



MODA ALANINDA 3 BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİ KULLANIMI

Dilan Ezgi DÜZGÜN^{a*}, Kerim ÇETİNKAYA^a

a. Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Karabük/ TÜRKİYE,

* Sorumlu Yazar: dilan.duzgun1@gmail.com

ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte içinde bulunduğumuz varsayılan 4. Sanayi (Endüstri 4.0) devriminin bir parçası olan üç boyutlu (3B) yazıcılar, çağımızın en önemli teknolojilerinden biridir. 3B yazıcılar bir diğer adıyla eklemeli imalat (Eİ); üç boyutlu katı nesnelerin oluşturulduğu bir üretim sürecidir. Baskısı yapılacak parçaya göre kullanılan belirli bir malzemenin katman katman eklenerek üretim yapılması anlamına gelir. 3B baskı teknolojileri, üretilen ürünleri kişiselleştirme olanağı sunmaktadır. Kişisel üretim imkanı ile kullanıcılar kendi tasarımlarını üretebilmekte, üstelik bu tasarımlara hızlı ve uygun maliyette sahip olabilmektedir. Geleceğin teknolojisi olarak görülen 3B yazıcılar teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmak istemeyen çoğu üreticiler sayesinde kendisine sayısız alanda yer bulmaktadır. Kişisel üretim ve özgür tasarım imkanları sayesinde 3B baskı teknolojileri ile moda ve tasarım birleşmekte, 3B yazıcılar adım attığı moda sektöründe yerini sağlamlaştırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: 3B baskı teknolojileri, Moda ve Tasarım, Dijital Endüstri, Kişisel Üretim

FASHION AND 3D PRINTING TECHNOLOGIES

ABSTRACT

Three-dimensional (3D) printers, which are part of the 4th Industry (Industry 4.0) revolution that we have come up with developing technology, are one of the most important technologies of our time. 3D printers are also called additive manufacturing (AM); is a production process in which three-dimensional solid objects are created. This means that a particular material used according to the article to be printed is produced by adding a layer by layer. 3D printing technology offers the possibility to customize the products manufactured. With the possibility of personal production, users can produce their own designs, and they can have these designs quickly and cost-effectively. 3D printers, seen as the technology of the future, find themselves in numerous places thanks to many producers who do not want to lag behind technological developments. Because of personal production and flexible design possibilities, fashion and design combine with 3D printing technologies, and 3D printers consolidate their position in the fashion sector.

Keywords: 3D printing Technologies, Fashion and Design, Digital Industry, Personal Production

1. GİRİŞ

Yapılan bilimsel çalışmalar ve teknolojik gelişmeler pek çok yeniliği de beraberinde getirmektedir. Hayal gücümüzü zorlayan ve ürünleri çok daha kaliteli bir şekilde üretmeye yardımcı olan eklemeli imalat, yaygın adıyla üç boyutlu (3B) yazıcılar, geleceğin önemli teknolojileri arasında gösterilmektedir. Üç boyutlu baskı teknolojilerinin geleceği nasıl şekillendireceği sorusu büyük merak uyandırmakta, bu da üç boyutlu yazıcılara duyulan ilgiyi arttırmaktadır. Geleceğin teknolojileri arasında başı çeken üç boyutlu yazıcılar istenilen objeleri hızlıca ve düşük maliyetli bir şekilde basmaktadır. Ürün üretimindeki

kolaylığı ve tasarım alanındaki özgürlüğü sayesinde üç boyutlu baskı teknolojileri çok daha geniş alanlara hitap etmektedir. Çoğu sektör üç boyutlu baskı teknolojilerindeki yenilikleri yakından takip etmekte ve 3B yazıcılar ile çalışmalar yapmaktadır. Malzeme olarak çoğunlukla plastik ve metal başı çekse de üç boyutlu yazıcılarda basılacak parçaya göre seçilen malzeme ve baskı türü değişiklik göstermektedir. Tasarım ve üretim dünyasına yeni bir soluk getiren ve değiştirmeyi hedefleyen üç boyutlu baskı teknolojileri ile her türlü üretimsel ihtiyaç kişisel hale getirilebilir. Yazıcılardan çıkarılabilecek kişisel tasarım ürünler de herkesin kendi kişisel tasarımcısı olmasına imkan sağlamaktadır. Basit tasarımların yanı sıra üç boyutlu yazıcılar sayesinde çok daha zor ve kompleks objeler de üretilebilmektedir. Geleceğin teknolojisi olduğu düşünülen üç boyutlu yazıcılar, üretilmek istenilen bir parçayı bilgisayar ortamında modelleyerek somut nesnelere çevirmektedir [1]. Eklemeli imalat, yaygın adıyla üç boyutlu (3B) yazıcılar, parçaların üç boyutlu geometrik model verilerini kullanarak malzemelerin katmanlar halinde üst üste eklenmesiyle, çeşitli geometrilere sahip parçaların hızlı bir şekilde üretimini gerçekleştiren bir imalat tekniğidir. Başka bir deyişle üzerinde durulan nokta hayal edilen ya da ihtiyaç duyulan objeleri bilgisayar ortamında tasarlayarak hızlı bir şekilde oluşturmaktır. Profesyonel olarak eklemeli imalat ile uğraşan uzmanlar ve mühendisler, üç boyutlu yazıcıyı kullanmak isteyen müşterilerin fikirlerini test etmelerine ve geliştirme süreci boyunca geri bildirim sağlamasına olanak tanıyıp, çözümler geliştiren bu süreci tamamlamak için hızlı prototip (HP) oluşturma terimini kullanır. Kısacası bu teknolojilerin temel ilkesi eklemeli imalat (Eİ) olarak adlandırılır; bu başlangıçta üç boyutlu bilgisayar destekli tasarım (3B BDT) sistemi kullanılarak oluşturulan bir modelin bir süreç planlaması olmadan, doğrudan üretilebileceği anlamına gelir [2].

