

3 BOYUTLU YAZDIRMA TEKNOLOJİSİ: SOSYO-EKONOMİK ETKİLERİ İÇİN YENİ UFUKLAR



Mustafa Halid KARAARSLAN
Yrd. Doç. Dr., Karabük Üniversitesi
İşletme Fakültesi, Uluslararası İşletmecilik Bölümü
mustafahk@karabuk.edu.tr

Geliş Tarihi: 28.01.2015
Kabul Tarihi: 26.03.2015

ÖZ

Günümüzde yaşanan önemli teknolojik değişimlerden bir tanesi 3 boyutlu yazdırma. 3 boyutlu yazdırmanın yeni bir sanayi devriminin başlangıcı olduğu ve üretim fonksiyonlarında önemli bir değişim getireceği akademik literatürde önemli bir tartışma noktası oluşturmaktadır. 3 boyutlu yazdırma sosyal bilimler literatürüne yeni giren bir kavramdır ve yeterli yazım bulunmamaktadır. Bu çalışma 3 boyutlu yazdırma ile ilgili bir literatür taramasıdır. Çalışma konu ile ilgili yapılan ilk sosyal bilim çalışmalarından biri olduğu için öncelikle 3 boyutlu yazdırma açıklanmış ve sanayi devriminin en önemli kavramlarından kitlesel üretimle farklılıkları belirtilmiştir. Sosyal bilimcilerin yeni olguyu anlayabilmeleri için disiplinler arası çalışmalar yapması gerekliliğine vurgu yapılmıştır. İşletmelerin, sektörlerin ve ülkelerin yenilikleri desteklerken uzun dönemli etkilerinin neler olabileceğini öngörmeleri ve doğru politikalar belirleyebilmeleri sosyal bilim alanındaki çalışmaların niteliği ile ilişkili olacaktır. Bu sebeple bu çalışmanın bir diğer ana amacı sosyal bilimcilerin dikkatini konuya çekmektir.

Anahtar Kelimeler: 3 Boyutlu Yazdırma, Kitlesel Üretim, Sanayi Devrimi, Sosyo-Ekonomik Değişim

3D PRINTING TECHNOLOGY: THE NEW HORIZONS FOR SOCIO-ECONOMIC IMPACTS

ABSTRACT

Nowadays, one of the major technological changes taking place is printing in three dimension (3d printing). 3d printing is the beginning of a new industrial revolution, and will bring a significant shift in the production function constitutes an important debate point in academic literature. 3D printing is a new concept within the social literature and so there is not enough study at this field. Recent study is a literature review related to 3D printing. This review is one of the first social science study related to the this subject, because of this 3d printing is primarily explained and then differences between mass production that is the most important concept of the industrial revolution

is specified. It is emphasized to the necessity of interdisciplinarity studies in order to understand the new phenomenon by social scientists. While businesses, industries, and countries are supporting the innovations, to predict what might be the long-term effects and to determine the right policies will be associated with quality of the studies that are in the field of social sciences. For this reason there is another main objective of this study which is to take the attention of social scientists to this issue.

Keywords: 3D Printing, Mass Production, Industrial Revolution, Socio-Economic Change

GİRİŞ

Sanayi devrimi, insanların yaşamını önemli ölçüde değiştiren yeniliklerin bir biri ardına gelmesini sağlamıştır. Sanayi devrimi sonrası yaşanan süreçte, üretim, iletişim ve tüketim kitleselleşmiştir. Üretimde işgücünün yoğunluğu azalmıştır. Ölçek ekonomileri dolayısıyla işletmeler küresel devlere dönüşmüştür. Bu dönüşümlerle ilgili literatürde sayısız çalışma yapılmıştır. Şimdi ise ölçek ekonomilerini önemsizleştiren, kişilerin kendi ürünlerini tasarlamasına olanak sağlayan, karmaşık tedarik sistemlerine ihtiyaç duymayan, üretimi tekrar kişisel boyuta indiren bir teknoloji yaygınlık kazanmaktadır. Bu teknoloji literatürde farklı şekillerde isimlendirilmektedir; 3 boyutlu yazdırma (3D Printing), katmanlı üretim (additive manufacturing), hızlı üretim (rapid manufacturing), e-üretim (e-Manufacturing), doğrudan dijital üretim (direct digital manufacture), serbest biçimli üretim (freeform fabrication) (Cozmei & Caloian, 2012, s. 458) bunlardan bir kaçıdır.

3 boyutlu yazdırma işlemini yapan cihazlara 3 boyutlu yazıcılar denilmektedir. 3 boyutlu yazıcılar bilgisayardaki bir tasarımı başka bir alete ihtiyaç duymadan imal edebilmektedirler. 3 boyutlu yazıcıların çalışma prensipleri evlerde kullanılan yazıcılara benzemektedir. Kâğıda baskı yapan yazıcıların yazdırdıkları malzemenin kalınlığı ihmal edilebilecek kadar ince iken, 3 boyutlu yazıcılarda katmanlar üst üste gelerek yazdırma 3 boyutlu olmaktadır. Tasarlanan bir aksesuar ya da makine parçası bu yazıcılardan çıkarılıp kullanılabilir. Üstelik çoğu zaman başka bir makineye ya da işleme ihtiyaç kalmaksızın ürün kullanıma hazır hale gelmektedir.

3 boyutlu yazdırma, 30 yıllık bir geçmişe sahip bir üretim yöntemidir (Ponsford & Glass, 2014) ve yeni bir üretim yöntemi olarak giderek daha fazla tartışılmakta ve seri üretimden sonra yeni bir sanayi devrimini gerçekleştirebileceği tartışılmaktadır. 3 boyutlu yazıcılarla ilgili devrim niteliğini ilk defa gündeme getiren yazar

Gershenfeld (2008) olmuştur. Onu Berman (2012) ve The Economist dergisi (21-27 Nisan, 2012) takip etmiştir. Sonrasında 3 boyutlu yazdırma ile ilgili kitapların adlarında sanayi devrimine göndermeler yoğunluk kazanmıştır (Katel, 2012; Anderson, 2012; Barnatt, 2013; Lipson & Kurman, 2013; Smithers, 2013; Aliverti & Maietta, 2014; Rundle, 2014).

