org

Luthiers Sans Frontières. (2020). *About us*. http://www.lsf-uk.org/

Luthiers Sans Frontières USA. (2023). *Our missions.* Erişim tarihi: 28 Kasım 2025, https://www.lsfusa.org

McColl, D., Hong, A., Hatakeyama, N., Nejat, G., & Benhabib, B. (2016). A survey of autonomous human affect detection methods for social robots engaged in natural HRI. *Journal of Intelligent & Robotic Systems, 82*, 101–133. https://doi.org/10.1007/s10846-015-0259-2

Machover, T. (2025, Nisan 20). *Hyperinstruments*. *Wikipedia*. Erişim tarihi: 6 Haziran 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Hyperinstruments

Mangrum, M. B. (1969). *A History of Brass Instruments* (Doctoral dissertation) Ouachita Baptist University.

Mazza, C. (2006). *Nike Blanket Petition*. microRevolt. Erişim: https://en.wikipedia.org/wiki/Cat_Mazza

Murphy, J., & McVay, R. (2013). *Designing and building expressive robotic guitars.* NIME Proceedings. nime.org

Mutable Instruments. (2015). *Open source synthesizers*. https://mutable-instruments.net

Nicoletti, G. (2023). Mastering the sound of the acoustic guitar: Tulius Guitar.

Noreland, D., Kergomard, J., Laloë, F., Vergez, C., Guillemain, P., & Guilloteau, A. (2013). The logical clarinet:

numerical optimization of the geometry of woodwind instruments. *Acta Acustica united with Acustica*, *99*(4), 615-628.

Ocula. (2021). *Tarek Atoui's Sonic Environments*. https://ocula.com/magazine/conversations/tarek-atouis-sonic-environments/

OECD. (2019). OECD Learning Compass 2030: A Series of Concept Notes. OECD Publishing.

Ogden, C. (2012, December 30). *Do It Together (DIT)*. Interaction Institute for Social Change. https://interactioninstitute.org/do-it-together-dit/

Olympias Music Foundation. (2024). *The Recycled Orchestra.* Erişim: 28 Kasım 2025, https://www.olympiasmusic.com/the-recycled-orchestra

Open Design Foundation. (t.y.). *Open Design Foundation*. https://web.archive.org/web/20160522102136/http://www.opendesign.org/

OpenHardware.org. (1998, November). The Open Hardware Certification Program.

Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A, 30*(3), 286–297. https://doi.org/10.1109/3468.844354

Perens, B. (1997). Announcing: The Open Hardware Certification Program. *Debian Announce List*. https://lists.debian.org/debian-announce/1997/msg00000.html

Perez Trozzi, G. (2025, July 22). Navigating the loop: HITL → HOTL → HOOTL in autonomous networks. Iquall Innovation

Labs. Erişim: https://iquall.net/insights/navigating-the-loop-hitl-hotl-hootl-in-autonomous-networks/

Pluta, M. J., Tokarczyk, D., & Wiciak, J. (2022). Application of a musical robot for adjusting guitar string re-excitation parameters in sound synthesis. *Applied Sciences, 12*(3), 1659. https://doi.org/10.3390/app12031659

Polanyi, M. (1966). *The tacit dimension*. Routledge & Kegan Paul.

Politecnico di Milano. (t.y.). *Musical Acoustics Research Laboratory*. Erişim Tarihi: 7 Şubat 2025, https://www.polo-cremona.polimi.it/en/research/research-laboratories/musical-acoustics-research-laboratory

Pye, D. (1968). *The nature and aesthetics of design*. Oxford University Press.

Ratto, M., & Boler, M. (Eds.). (2014). DIY Citizenship: Critical Making and Social Media. The MIT Press, 10, 2.

Remondino, F. (2011). Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. Remote Sensing, 3(6), 1104–1138. https://doi.org/10.3390/rs3061104

Salvi, D., Gonzalez, S., Antonacci, F., & Sarti, A. (2021). Parametric optimization of violin top plates using machine learning. *arXiv preprint* arXiv:2102.07133.