2. EKLEMELİ İMALAT (3 BOYUTLU) BASKI TEKNOLOJİLERİ:

3B yapıları ve nesnelere oluşturmak için geliştirilen farklı 3B baskı yöntemleri vardır. Bazı yöntemler günümüzde çok popüler olup diğer yöntemleri domine etmiştir. En yaygın 3B baskı (eklemeli imalat) yöntemleri; Stereolithografi (SLA), Seçici Lazer Sinterleme (SLS), Seçici Lazer Ergitme (SLM), Polyjet (Çok Jetli Modelleme), Katman Birikimli Modelleme (FDM) olarak ele alınabilir [3]. İmalatı yapılacak olan üç boyutlu model ilk olarak eklemeli imalat standart arabirimi olan STL dosyasına dönüştürülür. Daha sonra hata kontrolü ve onarımı, tablaya yerleşim yönü gibi bazı ön işlemlere tabi tutulur. Ön işlemler sonrası 3B model dilimleme yöntemi kullanılarak 2B katmanlara ayrılır. STL uzantılı dosya daha sonra bir katmandaki dilimleme yazılımı ile girilen 3B modelinin 3B kopyalarını yazdırmak için 2B yatay kesitler hakkında bilgi içeren bir G kodu dosyasına dönüştürülür. G kodu; 3B yazıcıya koordinat düzleminde hangi rotayı, hangi hızla izlemesi gerektiği gibi, yazıcının 3B baskı yapabilmesi için anlayacağı sayısal bir programlama diliyle bilgi aktarır [4]. İmalat makinaları tarafından dilimlenerek elde edilmiş 2B geometrik veriler kullanılarak katman katman imalat işlemi gerçekleştirilir [5].

3. DİJİTAL ENDÜSTRİ VE UYGULAMA ALANLARI

Dijital endüstri ya da bilinen bir diğer adıyla Endüstri 4.0, sanayi devriminin dördüncü jenerasyonu olarak nitelendirilmektedir. Endüstri 4.0 ile nesnelere interneti, internetin hizmetleri ve siber- fiziksel sistemler gibi kavramlar hayatımıza girmiştir. Dördüncü sanayi devrimine gelene kadar tarihsel süreç; 1784 yılından itibaren su ve buhar kuvvetinin kullanımı ile çalışan mekanik sistemler ile birinci sanayi devrimi, 1870 yılından itibaren elektrik enerjisinin kullanımı ve seri üretime geçişle ikinci sanayi devrimi, 1969 yılından itibaren elektronik ve bilişim teknolojilerinin (BT) kullanılması ile üçüncü sanayi devrimi, 2011 yılından itibaren sanal ve fiziksel sistemlerin kullanımı ile dördüncü sanayi devrimi gerçekleşmiştir [6]. Nesnelere interneti, hizmetlerin interneti ve siber- fiziksel sistemler kavramları, Endüstri 4.0'ı oluşturan kavramlardır. Endüstri 4.0 ile; modüler yapıları akıllı fabrikalar kapsamında, fiziksel işlemleri siber- fiziksel sistemlerle izlemek, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturmak ve nesnelere interneti sayesinde siber- fiziksel sistemlerin birbiriyle ve insanlarla gerçek zamanlı iletişime geçerek iş birliği içinde çalışması amaçlanmaktadır [7]. Gelecekte siber- fiziksel sistemlerin insan güvenliğine, verimliliğine ve sağlığına önemli katkıları bulunacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda

dördüncü sanayi devrimi ile doğal kaynakların azlığı, sürdürülebilirlik ve enerji değişimi gibi temel zorlukların üstesinden gelmek bir diğer esastır.

3 boyutlu yazıcıların sağladığı esnek ve bulut tabanlı üretim avantajları sayesinde endüstri 4.0 içerisindeki önemi oldukça büyüktür. Üç boyutlu yazıcılarla üretim yaparken seri üretime kıyasla kalıp maliyeti gibi pek çok durumdan tasarruf sağlanır [8]. Aynı zamanda 3B yazıcıların bulut tabanlı olması sayesinde üretim yapılırken siparişi veren firma ya da kişinin talebi otomatik olarak makineye gider ve üretim yapılır [9]. Üç boyutlu yazıcılar ile hammadde ve enerjinin daha verimli kullanılması, kompleks tasarımlar için ek maliyet gerektirmemesi ve sınırsız çeşitlikteki ürünün tek makine ile üretilmesi 4. Endüstri devrimi içerisindeki diğer önemli konulardır [10].

Sahip oldukları ileri teknolojiler sayesinde profesyonel 3B yazıcılar kavramsal model, fonksiyonel prototip, üretime yardımcı aparat, son kullanım ürünü tasarımı ve üretiminde giderek daha fazla yer almakta. 3B yazıcılar; hızlı prototipleme, zaman ve maliyet avantajları, ölçüsel hassasiyet, tekrarlanabilirlik, montajsız üretim gibi pek çok avantajı bünyesinde barındırmaktadır. Hobi amaçlı 3B baskı sistemlerinden profesyonel baskı sistemlerine kadar geniş bir yelpazeye sahip olan 3B yazıcılar sürekli gelişmekte ve yenilenmektedir.

3B yazıcılardan yararlanılarak daha esnek ve kişi odaklı üretimler yapılabilmektedir. Şirketler veya kullanıcılar ürünlerini daha hızlı ve kolay bir şekilde üretmektedir. 3B yazıcıların tasarım özgürlüğü, kişiselleştirme, hızlı üretim kolaylığı, uygun maliyet seçeneği, sürdürülebilirlik ve çevre dostu üretim gibi avantajları sayesinde, gelişen teknoloji ve yöntemlerle birlikte farklı alanlarda da kolayca üretim yapılabilmektedir [11]. Bu sayede üretimde kişiselliğin ve tasarım özgürlüğünün önü açılmış olup herkes istediği ürünü istediği gibi tasarlayıp, üretmek kullanabilir. Geleceğin teknolojisi olarak görülen 3B yazıcılar; sağlıktan otomotive, havacılıktan mücevherat ve moda sektörüne birçok farklı sektörde aktif olarak kullanılmakta ve fayda sağlamaktadır. 3B baskı teknolojileri, üretim süreci açısından oldukça büyük bir oranda çevresel verimliliği sağlayarak enerji tasarrufu yapar. Bu sayede daha az atık elde edilir ve üretim süreci boyunca diğer ürünlerle kıyaslandığında, daha çevre dostu üretim sağlanmış olur. Aynı zamanda 3B baskı süreçleri kullanıcı odaklı üretim sağlar. Kullanıcıların bireysel ihtiyaçları ve isteklerine göre kolayca şekillenebilir. Bu sayede kullanıcılar, tasarım özgürlüklerine ve kendi kişisel fikirlerine göre sonuçlar elde edebilecektir [12].

4. ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİ VE KİŞİSEL ÜRETİM

Geleceğin teknolojisi olarak görülen 3B yazıcılar ile hemen hemen her alanda çalışmalar yapılmaktadır. Dijital endüstri, tasarımsal özgürlük ve kişisel üretim ve sürdürülebilirlik maddeleriyle bir harmoni içerisinde olan moda konusunu örnek olarak ele alabiliriz. Moda kavramı kendi içerisinde yalnızca giyim olarak değil, aksesuar, takı, mücevherat gibi dallara ayrılabilir. Geleneksel üretimden vazgeçilip, 3B baskı teknolojileri ile moda konusuna yön verilmesinin sebeplerini bilgisayar destekli tasarım (BDT) programları ile özgürce tasarımlar yapabilmek, tasarlanan parçaların gerçeği ya da prototiplerine kolay bir şekilde sahip olabilmek, düşük maliyet, üretim kolaylığı, basit iş akışı ve en önemlisi de sürdürülebilir ve çevre dostu üretim olarak sıralanabilir.

Geleneksel üretim yöntemlerinde kullanılan kalıplama işlemi özellikle ısmarlama moda ürünleri için oldukça pahalı olabilmekte. Kalıp kullanımı esnasında oluşabilecek bir hata kalıpları kullanılamaz hale getirebilir, bu da tasarımcının finansal kayıplarıyla beraber sıfırdan başlamasına sebep olur. Kalıplar ayrıca tasarımın karmaşıklığına da bir sınır getirmektedir çünkü ince, hassas yapılar kalıplardan çıkarıldığında kırılma riski oldukça fazladır ve daha fazla hassasiyet gerektirmektedir bu sebepten ötürü daha az detaya sahip ürünler üretilmektedir. 3B baskı teknolojisi sayesinde pahalı kalıplar oluşturmaya gerek kalmaz. Ayrıntılı desenler ve tasarımlar üretim sırasında hasar riski olmadan tek seferde bir katman üretilir.

3 boyutlu yazıcılar ile yapılabilecek çalışmaların kapsamı sınırsızdır. Sanatın hayatı taklit ettiği moda dünyasında üreticiler artık ürünlerine fütüristik bir dokunuş yapmayı amaçlıyor. 3 boyutlu baskı teknolojileri yalnızca estetik anlamda sağladığı avantajlardan dolayı değil aynı zamanda tamamen benzersiz sonuçlar elde edebilmek için kompozisyonlarla oynama becerisi, teknolojiyi yeniliklerle harmanlayarak bir araya getirme olanakları sayesinde de tercih edilmektedir.

Önceden üretimi aylar sürecektir karmaşık tasarım fikirleri artık çok daha kısa bir sürede tasarlanarak programlanabilir ve basılabilir. Kalıptan tamamen uzaklaşarak binlerce birbiriyle bağlantılı parçalar ve 3B yazıcı tarafından üretilen, kompleks detaylara sahip olabilecek bir giysi tasarlanabilir. Düğmeler, yüzükler, tokalar ve benzeri gibi detaylara sahip diğer öğelerin hepsi 3B baskı kullanılarak yapılabilir. Böylece kalıplar veya karmaşık üretim süreçlerine ihtiyaç duyulmadan üretim yapılabilir.

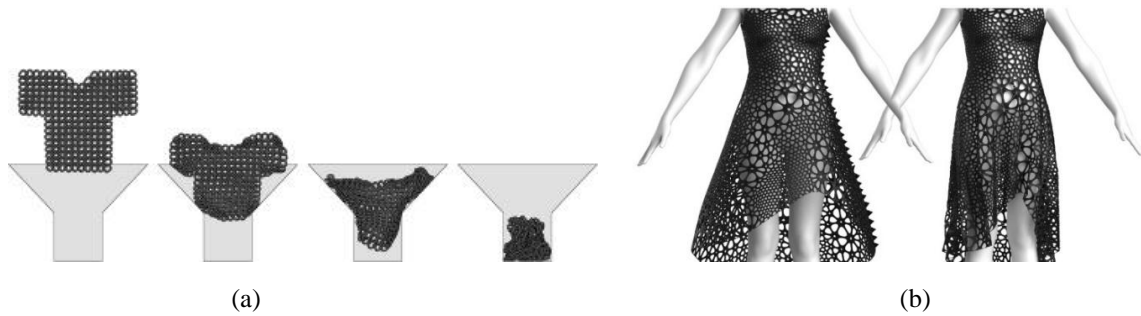
3B baskı, giyim endüstrisinde hala gelişmekte olan bir trend olabilir ancak şu an takı ve aksesuar dünyasında daha erişilebilirdir çünkü kullanılan malzemeler takı, aksesuar kısacası mücevherat sektörü için daha uygundur. 3B baskı teknolojileri sayesinde tasarımlar internet üzerinden hazır kullanılıp baskısı alınabilir ya da tamamen kişisel tasarımlarla kullanıcılar kendi ürünlerini somut bir hale getirebilir. 3B yazıcılar ile mücevherat üretiminde yaygın olarak kullanılan plastiğin yanı sıra bir dizi metal, altın ve gümüş ile baskılar alınabilir [13].

5. MODA ENDÜSTRİSİNDE 3 BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI

5.1 Tekstil ve Moda Tasarımında 3B Yazıcıların Kullanımı

Tekstil ve moda tasarımında 3B yazıcıların kullanımı temel olarak iki farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Birincisi; giysinin bütün olarak üretilmesidir. Üretilen giysi yazıcının boyutuna bağlıdır. İkincisi; Giysiyi oluşturan kumaş olan tekstil yüzeyi yerine, dokuma veya örme yüzeylere alternatif olabilecek farklı bağlantı şekilleriyle birleşen veya iç içe geçmiş kapalı formlardan oluşan, kumaş gibi yüzeyler elde etmektir. Aynı zamanda doğrudan kumaş üzerine çıktı almak ve birbirinden bağımsız parçalar halinde çıktı alarak sonradan birleştirme yöntemiyle giysi elde etmek de bu sınıfa girer [14].