3 boyutlu yazdırma eğer beklenildiği gibi bir devrim olacaksa, değişimden etkilenmeyen hiçbir şey kalmayacaktır. Sanayi devriminin önceki aşamalarında, üretim, tüketim, işletme, çalışan, meslek, iş yeri, şehir, kültür, çevre, aile, gelir, alış veriş, iletişim, vb. tüm kavramlar değişim göstermiştir. Küreselleşme, çevre kirliliği, boş zaman, kitleselleşme, gibi yeni kavramlar ortaya çıkmıştır. Eğer yeni bir devrimle karşı karşıya gelinmişse bunun nasıl bir devrim olduğunu sosyal bilimciler yapmalıdır. Bu çalışma fen bilimcilerin yaptıkları çalışmaları da göz ardı etmeden, konuyu sosyal bilim penceresinden açıklayan ilk yerli çalışma olduğundan dolayı önemlidir.

Bu çalışma 3 boyutlu yazdırma hakkında bir literatür çalışmasıdır. Çalışmanın amacı 3 boyutlu yazdırmanın sosyal bilimler alanında çalışanlara tanıtılmasıdır. Bu sebeple ilk kısımda konunun tarihçesi ve teknik kısımları açıklanacaktır. Sonrasında ise sosyal bilimler alanında yapılan çalışmalara değinilecektir.

1. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE 3 BOYUTLU YAZDIRMA

Sanayi devrimi, üretim sistemlerindeki değişimlerle ifade edilmiştir. Sanayi devriminin ilk aşamalarında su gücü, buhar gücü kullanılırken sonrasında elektrik gücü önemli olmuştur (Freeman & Louca, 2001, s. 141). Kitlesel üretim için montaj hatlarının kurulmasıyla birlikte pek çok ürün tüketicilerin alabileceği fiyatlara gerilemiştir. Bilgisayar teknolojisinin üretim sistemlerine eklenmesi ile üretim hem kitlesel şekilde yapılırken hem de bireysel tercihler göz önüne alınabilir hale gelmiştir.

Sanayileşme sonrası üretim için üç farklı paradigmadan bahsedilebilir. İlki kitlesel üretim, hareketli montaj hatları ile üretimin mümkün olması sonucunda mümkün olmuştur. Rastgele seçilen bir parçanın her hangi bir ürüne uyumlu olmasını gerekli kılmıştır. Bu özellik bir ürünün herhangi bir parçası bozulduğunda aynı performansı verecek yedek parçanın varlığını mümkün kılmıştır. Üretim sayısı arttıkça üretimi yapan her bir çalışan üretimin daha küçük bir kısmından sorumlu olmaya başlamış ve uzmanlaşma artmıştır. Bilimsel yöntemler ile iş gücünün verimliliği

artırılmıştır. Japon işletmeleri kitlesel üretimdeki israflara dikkat çekmişler ve onları sistematik olarak azaltarak yalın üretimi geliştirmişlerdir. Kitlesel üretimde temel amaç uygun bir kalite ile daha fazla üretmek, sonuç olarak ölçek ekonomileri ile maliyet avantajları elde etmektir. Kitlesel üretimde seçenek yoktur ya da çok kısıtlıdır. Bu yüzden tüketicinin temel rolü satın almaktan ibarettir (Tablo 1).

Tablo 1: Üretim paradigmaları ve hedefleri

Paradigma	Temel kavramlar	Tüketici rolü	Hedefler
Kitlesel üretim	Birbiriyle değiştirilebilirlik, Hareketli montaj hattı, İş bölümü (uzmanlaşma), Bilimsel yönetim, Yalın üretim,	Satın alır	Ölçek ekonomisi
Kitlesel bireyselleştirme	Ürün ailesi mimarisi, Yeniden ayarlanabilir üretim sistemi,	Seçer, Satın alır	Olanak ekonomisi
Kişiselleştirilmiş üretim	Tasarımları paylaşılmış ürünler, Sanal-fiziksel sistemler, Kişiselleştirilmiş tasarımlar, Talep anında üretim sistemi,	Tasarlar, Seçer, Satın alır	Farklılaşmanın değeri

Kaynak: (Hu S. , 2013, s. 7; Hu, et al., 2011)

İkincisi kitlesel bireyselleştirmedir. Kitlesel üretim yaparak aynı zamanda da ürünlerde çeşitliliğin artırılmasına olanak sağlayan bir sistemdir. Ürün ailesi mimarisi ile ürünün 3 renk seçeneği, 3 büyüklük seçeneği ve 4 adet kapasite seçeneği sunulmuşsa tüketici $3 \times 3 \times 4 = 36$ farklı seçenek arasından tercih yapabilir durumdadır. Pazardaki talep değişimleri ya da aynı hatta birden çok ürünün üretilmeye başlanması ile üretim sistemlerinin ayarlama ve hazırlık süreleri, üretim hatlarındaki bekleme ve gecikmeler önemli olmaya başlamıştır. Kitlesel bireyselleştirmede ölçek ekonomileri ile maliyetleri düşürürken, yüksek çeşitlilik sunarak tüketicilerin isteklerinin daha iyi karşılanması hedeflenmektedir. Tüketici satın almadan önce seçim yapmaktadır (Tablo 1).

Üçüncüsü kişiselleştirilmiş üretim internet, bilgisayar ve kolay ulaşılabilir ve öğrenilebilir yazılımla desteklenmiş 3 boyutlu yazıcılar

ile mümkün olmaktadır. Tüketici internette bulunduğu paylaşılmış tasarımları ya da yazılımın sunduğu tasarım şablonlarını istediği gibi düzenleyebilmektedir. Tüketici ürüne ihtiyaç duyduğunda çok kısa bir sürede ürün üretilebilmektedir. Bu sistemde tüketici kendi tasarladığı ürünleri kullanır (Tablo 1).



Şekil 1: Üretim teknolojileri döngüsü: Zanaat bireyselleştirmesinden 3 boyutlu yazdırma bireyselleştirmesine (Ariadi, Campbell, Evans, & Graham, 2012, s. 240).

Ariadi ve arkadaşları (2012, s. 240) 3 boyutlu yazdırma teknolojileri ile birlikte en eski üretim biçimi olan zanaata bir dönüş yaşanabileceğini bunun tarihsel olandan farklı iletişim biçimleri ile gerçekleşeceğini belirtmektedir. 3 boyutlu yazdırmanın yeni ürünleri üretmek için yüksek bütçeli yatırımlara ihtiyaç duymamasının bir sonucu olarak üretimin KOBİ'ler tarafından yapılabileceği beklentisindedirler. Bu KOBİ'lerde belirli ürün gruplarının tasarlanması ve müşterinin ihtiyaçlarının karşılanmasında uzmanlaşabilirler. Bu durum üretimi, dünyanın belli bölgelerinde yoğunlaşan ve küresel işletmelerin elinden dünyanın her yerindeki KOBİ'lere ve hatta evlerin içerisine taşıma potansiyeli taşımaktadır.