Savan, J., & Simian, R. (2014). CAD modelling and 3D printing for musical instrument research – The Renaissance cornett as a case study.

Schleske, M. (2002). *Empirical tools in contemporary violin making*. Schleske Master Studio Publications.

Schleske, M. (2004). Tonal Copying of Violins by Means of Modal Analysis. Schleske Master Studio.

Sennett, R. (2013). Zanaatkâr (M. Pakdemir, Çev.). İstanbul: Ayrıntı Yayınları.

Shankar, S., Bryde, P., & Mahadevan, L. (2022). Geometric control of topological dynamics in a singing saw. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 119*(17), e2117241119. https://doi.org/10.1073/pnas.2117241119

Shiloh, M., & Banzi, M. (2014). *Make: Getting started with Arduino*. Maker Media, Incorporated.

Shneiderman, B. (2022). *Human-Centered AI.* Oxford University Press.

Siminoff, R. H. (2007). The Art of Tap Tuning: How to Build Great Sound Into Instruments. Hal Leonard.

Smith, J. O. (1992). Physical modeling using digital waveguides. Computer Music Journal, *16*(4), 74–91.

Stary, C. (2015). Towards Digital Craftsmanship. In Proceedings of the 11th International Conference on Knowledge Management (ss. 271-280).

Suguru Gotō. (2025). *Suguru Goto* [Wikipedia]. Erişim: https://en.wikipedia.org/wiki/Suguru_Goto

Swift, E. & Bosworth, L., with Creese, D., Morris, G., Pudsey, A., Richardson, J., Stoner, J., Walker, F., & Wright, G. (2021). *Creation of functional replica Roman and Late Antique musical instruments through 3D scanning and printing technology, and their use in research and museum education. Internet Archaeology*, 56, 1–18. https://doi.org/10.11141/ia.56.1

Sync Modular. (t.y.). *About Sync Modular*. Erişim tarihi: 6 Haziran 2025, https://www.sync-modular.org/index.php?page=About

Tanaka, A. (2000). Musical performance practice on sensor-based instruments. M. M. Wanderley & M. Battier (Eds.), *Trends in Gestural Control of Music* (ss. 389–405).

Tarhan, U. (2017). *T-İnsan: Yeni nesil birey ve yeni dünya*. İstanbul: Optimist Yayınları.

Tele Tunes. (2025). *Tele Tunes – 3D-Printable Flutes.* Erişim tarihi: 27 Kasım 2025, https://3dprintableflutes.com

Treadaway, C. (2007). Digital crafting and crafting the digital. *The Design Journal*, *10*(2), 35-48.Willems, T. (2018). "The Meaning of Craftsmanship in a Digital Age: A Possibility for Digital Crafts." *Journal of Craft, 10*(1), 7–22.

Turan, Ö. (2024). Kavramsal sanat paradigmasında çalgı yapım; lutiyeliğin postmodern duysal tasarım alanlarına dönüştürücü izdüşümleri [Doktora Tezi, Ankara Müzik ve Güzel Sanatlar Üniversitesi].

Turan, Ö. (2024b). 21. yüzyıl enstrüman tasarım ve yapım pratiklerinde yeni bir yaklaşım önerisi; hibrit lutiyelik. Çevrim-içi *Journal of Music Sciences, 9*(1), 365-387. https://doi.org/10.31811/ojomus.1435966

University of Oxford. (2023). *Plastic Fantastic Project Uses 3D Printing Technology to Replicate Fragile Musical Instruments.* Department of Engineering Science. https://eng.ox.ac.uk/case-studies/plastic-fantastic-project-uses-3d-printing-technology-to-replicate-fragile-musical-instruments/

Upton, E., & Halfacree, G. (2016). *Raspberry Pi user guide*. John Wiley & Sons.