3B yazıcı ile elbise basmak için pek çok yöntem geliştirilmektedir. Nervous System isimli bir firma; tasarımcıları tarafından 3B yazıcı ile tek parça olarak basılan ve menteşeleri ile şekil değiştiren nesnelere ilham alınarak üretilen, kumaş gibi rahat ve giyilecek giysi basmak için kendi bulduğu, Kinematic isimli yöntemi kullanılmaktadır. Oldukça ufak ve birbirine bağlı yüzlerce parçadan oluşan bu elbise, bilgisayarda uzun süren hesaplamalar sonucu üretilmektedir. 3B yazıcının içindeyken yığıla parça bir araya getirilip top yapılmış gibi duruyor ama baskı bitip de cihazdan çıkarılınca parçalar özel menteşelerinden açılıyor ve elbise gerçek formunu kazanıp giyilmeye hazır hale geliyor (Şekil 1) [15].

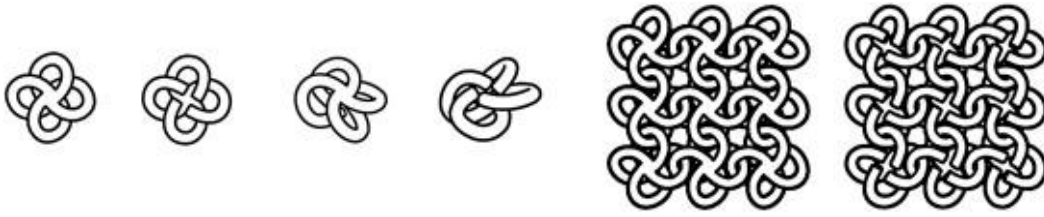


Şekil 1. (a) Nervous System Design- Kinematic elbise üretim aşaması. (b) Üretim sonrası Kinematic elbisenin görünümü [15].

Bir diğer giysi üretimi için ise günümüzde üç boyutlu baskı teknolojilerinden biri olan seçici lazer sinterleme yöntemi kullanılarak tamamen kişiye özel kıyafetler yazdırma teknikleri geliştirilmiştir. Eklenebilir imalat yöntemleri kullanılarak esnek materyaller oluşturma çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmaların sonucunda bilim insanları tarafından devam eden bir araştırma projesinin sonucunda kumaş görevi görmesi amaçlanan bir yüzey tasarlanmıştır [16]. Bu tasarımın bir dizi farklı talebi karşılamak ve esnek bir malzeme üretmek için 3B baskı teknolojileri kullanımında bir yeniliği temsil ettiği

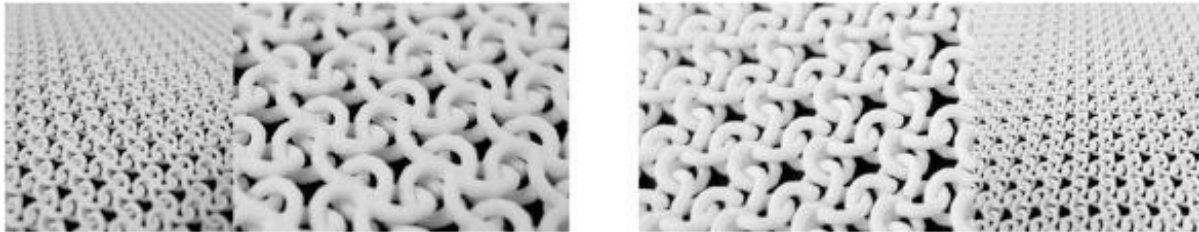
düşünülmektedir. Aynı zamanda tasarlanan bu kumaş ile hatalı üretim ya da sonradan oluşan deformasyonlar onarıp yeniden kullanılabilir. Tasarlanan kumaş üzerinde yapılan onarım, iyileştirme ve istenilen ölçülere göre yeniden ayarlayabilme özellikleri ile ürünün ömrü uzatılır ve çevreci bir yöntem tercih edilmiş olur.

Bu uygulama için eklemeli imalat makinasında beyaz toz Poliamid (nylon), lazer yardımıyla bir tabaka haline getirilir ve bu sürece seçici lazer sinterleme adı verilir. Beyaz Poliamid, malzemenin özelliklerinden dolayı seçilmiştir. SLS yöntemiyle kumaş üretmek için 4 tane birbirine bağlı spiral koldan oluşan bir bağlantı tasarlanmıştır (Şekil 2). Bağlantılar üst yüze bağlanır ancak bağlantıların kesilmesi veya gerektiğinde yeniden bağlanması için geriye doğru açık bırakılır. Sinterlenmiş nylon bağlantılar kendisini oluşturan her bir kol çekildiğinde uzayacak şekilde esnek olmalı ayrıca kopmadan bir dereceye kadar gerilme hareketi sağlaması için yeterince sağlam olmalıdır.



Şekil 2. Modeclix ile oluşturulan tek bir bağlantının esnek bir yüzey oluşturmak için birbirine bağlanma şekilleri. Ön ve arka görünüm [16].

Bilgisayar destekli tasarım dosyaları ile 3B dosya, eklemeli imalat yazılımı tarafından işlenir ve 0.1 mm'lik dilimlere dilimlenir. Her bir dijital dilim daha sonra 3B yazıcıya gönderilir ve lazer tarafından nylon tozu katmanına alınır. Her bir katman tüm yığını oluşturmak için birer birer sırayla işlenir [17]. Bu şekilde yakın bağlantılı bir ağın istiflenmesiyle mükemmel yoğunluk elde edilmekte, bu durum da kullanılmayan tozun minimum miktarda kalmasına neden olmaktadır. Üretim sonunda parça yapı haznesinden çıkartılır ve sinterlenmiş parçalar kullanılmayan fazla tozdan fırça ve basınçlı hava yardımıyla ayrılır. Fazla toz, belirli oranlarda saf ve yeni olan tozla karıştırılıp tekrar tekrar kullanılabilir. Bu sayede geri dönüşüm sağlanır. Bağlantı sisteminin çok yönlülüğünü göstermek için giyim ve moda aksesuarları üretmek amacıyla geliştirilen bu kumaşla üretilen giysiler dikişsizdir ve desen hazırlayıp çizme aşamasına gerek yoktur. Bağlantılar beyaz naylondan yapıldığından renklendirme çalışmaları dipers boyalarla istenilen renkte yapılabilir. Boyanan parçalarla her biri bir piksel olarak işlenen farklı renkli bağlantılar istenilen şekillerde birleştirilip özgün desenler elde edilebilir (Şekil 3) [16].