1.1. 3 Boyutlu Yazdırma İle Diğer Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

3 boyutlu yazdırma teknolojilerinin ortaya çıkması ile birlikte geleneksel kitlesele üretimde zorunluluk olan montaj ve kalıplar zorunluluk olmaktan çıkmıştır. Yeni üretim yöntemi önceden her üretimde bulunması zorunlu gibi algılanan bazı etkenlerin aslında geleneksel üretime özel zorunluluklar olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Geleneksel üretimde gerekli olan büyük depolar, geniş üretim alanları, pahalı kalıplar, karmaşık tedarik sistemleri 3 boyutlu yazdırma için gerekli değildir. 3 boyutlu yazdırmada daha çok açık kaynaklı tasarımlar, bu tasarımlar üzerinde değişiklikler yapılabilecek kullanıcı dostu yazılımlar daha ön plana çıkmaktadır (Forrest & Cao, 2013, s. 68).

Tablo 2: 3 boyutlu yazdırmanın avantaj ve gelişmeye açık alanları

3 boyutlu yazdırmanın avantajları	3 boyutlu yazdırmanın gelişmeye açık alanları
<p>Ulaşılabilir fiyatlara kişiselleştirme, Tasarımların kolayca paylaşılabilirliği, Hafif, daha güçlü, daha az montaj gerektiren daha verimli tasarımların geliştirilmesine olanak tanır, Tek makine sınırsız çeşitlikteki ürünün üretiminde kullanılabilir, Çok küçük (nano ölçekli) nesnelere üretilir, Ham madde daha verimli kullanılır (daha az atık), Ağırlığına göre ödeme, karmaşıklık için ek maliyet yoktur, Talep üzerine oluşturulan tekli partiler, Montaj/tüketim noktasında yazdırılabilir, Herkes için erişilebilir imalat, düşük giriş engelleri, Yeni tedarik zinciri ve perakende fırsatları, Maliyetli aletlere veya kalıplara ihtiyaç duymaz, Freze ve yüzey işlemlerine gerek duymaz, Atık malzemeyi yeniden dönüştürme yeteneği,</p>	<p>Büyük hacimli yazdırmanın ekonomik olmaması, Yazdırılabilir malzemelerin sayısının az olması, Yazdırılabilir malzemelerin maliyetlerinin yüksek olması, Aynı yazıcıdan birden fazla malzeme kullanımının sınırlı olması, Çok büyük nesnelere yazdırmadaki güçlükler, Dayanıklılığın istenilen seviyede olmaması, Standartların yetersiz olması, Kalite güvencesi geliştirme gerekliliği, Diğer teknolojilere göre hassasiyetinin düşük olması,</p>

Kaynak: (Leading Edge Forum, 2012, s. 4; Cozmei & Caloian, 2012, s. 458-459; Berman, 2012, s. 158)

3 boyutlu yazdırma yeni ve sürekli geliştirilen bir teknoloji olmasına rağmen diğer üretim yöntemlerine oranla çok sayıda avantaj sunmaktadır. Bunlardan bir kaçısı, hammadde ve enerjiyi daha verimli kullanması, karmaşık tasarımlar için ek maliyet gerektirmemesi, sınırsız çeşitlilikteki ürünü tek makine ile yapabilmesidir. Ancak 3 boyutlu yazdırmanın, kalite güvencesinin yetersizliği, standartların yerleşmemesi gelişmeye açık alanları

oluşturmaktadır. Malzeme çeşitliliğinin az olması ayrıca malzeme maliyetlerinin yüksek olması dolayısıyla fazla miktarda üretimlerde kitlesel üretim kadar ekonomik olamamaktadır.

2. 3 BOYUTLU YAZDIRMA NEDİR?

3 boyutlu yazdırma, her türlü objenin bilgisayarda tasarlandığı şekilde fiziksel nesneye dönüştürülmesidir. Üstelik diğer imalat yöntemlerindeki pahalı makine, donanım ve kalıplara ihtiyaç duyulmamaktadır. Tasarım yapıldıktan sonraki tek gereksinim 3 boyutlu yazıcı ve malzemedir. 3 boyutlu yazıcılara baskı boyutu, yazdırmanın çözünürlüğü ve hangi malzemeleri işleyebildiğine bağlı olarak birkaç yüz ABD dolarından başlayan fiyatlarla sahip olunabilmektedir. Ayrıca her yazıcının yazdırabileceği en, boy, yükseklik birbirinden farklılık göstermektedir. Küçük nesnelere için uygun yazıcılar olduğu gibi daha büyük nesnelere için üretilmiş modeller de bulunmaktadır. Yazdırma işleminin kalitesini belirleyen en önemli konulardan biri yazdırma çözünürlüğüdür. Yazdırma çözünürlüğü malzemenin her katmanda hangi kalınlıkta olacağını ölçüsüdür. Düşük çözünürlükteki fotoğrafların çıktıları alındığında fotoğraflardaki bozulma 3 boyutlu yazıcılarda da düşük çözünürlükteki yazdırma işlemleri için geçerlidir. Aynı yerin fotoğrafı iki ayrı makinede çekildiğinde farklı sonuç alındığı gibi, aynı tasarım iki ayrı çözünürlükte yazdırıldığında da farklı sonuçlar elde edilmektedir. En yüksek çözünürlükte katman kalınlığı nanometre ölçeğinde olabilmektedir.

3 boyutlu yazdırmada kullanılan malzemelere yönelik patent sayıları ona olan ilgiyi göstermektedir (Tablo 3). 3 boyutlu yazıcılarda plastikler, metaller, seramik gibi çok çeşitli malzemeler için patentler alınmıştır. Metal malzeme kullanan 3 boyutlu yazıcıların fiyatları yüksek olduğu için genellikle işletmeler tarafından kullanılmaktadır. Plastik malzeme kullanan 3 boyutlu yazıcıların fiyatları ABD Doları olarak 3, en çok 4 basamaklı fiyat etiketine sahiptir. Tüketicilerin en çok tercih ettiği ürünlerdir. Piyasada en çok kullanılan malzemeler ise ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) ve PLA (Polylactic Acid) malzemeleridir. ABS petrol temelli bir plastiktir. PLA ise bitki temelli bir malzemedir (Chilson, 2013). Bunun yanında metal malzeme kullanan yazıcılar, daha pahalı olmaktadır ve genellikle kullanabilmeleri için metalin toz şeklinde olması gerekir. Çok sayıda malzeme için patent alınmıştır.