Vannucci, E. (2021). Digital craftsmanship: practitioners' principles and their significance for defining a community of practice. University of Northumbria at Newcastle (United Kingdom).

Várady, T., Martin, R. R., & Cox, J. (1997). *Reverse Engineering of Geometric Models — An Introduction. Computer-Aided Design*, 29(4), 255–268. https://doi.org/10.1016/S0010-4485(96)00054-1

Vear, C., & Benerradi, J. (2024). *Jess+: Designing embodied AI for interactive music-making* (arXiv preprint arXiv:2412.06469). https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.06469

Vilhunen, K., & Väänänen, N. (2024). Different ways to craft and use social media in crafting. *Leisure Studies,* 1–15. https://doi.org/10.1080/02614367.2024.2357793

Violin Society of America. (t.y.). *VSA Papers & Research*. Erişim tarihi: 4 Aralık 2025, https://vsaweb.org

Waddle, J. R. (2010). *The Progress of Progress: A century after The Strad published its first article on the Stradivari 'Betts' violin*. John Waddle Violins. https://waddleviolins.com/accelsite/media/5646/The%20Progress%20of%20Progress.pdf

Wang, H., Howison, T., Hughes, J., Abdulali, A., & Iida, F. (2022). Data-driven simulation framework for expressive piano playing by anthropomorphic hand with variable passive properties. In *2022 IEEE 5th International Conference on Soft Robotics (RoboSoft)* (ss. 300–305). IEEE. https://doi.org/10.1109/RoboSoft54090.2022.9762154

Wang, H., Zhang, X., & Iida, F. (2024). Human-robot cooperative piano playing with learning-based real-time music accompaniment. *IEEE Transactions on Robotics, 40*, 4650–4669. https://doi.org/10.1109/TRO.2024.3484633

Wang, H., Hughes, J., Nonaka, T., Abdulali, A., Lalitharatne, T. D., & Iida, F. (2025). *Editorial: AI-powered musical and entertainment robotics. Frontiers in Robotics and AI, 12*, 1572828. https://doi.org/10.3389/frobt.2025.1572828

Walter-Herrmann, J., & Büching, C. (Eds.). (2013). *FabLabs: Of machines, makers and inventors*. Transcript Verlag.

Wheeldon, D. (2024). 3D digital technologies for studying historical musical instruments. Journal of Musicological Research, 43(2–3), 197–221. https://doi.org/10.1080/01411896.2024.2376943

Yamaha Corporation. (t.y.a). *AI Sound Synthesis Technology*. Erişim: https://www.yamaha.com/en/tech-design/research/technologies/aisynth/

Yamaha Corporation. (t.y.b). *AI Music Ensemble Technology (MUENS)*. Erişim: https://www.yamaha.com/en/tech-design/research/technologies/muens/

Yamaha Corporation. (t.y.c). *Project YOO—New values: Duet with YOO*. Erişim: https://www.yamaha.com/en/stories/new-values/duetwithyoo/

Ye, H., He, Y., Li, H., You, T., & Xu, F. (2023). 3D-Printed Polylactic Acid/Lignin Films with Great Mechanical and Functional Properties. *Polymers*, 15(13), 2806. https://doi.org/10.3390/polym15132806

Yu, F., Li, P., Shen, H., Mathur, S., Lehr, C.-M., Bakowsky, U., & Mücklich, F. (2005, May 1). Laser interference lithography as a new and efficient technique for micropatterning of biopolymer

surface. *Biomaterials, 26*(15), 2307–2312. https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2004.07.021

Zabulis, X., Nikolaos, P., Manikaki, V., Demeridou, I., Dubois, A., Moreno, I., ... & Senteri, G. (2025). A Digitally Enhanced Ethnography for Craft Action and Process Understanding. *Applied Sciences*, *15*(10), 5408.