Şekil 3. Fotoğraflarda bağlantıların ön ve arka görüntüsü gösterilmektedir. Gösterilen çalışmada 484 bağlantı kullanılmıştır. Kullanılan bağlantı sayısı, kullanılan SLS makinasının yapı hacmine göre değişir [16].

Birbiriyle bağlantılı parçalardan oluşan bu tasarım, yeniden yapılandırılabilir. Bu durum da giysilerin tamamen özelleştirilebilir olduğu anlamına gelir (Şekil 4). Giysinin boyu veya şekli kullanıcıya uyacak şekilde, sadece bağlantıların birbirine eklenmesi ya da birbirinden çıkarılması ile yeniden tasarlanabilir. Bu sayede ısmarlama ve tamamen moda ürünler için artan talebi karşılar. Yeniden yapılandırma özelliği

ile giysiler değişen moda trendlerine de kolaylıkla uyum sağlar. Aynı zamanda bu yöntem ile çanta, mücevher ve oyuncak da üretilmiştir [16].

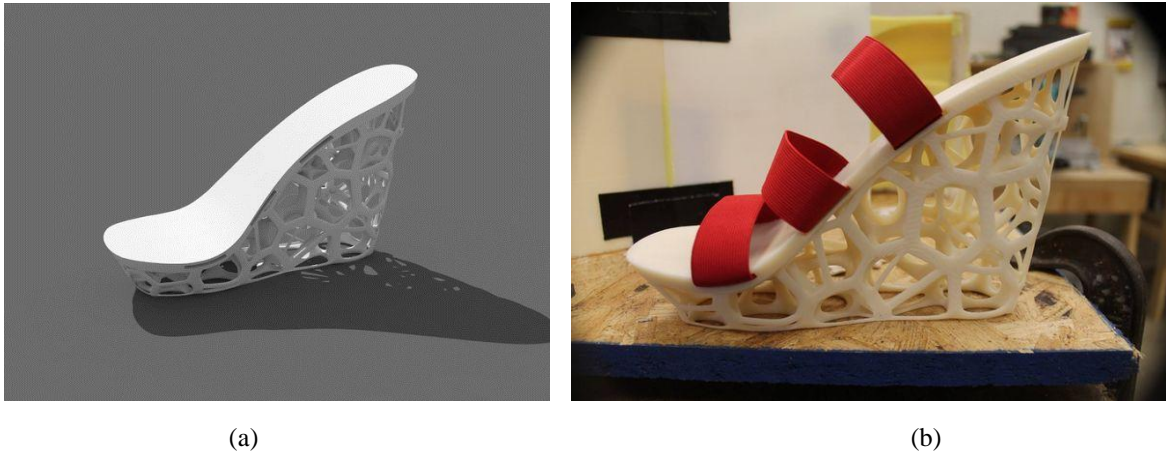


Şekil 4. Modeclix ile üretilen bağlantılardan oluşturulan tasarım elbise [16].

5.2 Ayakkabı Üretiminde 3B Yazıcıların Kullanımı

3B baskı teknolojileri ve BDT programlarıyla kullanıcılar kendi tasarımlarını oluşturup bunları yazdırarak somut bir hale getirilebilir. Kullanımı konusunda hiçbir yaratıcılık kısıtlaması bulunmayan 3B yazıcılar ile üretililecek bir diğer ürün ise ayakkabıdır. Bu sayede kullanıcılar hem kendi ayak özelliklerine göre hem de tamamen kendi zevklerine göre ayaklarına tam uyan ve kendilerini yansıtan tasarım ayakkabılarına maliyeti az ve hızlı bir şekilde sahip olabilir.

Kişisel üretim için katman birikimli modelleme (FDM) yöntemi ile üretim yapılmaktadır. FDM, en yaygın 3B baskı yöntemidir [18]. BDT programları ile tasarlanan ayakkabı modelleri, 3B yazıcı ile yazdırılarak giymeye hazır hale gelebilir (Şekil 5).



Şekil 5. (a) BDT programı ile tasarımı yapılmış bir topuklu ayakkabı modeli. Taban ve topuk birleşik olarak üretilmek üzere tasarlanmış. Ayakkabı bantları sonradan harici olarak eklenecek. (b) Tasarım üzerinden gerekli işlemler sonrasında basılmış ayakkabı. Bantlar eklenmiş ve giymeye hazır [19].

Ayakkabılar standart numaralara göre üretilmektedir ve bu standartlar çoğu kişinin ayağına uyum gösteremeyebilir. Ayakkabı üretimi için 3B baskı teknolojilerinin kullanılma fikri ayakkabıların kişinin ayağına göre özelleştirilme imkanı sağlamaktadır. Özellikle kişinin ayakları arasında anormaliler, numara değişiklikleri ve diğer pek çok farklılık olabilir. Bu durum da kişinin her iki ayağına da uyan ve ayak sağlığına uygun ayakkabı bulmasını bir hayli zorlaştırır. Geleneksel üretim yöntemleri ve tasarımlarda genellikle standart ve sağlıklı ayaklar referans alınarak daha çok ayağın uzunluğu göz önünde bulundurularak tasarımlar yapılır. İnsanlarda oldukça yaygın olan geniş veya taraklı ayaklar için

ayakkabı bulmak zordur. 3B baskı teknolojileri bu gibi sorunlara çözüm üretmek için ideal bir yöntemdir.