Tablo 3. 3 boyutlu yazdırmada kullanılan malzemelerle ilgili alınan patent sayıları

Malzeme	Adet	Malzeme	Adet
Seramik	211	Çelik	39
Plastik	183	Fotopolimerler	38
Kağıt	144	Karbon fiber	37
Alüminyum	142	Naylon	33
Polietilen tereftalat	131	Poliölefin	28
Kauçuk	114	Kil	25
Epoksi	112	Polivinil Asetat	24
Titanyum	95	Metakrilik	22
Nikel	92	Paladyum	21
Polietilen	85	Polylatic asit (PLA)	19
Polikarbonat	82	Polieter eter keton (peek)	16
Balmumu	80	Melamin	14
Termoplastik	70	Polieterimit	12
Poliamid	63	Polifenilsülfon	11
Polivinil Klorür	59	Poli parafenilen tereftalamid	8
Gümüş	56	Alkid	7
Polipropilen	56	Cam elyafı (fiberglass)	7
Fenolik	55	Yüksek yoğunluklu polietilen	6
ABS plastik	44	Poliamidimid	5
Elastomer (elastik polimer)	44	Furan	4
Termoset	44	Poliviniliden klorit	3
Polimid	40	RTV silikon	2
Paslanmaz çelik	40		

Kaynak: (Gridlogics Technologies, 2014, s. 40-41)

Tablo 4. 3 boyutlu yazdırma da kullanılan teknolojiler ile ilgili alınan patent sayıları

Teknoloji	Adet	Teknoloji	Adet
Stereolitografi yöntemi	557	Katmanlı Nesne İmalatı	118
Lazer sinterleme	365	Lazer eritme	95
Bileşimli yığıma (Fused Deposition Modeling)	321	Fotolitografi	88

Kaynak: (Gridlogics Technologies, 2014, s. 39-40)

Kullanılan malzemenin özelliklerine göre 3 boyutlu yazdırma farklı şekillerde yapılabilir. Erime sıcaklığı göreceli düşük olan

malzemeler eritici bir uç sayesinde noktasal olarak eritilip anlık olarak katılması sayesinde yazdırılırken, metal malzemeler toz halinde lazer temelli veya elektron ışını temelli teknolojilerle yazdırılmaktadır (Petrovic, Gonzalez, Ferrando, Gordillo, Puchades, & Grinan, 2011, s. 1066).

Tablo 5: 3 boyutlu yazdırmanın uygulama alanları ile ilgili alınan patent sayıları

Uygulama Alanı	Adet	Uygulama Alanı	Adet
Doku mühendisliği	528	Oyuncak	100
Mekanik	281	Uzay	93
Baskılı devre kartı	275	Havacılık	92
Otomotiv	264	İskele - nano iskele*	82
Giysi	234	Mücevher	81
Kalıp	214	Televizyon	61
Medikal	175	Ayakkabı	52
Telefon	163	Savunma	48
Protez	143	Mobilya	25
Robotik	117	Saat	19
Gıda sanayii	111	İnşaat	16

Kaynak: (Gridlogics Technologies, 2014, s. 38-39)

3 boyutlu yazıcıların uygulama alanları ile ilgili alınan patent sayılarında çoğunluğu doku mühendisliği, mekanik, basılı devre kartları, otomotiv, giysi, kalıp ve medikal olduğu görülmektedir (Tablo 5). Belirli bir 3 boyutlu yazdırma uygulamasının teknik veya ekonomik olarak mümkün olup olmadığı büyük ölçüde üretim hacmi, parti büyüklüğü, karmaşıklık ve malzeme maliyetine bağlıdır ve en yaygın uygulamalar düşük üretim hacmi, küçük parti büyüklüğü ve karmaşık tasarımlarda olmaktadır (Berman, 2012, s. 159).

3. 3 BOYUTLU YAZDIRMA İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

3 boyutlu yazıcılarla ilgili sosyal bilimler alanındaki ilk çalışmalardan biri Shane (2000)'in 3 boyutlu yazıcılara yatırım yapmış 8 girişimcinin pazar ile ilgili fırsatları nasıl algıladıklarını incelediği alan çalışması olmuştur. 3 boyutlu yazıcılar ile ilgili

* nanoscaffold: Filtreleme, enerji depolama, aydınlatma, doku mühendisliği gibi alt uygulama alanlarına sahiptir.

sosyal bilimcilerin yaptıkları çalışmalarda gelecek senaryoları (Gracht & Darkow, 2010; Birtchnell & Urry, 2013; Potstada & Zybura, 2014) ve vaka analizleri de (Mellor, Hao, & Zhang, 2014) kullanılmıştır. O'Hern ve Kahle (2013) ise kullanıcı tarafından oluşturulan içerikler ve pazarlamanın geleceğini 3 boyutlu yazıcılar açısından ele almışlardır. Tedarik zinciri yönetiminin geleceğinde 3 boyutlu yazıcıların etkisi incelenmiştir (Stanley E. & Waller, 2014). Kostakis, Niaros ve Giotitsas (2015) boyutlu yazıcıların eğitim alanındaki uygulamalarına yönelik deney yapmışlardır. Sezneva ve Chauvin (2014), kapitalizmin sanallaşıp sanallaşmadığını tarihi süreç içerisinde açıklamışlardır. Thilmany (2012), 3 boyutlu yazdırma teknolojilerinin arkeoloji çalışmalarında nasıl kullanılabileceğini açıklamıştır. Wittbrodt ve arkadaşları (2013) ise açık kaynak 3 boyutlu yazıcıların ekonomik analizlerini yapmışlardır.