Zaidi, S. A. S., Kwan, C. E., Mohan, D., Harun, S., Luthfi, A. A. I., & Sajab, M. S. (2023). Evaluating the Stability of PLA–Lignin Filament Produced by Bench-Top Extruder for Sustainable 3D Printing. *Materials*, *16*(5), 1793. https://doi.org/10.3390/ma16051793

Zapf, M. (2023). Post-craft. *Journal of Design History, 36*(2), 209-210.

Zhang, E., Gupta, G., Greif, C., & Paplinski, A. (2019, October 11). An efficient modal-based approach towards guzheng sound synthesis [Preprint]. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.05447

Zygmuntowicz, S. (2022, Haziran 3). *Strad3D Revisited* [Seminar]. Violin Society of America. https://www.youtube.com/watch?v=AOqZeVQ_1Aw

Kısa Özgeçmiş

Özgür Turan, ilk atölye çalışmalarına 1999 yılında başladı. Uzun yıllar boyunca kişisel atölyesinde geleneksel ve deneysel enstrüman yapımı üzerine çalışarak çok sayıda projeyi hayata geçirdi. 2016 yılında Anadolu Üniversitesi Devlet Konservatuvarı Çalgı Yapım Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak akademik kariyerine başladı. 2017–2024 yılları arasında Prof. Dr. H. Alper Maral danışmanlığında, *sound art* ve enstrüman yapımını disiplinlerarası bir perspektifle ele alan "Zaman, Mekân İlişkisi ve Müziğin Plastisitesi Bağlamında Ses Heykelleri Kavramı: Başat Yapıtlar ve Temel Önermeler Üzerinden Bir Yeni Değerlendirme" başlıklı yüksek lisans tezini ve "Kavramsal Sanat Paradigmasında Çalgı Yapımı: Lutiyeliğin Postmodern Duysal Tasarım Alanlarına Dönüştürücü İzdüşümleri" başlıklı doktora tezini tamamladı. Hâlen enstrüman tasarımı ve yapımı, deneysel lutiyelik, ses heykelleri, organoloji ve müzik–kültür ilişkileri odağında akademik ve sanatsal çalışmalarını sürdürmekte; Anadolu Üniversitesi Devlet Konservatuvarı Çalgı Yapımı ve Onarımı Bölümü'nde öğretim üyesi ve bölüm başkanı olarak görev yapmaktadır.

Bu kitap, lutiyeliği geçmişle sınırlı bir ustalık alanı olmaktan ziyade, dönüşen bir düşün ve üretim pratiği olarak ele alır. El emeğini romantize eden nostaljik anlatılara da, teknolojiyi araçsallaştıran indirgemeci yaklaşımlara da mesafeli durur. Bunun yerine, sezgi ile algoritmanın, bedenle verinin, yerel bilgiyle küresel ağların karşılaşma alanını görünür kılar.

"Post-zanaatkârlık" ve "hesaplamalı lutiyelik" kavramları, kitap boyunca birer teknik eğilim olmanın ötesinde; üretimin anlamını yeniden müzakere eden düşünsel alanlar olarak konumlandırılır. Dijital modelleme, akustik simülasyon, açık kaynak kültürü ve yapay zekâ; ustalığın yerine geçen teknolojik unsurlar olmaktan öte, onu dönüştüren ve genişleten imkânlar olarak değerlendirilir.

Bu çalışma, lutiye öznesini elin tekrarlayan motor hareketlerinden ibaret bir figür olmaktan çıkararak; düşünen, sorgulayan, hesaplayan ve paylaşan bir üretim aktörü olarak yeniden tanımlar. Lutiyeliğin geleceği, bu kitapta düşünsel bir alan olarak yeniden inşa edilir; çalgı yapımı ise salt nesnel bir üretim faaliyeti olmaktan çıkarılarak etik, epistemik ve kültürel bir eylem alanı olarak yeniden düşünülmeye davet edilir.

ISBN: 978-625-372-859-5