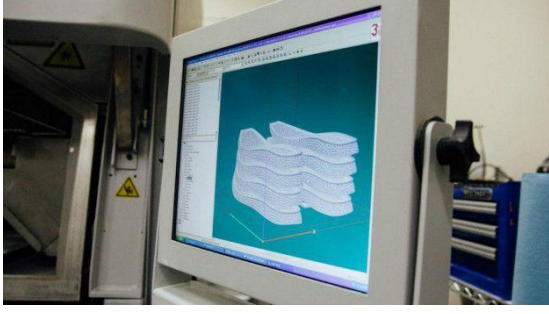
3B yazılar ile ayakkabı üretmek isteyen bir kişinin öncelikle geliştirilmiş uygulamalara yüklemek için ayağın çeşitli açılardan bir fotoğrafının çekilmesi ve bu uygulamaya yüklemesi gerekmektedir. Böylece kişinin her iki ayağının da doğru bir 3B modeli oluşturulur. Üreticiler veya kullanıcılar 3B modelleme ile kendi tasarımlarını gerçekleştirebilir. Modeller üreticiler tarafından müşterinin boyu, kilosu ve girdikleri aktivitelerle ilgili ayrıntılarla birleştirilir. Kullanıcının tüm verileri bir araya getirilerek özelleştirilmiş kişisel ayakkabılar ortaya çıkar [20].

3B yazıcılar ile ayakkabı üretimi kullanıcıların yanı sıra üreticiler için de oldukça önemlidir. 3B yazıcılar sayesinde üretimi saatler süren bir ayakkabı 3B yazıcı ile çok daha az bir sürede hazırlanabilir çünkü geleneksel yolla üretilen ayakkabılar gibi fazladan montaj süresine gerek duyulmaz. Böylece hem zamandan tasarruf edilmiş olunup hem de kullanıcılar birbirinden eşsiz modele sahip olabilirler. Ayakkabı sektöründe önde gelen bazı üreticiler teknolojideki yenilikleri takip ederek 3B baskı teknolojileri ile çalışmalarına başlamış ve piyasaya 3B yazıcılarla üretilmiş çeşitli modeller sunulmuştur. Spor malzemeleri markası olan Nike; 3B yazıcı ile ayakkabı üretme konusunda patent sahibi olan ilk markadır. 2012 yılından beri 3B yazıcılarla ayakkabı üretme çalışmalarına devam etmektedir. İlk olarak sporcular için ürettikleri ayakkabılarla başlayıp, günümüzde herkesin satın alabileceği ayakkabılarda da bu teknolojiyi kullanmaya başlamıştır. Sporcuların performansını arttırmak için yaptığı araştırmalar sonucunda şekil biriktirme imalatı (SDM) yöntemi kullanarak tasarladığı performans ayakkabısını üretmiştir (Şekil 6). Ayakkabının üretim süreci boyunca veriler sporculardan alınmış ve malzemenin ideal bileşimini doğrulamak için tasarım araçları kullanarak hesaplanmıştır. Bu yöntem ile bütün tasarım süreci çok daha hızlı işlemiştir [21,22]. “Flyprint” adı verilen bu teknikle, aynı zamanda daha hafif ve nefes alan bir doku yaratılması mümkün kılınmıştır.



Şekil 6. (a) SDM yöntemi ile geliştirilen kumaş. (b) Nike tarafından tasarlanan ayakkabı [21].

Bir başka spor markalarından biri olan New Balance spor markası da aynı şekilde ayakkabılarında 3B yazıcı teknolojisini kullanmıştır (Şekil 7). New Balance ayakkabılarında Seçici Lazer Sinterleme (SLS) yöntemini kullanmıştır [23].



(a)



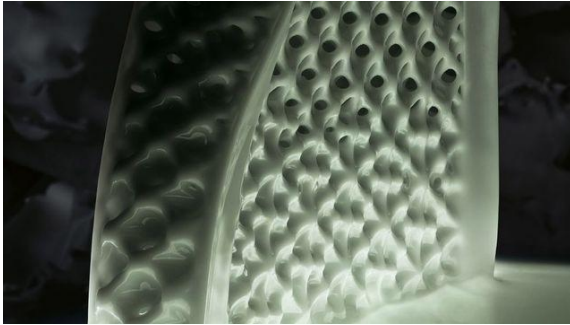
(b)

Şekil 7. (a) BDT programlarında 3B tasarım dilimlenerek baskı için katmanlarına ayrılıyor. (b) SLS yöntemi ile lazerle yüzeyin üstünden geçilerek eriyen bölge ara katmana dönüştürülüyor [23].



Şekil 7. (c) Üretimi tamamlanmış New Balance marka spor ayakkabı [23].

3B baskı teknolojileri ile çalışmalarına başlayan markalardan bir diğeri olan Adidas, 3B yazıcılarla yeni modelini sıvı haldeki fotopolimer reçinenin ultraviyole ışıkla sertleştirilmesi yöntemiyle üretmiştir (Şekil 8). Geleneksel üretimle tek bir çift ayakkabı üretmek için gereken zaman 1 saat 20 dakika iken, 3B yazıcı ile bir çift ayakkabı 20 dakikada üretilmiştir [24].



(a)



(b)

Şekil 8. (a) 3B yazıcı ile ayakkabı taban kısmı üretimi. (b) 3B baskı teknolojileri ile üretimi tamamlanmış Adidas marka ayakkabı [24].

5.3 Üç Boyutlu Baskı Teknolojileri ile Mücevherat ve Aksesuar Üretimi

Üç boyutlu baskı teknolojileri ve bilgisayar destekli tasarım programları her sektörde olduğu gibi mücevherat sektöründe de kullanılmaktadır. 3 boyutlu baskı teknolojileri ile sadece kalıp üretimi değil aynı zamanda tasarım özgürlüğü ile modellerin doğrudan üretilmesi de sağlanmaktadır. Mücevherat ve aksesuar sektörünün odak noktası; özgün ve farklı tasarımlar ortaya çıkarmaktır. Geleneksel yollarla yapılan üretimlerde tasarımcı, el işçiliği ile yapılan prototiplerdeki hata oranı, prototipleme aşamasının

uzaması ve zaman alması gibi üretim sorunlarını göz önünde bulunarak tasarımlarını sınırlandırmak zorundadır fakat günümüz 3B baskı teknolojileri ile en ince detaylara sahip takı modelleri ve desenler elde edilebilmekte, bilgisayar destekli tasarım programlarıyla artık tasarımcılar özgürce tasarımlar yapabilmektedir. Aynı zamanda BDT programları sayesinde kişiselleştirilmiş, sipariş üzerine tasarlanıp üretilen kuyumculuk ürünlerinde üretim sürecinde müşteriler de sürece dahil edilebilir, bu durum kişisel üretimlerde müşteri memnuniyetini arttırır.