3 boyutlu yazıcılar ile ilgili Türkiye'de yapılan bilimsel çalışmalar ağırlıklı mühendislik uygulamaları ve tasarım uygulamaları şeklinde olmuştur. Delikanlı, Sofu ve Bekçi (2005) üretim sektöründe 3 boyutlu yazdırmanın yerini açıklamışlardır. Türkiye'deki uygulamaların tarihçesi Negis (2009), tarafından yazılmıştır. Çavdar, Filiz ve Doğan (2006) 3 boyutlu yazıcının nasıl tasarlanacağını adım adım açıklamışlardır. Çelik ve arkadaşları (2013) farklı 3 boyutlu yazdırma teknolojilerini, uygulama alanlarını açıklamışlar ve nihai ürünlerin özelliklerini karşılaştırmışlardır. Gültekin ve arkadaşları (2006) 3 boyutlu yazıcılar için yazılım geliştirmişlerdir. Bircan ve Ekşi (2008) modelin yazdırılırken nereden başlanarak ve hangi sıra ile yazdırılacağını yazıcıya tanımlandığı dilimleme tekniklerinden bahsetmişlerdir. 3 boyutlu yazdırma teknolojilerinin dış tedavisindeki uygulamaları (Yıldırım & Bayındır, 2013), havacılıktaki uygulamaları (Kara, 2013), heykel sanatındaki uygulamaları (Poyraz & Dolunay, 2014), 3 boyutlu yazdırmanın endüstriyel tasarım mesleği üzerine etkileri (Alpay, 2012), giysi üretimi ve tasarımı üzerine etkileri (Değerli, 2013) incelenmiştir. Apak ve arkadaşları (2010) tarafından farklı 3 boyutlu yazıcılarda yazdırılan parçaların yazdırılma zamanları ve maliyetlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

4. 3 BOYUTLU YAZDIRMA İLE İLGİLİ UYGULAMALAR

3 boyutlu yazıcıların geleceğini şekillendirebilecek çalışmalardan birisi RepRap (<http://reprap.org>) projesidir. 3 boyutlu yazıcıların geliştirilmesi için kurulmuş bir topluluktur. Amaçları kendini üretebilen 3 boyutlu yazıcılar üretmektir. Üyeler herhangi

bir yazıcıyı temel alarak kendi yazıcılarını geliştirebilmekte ve kendi yazıcısını üretilip satabilmektedir. Yazıcılar kendi parçalarının büyük büyük bölümünü üretebilmekte olduklarından müşteriler ikinci üç boyutlu yazıcı siparişi verdiklerinde daha az parça satın almaları yeterli olmaktadır.

Thingiverse (<http://www.thingiverse.com>) 3 boyutlu yazıcılar için oluşturulmuş nesnelere paylaşıldığı internet sitesidir. Bu site üzerinden çeşitli kullanıcıların oluşturdukları binlerce tasarım indirilebilmektedir. Tasarımlar, dekorasyon ürünlerinden, moda ürünlerine, ev eşyalarından makine parçalarına kadar pek çok şeyi kapsamaktadır.

Markus Kayser (<http://www.markuskayser.com>) isimli bir tasarımcı ilk olarak çölde güneş enerjisi ile çalışabilen 3 boyutlu yazıcısını 2011'de tanıttı. Yaptığı 3 boyutlu yazıcı ile çöl kumundan nesnelere yapmayı başardı. Bu yazıcı çalışmak için enerjisini ve hammaddesini dışardan temin etmeye ihtiyaç duymamaktadır. Bu çalışma özellikle ücra yerleşim yerlerindeki yaşam standartlarının geliştirilmesine önemli katkıları olabilecek bir çalışmadır.

Protoprint (<http://www.protoprint.in/>) Hindistan çöplüklerindeki toplayıcıların topladıkları HDPE ve ABS malzemelerini filamente dönüştürüp satan bir organizasyondur. Bu organizasyon aynı zamanda geri dönüştürülmüş filamentler için ilk adil ticaret organizasyonudur.

Kickstarter, (www.kickstarter.com) 3 boyutlu yazıcılara özel bir oluşum değildir. Burada yeni proje geliştiren kişiler projelerinin tanıtımını yapmakta ve kendilerine destek olabilecek kişileri bulabilmektedirler. Çok sayıda 3 boyutlu yazıcı ile ilgili proje siteden inceleyebilir, beğenilen projelere yatırım yapılabilir ya da ilk ürünler satın alınabilir.

5. 3 BOYUTLU YAZICILARIN GELECEĞİ

3 boyutlu yazıcılar işletmelerde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. ABD'de 114 işletme ile yapılan bir araştırmaya göre işletmelerin üçte ikisinin 3 boyutlu yazdırma tekniklerini benimsedikleri ve doğrudan ya da dolaylı kullandıkları ve onda birinden daha azı ise 3 boyutlu yazıcıları benimsemeyi düşünmedikleri ortaya çıkmıştır (PWC, 2014). Tüketici tarafında ise ürünü kullanmak her geçen gün daha ekonomik hale gelmektedir. 3 boyutlu yazıcının alış fiyatı, elektrik sarfiyatı ve malzeme maliyetleri ile yıl içerisinde ihtiyaç duyulabilecek ürünlerin satış fiyatları karşılaştırıldığında 3 boyutlu yazıcı almak ekonomik açıdan

(ABD'deki) tüketici için cazip olduğu söylenebilir (Wittbrodt, et al., 2013, s. 720). Pazar büyüklüğü ile ilgili yapılan tahminlerde 2013 yılında yaklaşık 2,5 milyar \$ olarak gerçekleşen 3 boyutlu yazıcı pazarının 2018 yılında 16,2 milyar \$'a çıkacağı tahmin edilmektedir (Canalys, 2014). 3 boyutlu yazıcı pazarının orta vadeli yıllık bütünlük büyümesinin %95'e çıkabileceği ön görülmektedir (Basiliere, 2013).

Radikal yeniliklerin ortaya çıkması, gelecekle ilgili tahminleri daha ilgi çekici hale getirmektedir. Gerçek "atom"dan sanal "bit"e geçiş akademik ilgiyi çekmiştir ve ürünler dijital olarak düzenlenip dağıtıldıklarında ne olacağı hakkındaki sorular artmıştır (Sezneva & Chauvin, 2014, s. 126). Postada ve Zbura, (2014, s. 104) uzmanlar tarafından en geç 20 yıl içerisinde mümkün olacağı düşünülen 3 boyutlu yazıcı uygulamalarından bir kaçını biyomedikal tanı, tek kullanımlık elektronikler, aydınlatma, ekranlar, akıllı tekstil, kişiselleştirilmiş ilaçlar, gıda, hücre dokusu protezleri olarak belirlemiştir.