3B yazıcılar ile yüksek hassasiyetli üretim yapılabilmesi, makinadan direk döküme ve kalıplamaya farklı malzeme kullanım imkanı sayesinde mücevherat ve aksesuar sektöründe oldukça önemli bir yere sahiptir. 3B yazıcıların çok düşük mikronluk çözünürlüğe sahip olabilmesi ile diğer teknolojilerle ulaşılması imkansız sonuçlar elde edilmektedir. 3B baskı teknolojileri ile geleneksel üretim kıyaslandığında işçilikte kalite, harcanan uzun zaman, verimlilik orijinallik, kolay taklit edilebilirlik ve kişiselleştirme eksikliği gibi takı ve aksesuar üretimi problemlerinin çözülebileceği görülmektedir [25]. Kuyumculuk sektöründe yerini sağlamlaştırmaya başlayan 3B yazıcılar ile plastiğin yanı sıra altın, gümüş, bronz, seramik ve metal gibi farklı malzemelerle de baskı alınabilmektedir. Özellikle kuyumculuk sektörü için altın kullanılmaktadır (Şekil 9). 3B yazıcı ile altının üretimi yapılırken öncelikle Wax (balmumu) ile yüksek çözünürlüklü bir çıktı alınır. Daha sonra etrafında sıvı alçı olan bir kaba konulur. Wax eridiğinde kalan sıvı kalıp haline gelir. Daha sonra eritilmiş altın kalıp içine dökülür ve sertleşmesi beklenir. Sıvı dikkatlice kırılır ve sertleşen altın yavaşça temizlenip cilalanır. Tüm bu işlemler sonucunda geleneksel yöntemlerle üretimi oldukça zor veya imkansız olan geometriler bile elde edilebilir [26,27].



(a)



(b)

Şekil 9. (a) Envision TEC, Perfactory Aureus ile üretilen altın ve değerli taşı tasarım yüzük [26]. (b) EOS, Cookson Precious Metal (CPM) ile 3B baskı teknolojileri ile üretilmiş ince detaylı altın kolye ucu [27].

6.GELİŞTİRİLEN UYGULAMALAR

3B yazıcıların günlük hayatımızda yerini alması ile isteyen herkes kendi amatör ya da profesyonel yazıcısına sahip olabilmekte. 3B yazıcılar ile yalnızca kişisel tasarımlar değil aynı zamanda internet ortamından hazır olarak temin edilebilecek tasarımlar da alınarak kullanıcılar kendi ürünlerini basabilirler. Aynı zamanda var olan tasarımlardan da esinlenilerek, kullanıcılar ürünlerini de oldukça düşük maliyetli bir biçimde elde edilebilirler (Şekil 10).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



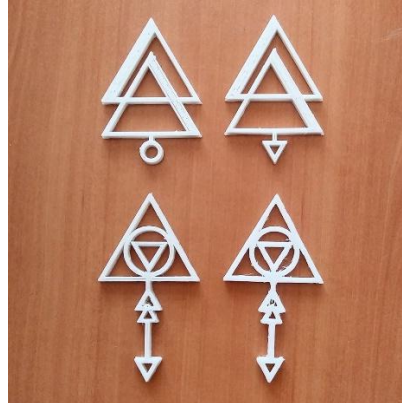
(f)

Şekil 10. (a,c) MIRIMALIST Design 3B baskı koleksiyonundan yaka aksesuarları [28]. (b,d,f) Karabük Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği bölümü esinlenilmiş 3B baskı çalışmaları. (e) Nervous System Design 3B baskı koleksiyonundan kolye ve bileklik çalışması [29].

3B baskı teknolojilerinin gündelik hayata dahil olması ile kullanıcılar; özgün veya hazır aldıkları tasarımlarla, kendi yazıcılarıyla üretim yapabilmektedir. Kişisel üretim yapılırken tasarım kolaylığı, hızlı ve düşük maliyetli olduğu için takı ve aksesuarlar oldukça tercih edilmektedir. Aşağıda Karabük Üniversitesi öğrencilerinin yapmış olduğu bazı takı ve aksesuar çalışmaları gösterilmektedir (Şekil 11).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 11. (a, b, c, d, e) Karabük Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, uygulama çalışmaları.



(a)



(b)



(c)



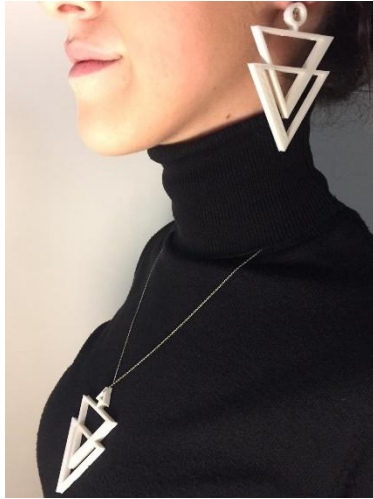
(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Şekil 12. (a, b, c, d, e, g, h) Karabük Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, uygulama çalışmalarının kullanım alanları.

7.SONUÇ

Geleceğin teknolojisi olarak adlandırılan ve 4. Endüstri devriminin bir parçası olarak görülen 3B yazıcılar her alanda yer almaya başlamıştır. 3B yazıcıların avantajlarından faydalanmak isteyen üreticiler ve kullanıcılar yeni nesil bu teknolojiye kucak açmıştır. Gelişen 3B baskı teknolojileri kendisine moda sektöründe de yer bulmuştur. Günümüz üreticileri ve kullanıcıları 3B baskı teknolojilerinin modanın geleceği olduğunu düşünmekte, gündelik hayatımızın bir parçası haline getirebilmek için çalışmalar sürdürmektedir. Fazla emek ve işçilik gerektiren sektörlerden birisi olan moda, bünyesinde yüzlerce makina ve çok sayıda işçi bulundurmaktadır [30]. Moda sektöründeki çoğu üretim alanında halen işçilik oldukça yaygındır. Geleneksel yollarla üretilen parçalar dolayısıyla tasarımlar sınırlanmakta, tüketiciler ise herkes ile aynı ürünler kullanmaya maruz bırakılmaktadır. 3B baskı teknolojileri, üretime getirilen yeni bir soluktur. Bu gelişmeler kitlesel üretimden bağımsızlaşmasıyla özgür tasarım ve üretim süreçlerini iade etmektedir. 3B yazıcılar ile üretilebilecek kişiye özel giysiler yanı sıra; kullanıcılar kendi aksesuarlarını tasarlayıp üretebilir ve zarar görmüş, kaybolmuş ürünlerini yeniden tasarlayıp 3B yazıcı ile yazdırarak yeniden kullanmaya devam edebilir.

TEŞEKKÜR

Karabük Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü 3B yazıcı atelyesinde yaz stajı yapan bölüm öğrencilerine katkılarından dolayı teşekkürü borç biliriz.

8. KAYNAKLAR

1. T. SATHISHA, M.D. VIJAYAKUMARB, Anshumaan K. AYYANGARC, Design and Fabrication of Industrial Components Using 3D, Elsevier, 2018, s. (14495-14498)
2. Koray ÖZSOY, Burhan DUMAN, Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği, International Journal of 3D Printing Technologies And Digital Industry 1:1, 2017, s.38
3. İsmet ÇELİK, Feridun KARAKOÇ, Cemal ÇAKIR, Alpaslan DUYSAK, Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dumlupınar Üniversitesi, 2013, s. (53-64)
4. Ali Can ERK, G- Code Nedir, Priyoid, 2017, <http://priyoid.com/3d-yazici-hakkinda-bilinmesi-gerekenler/3d-yazici-yeteneklerini-gelistir-g-code-nedir/>
5. Dilan Ezgi DÜZGÜN, Krzysztof NADOLNY, Continuous Liquid Interface Production (CLIP) Method for Rapid Prototyping, Journal of Mechanical and Energy Engineering, Polonya, 2018, s.6
6. Ela BULUT, Doç Dr. Taner AKÇACI, Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi, ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM- UHAD), 2017, s.53
7. Sabiha KILIÇ, Reha Metin ALKAN, 4. Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri, Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, 2018, s.31
8. SIEMENS, Dijital Fabrikalar, SIEMENS, 2018, <http://www.siemens.com.tr/digital-enterprise>
9. İbrahim AKBEN, İlker AVŞAR, Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış, Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 2018, s. (29-33)
10. Oktay Z. FIRAT, Seniye Ü. FIRAT, Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar, Istanbul University Journal of the School of Business, 2017, s. (215-216)
11. Aytaç YILDIZ, Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar, Sakarya University Journal of Science, 2018, s. (552-554)
12. Barbara CIMIATTIA, Giampaolo CAMPANAB, Laura CARLUCCIOB, Eco Design and Sustainable Manufacturing in Fashion: a Case Study in the Luxury Personal Accessories Industry, 14th Global Conference on Sustainable Manufacturing, South Africa, 2016, s. (1,8)
13. The Future of Fashion in 3D Technology, Viva Glam Magazine, 2018, <https://vivaglammagazine.com/the-future-of-fashion-in-3d-technology/>
14. Ömer ZAİMOĞLU, Mine YILDIRAN, Moda Tasarımında İnovatif Bir Yöntem: Üç Boyutlu Yazıcılar İle Giysi Tasarımı Uygulamaları, İdil, 2017, s.2952
15. Nervous System Projects, Kinematics Dress, 2014, <https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/sets/kinematics-dress/>
16. Mark BLOOMFIELD, Shaun BORSTROCK, Modeclix. The additively manufactured adaptable textile, Materials Today Communications, 2018, s. (1-8)
17. Giovanni MORONI, Design for Additive Manufacturing: Trends, Opportunities, Considerations and Constraints, CIRP Annals- Manufacturing Technology, 2016, s. (737-750)
18. Lien-Ya LIN, Chien-Hsu CHENB, Innovation and Ergonomics Consideration for Female Footwear Design, 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, Taiwan, 2015, s. (5867- 5873)
19. Murat DURAN, 3D Printer ile Basılmış Topuklu Ayakkabı, Maker Platformu, 2015, <https://www.projihocam.com/3d-printer-topuklu-ayakkabi/>
20. Jeffrey STANSBURY, Mike Idacavage, 3D Printing With Polymers: Challenges Among Expanding Options and Opportunities, Elsevier, 2015, s. (55-60)
21. Flyprint, Nike Official Website, <https://news.nike.com/news/nike-flyprint-3d-printed-textile>
22. 3D yazıcı ile spor ayakkabı https://www.bbc.com/turkce/haberler/2016/04/160414_3d_spor_ayakkabi
23. Fresh Foam, Newbalance Official Website, <https://www.newbalance.com/fresh-foam-collection/?searchSource=fresh%20foam&beta=true>
24. Future Craft, Adidas Official Website, <https://www.adidas.com/us/futurecraft>
25. Ceren KİRAZ, Kürşad SEZER, İsmail ŞAHİN, Kuyumculuk Sektöründe 3B Baskı Tasarım Tekniklerinin Özgürlüğünden Faydalanıldığında Sektöre Getirileri, International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry 2:2, Gazi Üniversitesi, 2018, s. (46-58)
26. Envision TEC, Perfactory Aureus <https://envisiontec.com/3d-printers/desktop-3d-printers/aureus-plus/>
27. EOS, Cookson Precious Metal (CPM) <https://www.cooksongold-emanufacturing.com/>
28. Mirimalist Design <https://www.mirimalist.com/>
29. Nervous System Design <https://n-e-r-v-o-u-s.com/>
30. Mine YILDIRAN, Moda Giyim Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım ve Üretim, Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Hakemli Dergisi ART-E, 2016, s.170