3 boyutlu yazıcılarla ilgili Birtchnell ve Urry (2013) 4 adet senaryo geliştirmişlerdir. Senaryolarını iki temel boyutta kurgulamışlardır. Bunlardan ilki teknolojinin maddi ulaşılabilirliği, kullanıcıların öğrenmesi ve günlük işleri için kullanabilmeleri ve insanlar için teknolojinin normal hale gelmesi ile ilgilidir. İkinci boyut ise 3 boyutlu yazıcılar ile ilgili gelişmelerde büyük işletmelerin mi yoksa sivil toplum, bireyler ve küçük grupların mı baskın olacaklarıdır. Bu senaryolar gelecekte 3 boyutlu yazıcıların nasıl bir gelişme gösterebileceklerine yönelik işletmelere ve piyasa düzenleyicilere önemli öngörüler sağlayabilir.

Graham vd. (2013, s. 1) senaryoları pür teknolojik ve sosyal, ekonomik olarak ikiye ayırmıştır. İkinci gruptaki senaryoların hazırlanmasında işletme, endüstriyel tasarımcılar, sosyoloji, sanatçılar ve bilgisayar bilimciler katkıda bulunmaktadır. İkinci tür senaryolar geleceği tahmin etmede daha başarılı olabilir ve daha çok boyutu içerir. Delphi analizi ile lojistik sektörü için 2025 senaryosu oluşturan Gracht ve Darkow (2010), 3 boyutlu yazıcıların etkilerini de öngörmeye çalışmıştır. Gelecek öngörülerini her sektörde 3 boyutlu yazdırma için yapılmalıdır.

3 boyutlu yazıcıların yaygınlaşması ile devletlerin vergileri ne zaman, nerede, kimden, nasıl alacakları konusu önem kazanacaktır (Cozmei & Caloian, 2012, s. 461) ve bu çerçevede pek çok soru akla gelebilecektir. Verginin zamanlaması 3 boyutlu tasarım elde edildiğinde mi, yoksa nesne bastırıldığında mı olacaktır? Vergi satıcıdan mı, alıcıdan tahsil edilecektir? Satıcı yurt

dışında ise vergilendirme ne şekilde işleyecektir? Vergilendirme tutarın yüzdesi olarak mı, parça başı mı, kullanılacak malzeme türü ve miktarına göre mi olacaktır? Şimdi yürürlükte olan farklı ürün grupları için farklı uygulanan vergi oranları gelecekte de uygulanabilecek midir?

Kullanıcıların kendi tasarımlarını birbirleri ile paylaşabilmeleri, ürünlerin daha az parça ile üretilibilmeleri aynı zamanda daha az montaj gerektirecektir hatta bazı ürünler için montaj gereksiz hale gelecektir. Ürünlerin evde dahi bulunabilecek kadar ucuz üç boyutlu yazdırma cihazlarında üretilibilmeleri üretim, işletme ve tüketici üzerinde önemli değişimleri ortaya çıkabilecektir.

İşletmeler için karmaşık planlamalar, sofistike makineler ve çok iyi tasarlanmış tedarikçi ağları ile desteklenen üretim çok daha yalın bir hâl alacaktır. Tek bir 3 boyutlu yazıcı ile sınırsız sayıda farklı parça basılabilecek, farklı ürünlerin basılması esnasında yeni kalıp takma, makinenin ayarlarını değiştirme gibi işlemlere gerek kalmayacaktır. Makinelerin başındaki operatörlere de eskiye göre daha az ihtiyaç duyulacaktır. İşletmeler odaklarını üretimden daha çok pazarlamaya kaydırma eğilimlerini sürdüreceklerdir. Çünkü üretim eskisinden daha az karmaşıklaşırken tüketici beklentilerini karşılayabilmek daha zor hale gelecektir. Tüketicilerin bireysel isteklerine hızla cevap verebilmeleri gerekecektir. Ölçek ekonomileri; 3 boyutlu yazdırma teknolojilerinin üretim hatları gibi yan sanayilere, kalıplara, operatörlere ihtiyaç duymadığı için eskisi kadar önemli olmayacaktır. Ancak işletmelerin yazılım destekli tasarım hizmetlerini sunmalarındaki etkililikleri ve tüketici beklentilerine uygun geliştirdikleri tasarımları çok daha önemli olacaktır. Ürünlerin üretim biçimlerinin veya kullanılan malzemelerle farklılaştırmanın, eskiye göre daha zor olması beklenebilir. Çünkü 3 boyutlu yazdırma makinelerinin fiyatları çok pahalı olmadığı için rakiplerin bunlara ulaşabilmesi çok zor olmayacaktır. Üretim boyutunda makinelerin fiyatlarının düşmesi ve her birinden çok sayıda farklı ürün üretebilmenin mümkün olması dolayısıyla piyasaya giriş engelleri azalacaktır (Snyder, Cotteleer, & Kotek, 2014, s. 3). Giriş engellerinin azalması rakip sayısının artması sonucunu doğuracaktır. Ölçek ekonomilerinin önemsizleştiği ve pazara giriş engellerinin azaldığı bir durumda işletmelerin daha mikro ölçeklere gelmeleri beklenebilir. Ancak iletişim araçlarının gücü ve işletmeye özel yazılımları üretmenin maliyetleri göz önüne alındığında büyük ölçekli işletmeler rekabet üstünlüklerini devam ettirebilirler.

Üretimin gelecekte, tüketim noktalarına daha fazla yaklaşması en olası senaryo gibi görünürken, geleceğin işletmelerinin yerel KOBİ'lerden mi yoksa küresel şirketlerden mi oluşacağı konusu muğlaktır. Buradaki muğlaklık yerel işletmeler ile küresel işletmelerin hangisinin gelecekte daha başarılı olacaklarını belirleyen iki ana soru bulunmaktadır. Bunlardan birincisi müşterilerin ihtiyaçlarını kimin doğru anlayacağı, ikincisi ise yasa koyucuların hangisinden yana olacağıdır?

Gelecekte tüketicilerin diğer tüketiciler ile etkileşimi sonucunda oluşturdukları yeniliklerin önem kazanması beklenebilir (O'Hern & Kahle, 2013). Şimdiye kadar özellikle yazılımların açık kodlu geliştirilmesinde kullanılan alanın, tüketicilerin iletişiminin artmasıyla daha da yaygınlık kazanması beklenebilir. Özellikle 3 boyutlu yazdırma teknolojileri ile bireylerin üretim araçlarına ulaşılabilirliklerinin gelişmesi sonucu kendileri için gerekli olan tasarımları ortak geliştirebilir ve diğerlerinin tasarımları üzerinde düzenleme yapabilir ya da hazır tasarımlardan baskı alabilirler. Bu sayede kullanıcılar daha önceden çok pahalıya alabildikleri ürünleri daha ucuza alabilecekleri gibi, kişisel zevklerine daha fazla uyan ürünlere de sahip olabilirler.

SONUÇ VE TARTIŞMA

3 boyutlu yazdırma teknolojileri yalnızca üretim yönteminde değil sosyo-ekonomik dönüşüm de vaat etmektedir. Teknolojinin yaygınlaşması ve gelişiminin yönünün belirlenmesinde sosyal bilimciler, en az fen bilimciler kadar etkili olabileceklerdir. Sosyal konular teknolojik ilerleme kadar önemli olacaktır ve onun hangi yönde ilerleyeceğine zemin hazırlayacaktır. 3 boyutlu yazıcılar, ürün, üretim, işletme, iş, tüketim, tüketici, küreselleşme, şehir, kültür, boş zaman gibi kavramların ne olduğunu yeniden düşünmeyi gerektirebilir. Çünkü bu kavramların, hepsi sanayi devrimi ile yeni anlamlar kazanmış, daha önceki dönemlere göre köklü değişiklikler yaşamıştır. Şimdi eğer sanayi devriminde önemli bir dönemeç söz konusu ise, bu kavramlar yeniden köklü biçimde değişecektir. Bu kavramlar pek çok disiplinin ilgi alanına girmekte, ancak tek bir disiplinin konunun tamamını anlayabilmesi ve öngörebilmesi mümkün görünmemektedir. Bu sebeple bu kavramlardaki değişimlerin anlaşılabilmesi disiplinler arası bir çalışma gerektirmektedir.

Tamamen kendini üretebilen 3 boyutlu yazıcılar, her hangi bir ürünü modelleyebilen 3 boyutlu tarayıcılar ve eski malzemeleri

yeniden kullanabilmeyi sağlayan makinelerinin birlikte bulunduğu bir dünyada köklü değişime uğramayan bir kavramın kalabilmesi mümkün görünmemektedir. Sosyal bilimciler için orta vadede cevaplanması gereken soruların en önemlilerinden bir kaçışunlar olabilecektir:

- Hammadde israfını azaltan, enerji tasarruflarını destekleyen ve geri dönüşümü bireysel olarak mümkün kılan bu teknolojinin çevre kirliliğinin önlenmesinde en etkin kullanım şekli ne olabilir?

- Açlık sınırının altında yaşayan bireylerin günlük kullanılabilecekleri eşyaları onlara ücretsiz temini ve onların kazanç sağlamalarını sağlayacak sosyal sorumluluk projeleri gerçekleştirilebilir mi?

- Tüketim ve tüketicilerin davranışlarında ne gibi değişimler meydana gelebilir? Rep-rap benzeri kullanıcı topluluklarına olan ilgi nasıl çekilebilir? Ürün geliştirme, tasarım ve yazılım için yeni grupların kurulması nasıl sağlanır?

- Sektör bazında fırsatlar ve tehditler nelerdir? Girişimciler için yüksek katma değerli yatırım alanları nerelerdir? Kullanıcı gruplarındaki kişilerin girişimci olmaları nasıl cesaretlendirilebilir?

- Ürünlerin küresel ölçekte üretilmesinden, bireysel ölçekte üretilmesine geçişte, küresel işletmelerin durumları ne olacaktır? İşletme kavramındaki dönüşüm nasıl olacaktır? İş, çalışma saatleri, iş yeri gibi kavramların dönüşümü nasıl gerçekleşecektir?

- İşsizlik daha kitleselleşecek mi? Yoksa iş kavramı mı muğlaklaşacak?

- Dünyada ki zenginlik ve refahın paylaşımı nasıl yapılacaktır? Paylaşımı etkileyen unsurlar değişiklik gösterecek mi?

- Ülkeler arası rekabette önemli konular neler olacak? Küreselleşme kavramının ekonomik ağırlıklı tanımları nasıl değişecek?

- Fakir ve zengini ürün sahipliği üzerinden tanımlamanın tamamen anlamsızlaşması sonucu bunları tanımlarken neler göz önüne alınacaktır?

- Ürünler bollaşırken kıtlaşan kaynaklar neler olacak?

- Gereksinim duyduğu ürünler için yakın çevresine ihtiyaç duymayan kişilerden oluşan bir toplumu bir arada tutacak unsurlar neler olacak?

- Ülkelerin ürün ve üretim anlamında birbirlerine olan bağımlılıklarının azalmasının siyasi sonuçları olacak mı?

- Telif hakları önemini sürdürecektir mi? Gelişmiş ülkelerin telif haklarını daha fazla sıkılaştırma girişimlerine diğer ülkelerin tepkisi ne olacak? Kullanıcı topluluklarının açık kaynaklı paylaşımları telif haklarını dar bir alana sıkıştırabilecek mi?

• Yaşamını idame ettirebilmek için dışarıdan hiçbir fiziksel ürüne ihtiyaç duymayan kişiler için şehirler vazgeçilmez yerler mi olacak? Yaşamlarını yerleşim yerlerinden çok uzak yerlere taşıyabilirler mi? Şehirleşme ile sanayileşme arasındaki pozitif ilişki kırılmak üzere mi?

• Bu yeniliğin oluşturulmasında, standartlarının belirlenmesinde, yaygınlaştırılmasında üniversitelerin rolleri ne olacak?

Yeniden düşünme süreci ne kadar geniş bir perspektifle yapılırsa yeni teknolojinin gelişmesi o kadar doğru alanlarda sürecektir. Sosyal bilimler ve fen bilimleri alanlarından araştırmacıların birlikte çalışması önemli bilgileri ortaya çıkarabilecektir. 3 boyutlu yazdırmanın yukarıdaki kavramları nasıl değiştirebileceklerinin analizlerinin nasıl yapılacağı ile ilgili Birtchnell ve Urry (2013)'in yaptıkları gelecek senaryoları yol gösterici ve başlangıç noktası olabilir. Senaryo ve diğer teknikler kullanılarak gelecekte 3 boyutlu yazıcıların nasıl gelişecekleri ile ilgili olası durumlar tespit edilebilir. Bu tespitler sonrası her bir olası durumda kavramların nasıl değişecekleri öngörülebilir. Yapılacak öngörüler yeni teknolojiye yatırımı işletme, sektör ve ülke bazında daha gerçekçi temellere dayanarak yapılmasına zemin sağlayabilecektir.

KAYNAKÇA

- Aliverti, P., Ve Maietta, A. (2014). Make - The Maker's Manual: A Practical Guide To The New Industrial Revolution. Maker Media.
- Alpay, E. (2012). Implications Of Additive Manufacturing Applications For Industrial Design Profession From The Perspective Of Designers. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) Odtü, Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara.
- Anderson, C. (2012). Makers: The New Industrial Revolution. Crown Publishing Group.
- Apak, S., Özüğür, B., Korkut, İ., Şeker, U., Ve DüNDAR, K. (2010). Farklı Hızlı Prototipleme Cihazlarında Üretilen Parçaların Üretim Zamanı Ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması., (S. 354-363). Balıkesir.
- Ariadi, Y., Campbell, R., Evans, M., Ve Graham, I. (2012). Combining Additive Manufacturing With Computer Aided Consumer Design. 23rd International Solid Freeform Fabrication Symposium, , (S. 238-249). Austin, Texas, .
- Barnatt, C. (2013). 3d Printing: The Next Industrial Revolution. Createspace Independent Pub.
- Basiliere, P. (2013). 3d Printing: The Hype, Reality And Opportunities. 10 21, 2014 Tarihinde Gartner: [Http://Www.Gartner.Com/It/Content/2589000/2589023/October_1_3d_Printing.Pbasiliere.Pdf?Userid=13498280](http://www.gartner.com/it/content/2589000/2589023/October_1_3d_Printing.Pbasiliere.Pdf?Userid=13498280) Adresinden Alındı

- Berman, B. (2012). 3-D Printing: The New Industrial Revolution. *Business Horizons*, 155-162.
- Bircan , D., Ve Ekşi, A. (2008). Iges Based Direct And Adaptive Slicing Of Cad Models For Rp Applications. *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, 19(4), 50-58.
- Birtchnell, T., Ve Urry, J. (2013). 3d, Sf And The Future. *Futures*(50), 25-34.
- Canalys. (2014, 03 31). 3d Printing Market To Grow To Us\$16.2 Billion İn 2018 . 10 25, 2014 Tarihinde [Http://Www.Canalys.Com/Newsroom/3d-Printing-Market-Grow-Us162-Billion-2018](http://www.canalys.com/newsroom/3d-printing-market-grow-us162-billion-2018) Adresinden Alındı
- Chilson, L. (2013, 01 27). The Difference Between Abs And Pla For 3d Printing. 10 23, 2014 Tarihinde [Http://Www.Proprietorparadigm.Com/News-Updates/The-Difference-Between-Abs-And-Pla-For-3d-Printing/](http://www.protoparadigm.com/news-updates/the-difference-between-abs-and-pla-for-3d-printing/) Adresinden Alındı
- Cozmei, C., Ve Caloian, F. (2012). Additive Manufacturing Flickering At The Beginning Of Existence. *Procedia Economics And Finance*, 457-462.
- Çavdar, F., Filiz, İ., Ve Doğan , C. (2006). Bir Hızlı Prototipleme Makinesi Tasarımı. *Timak- Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, (S. 317-325). Balıkesir.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M., Ve Duysak, A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri Ve Uygulama Alanları. *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*(31), 53-70.
- Değerli, N. G. (2013). Endüstriyel Giysi Üretiminde Kişiselleştirme Olgusu Ve Tasarım Sürecine Olan Etkisi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Delikanlı, K., Sofu, M., Ve Bekçi, U. (2005). Üretim Sektöründe Hızlı Direkt İmalat Sistemlerinin Yeri Ve Önemi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 33-39.
- Forrest, E., Ve Cao, Y. (2013). Digital Additive Manufacturing: A Paradigm Shift İn The Production Process And Its Socio-Economic Impacts. *Engineering Management Research*, 2(2), 66-70.
- Freeman, C., Ve Louca, F. (2001). *As Times Goes By. From The Industrial Revolutions To The Information Revolution*. Oxford University Press.
- Gershenfeld, N. (2008). *Fab: The Coming Revolution On Your Desktop-From Personal Computers To Personal Fabrication*. Basic Books.
- Gracht, H., Ve Darkow, I.-L. (2010). Scenarios Forth Elogistics Services İndustry: Adelphi-Based Analysis For2025. *Int. J.Productioneconomics*, 46-59.
- Graham, G., Greenhill, A., Ve Callaghan, V. (2013). Exploring Business Visions Using Creative Fictional Prototypes. *Futures*(50), 1-4.
- Gridlogics Technologies. (2014). 3d Printing Technology Insight Report An Analysis Of Patenting Activity Around 3d-Printing From 1990-Current.
- Gültekin, M., Filiz, İ., Doğan, C., Ve Çavdar, F. (2006). Hızlı Prototipleme Yazılımı Geliştirme Çalışması. *Timak, Tasarım, İmalat Analiz Kongresi*, (S. 326-334). Balıkesir.
- Hu, S. (2013). Evolving Paradigms Of Manufacturing: From Mass Production To Mass Customization And Personalization. *Forty Sixth Cirp Conference On Manufacturing Systems 2013* (S. 3-8). Elsevier B.V.
- Hu, S., Ko, J., Weyand, L., Elmaraghy, H., Lien, T., Koren, Y., Et Al. (2011). Assembly System Design And Operations For Product Variety. *Cirp Annals-Manufacturing Technology*, 715-733.

- Kara, N. (2013). Havacılıkta Katmanlı İmalat Teknolojisinin Kullanımı. Mühendis Ve Makina,, 54(636), 70-75.
- Katel, P. (2012). 3d Printing: Will It Revolutionize Manufacturing? Cq Press,.
- Kostakis, V., Niaros, V., Ve Giotitsas, C. (2015). Open Source 3d Printing As A Means Of Learning: An Educational Experiment In Two High Schools In Greece. Telematics And Informatics, 1, 118-128.
- Leading Edge Forum. (2012). 3d Printing And The Future Of Manufacturing.
- Lipson, H., Ve Kurman, M. (2013). Fabricated: The New World Of 3d Printing. John Wiley Ve Sons.
- Mellor, S., Hao, L., Ve Zhang, D. (2014). Additive Manufacturing:A Framework For Implementation. Int. J.Productioneconomics, 194-201.
- Negis, E. (2009). A Short History And Applications Of 3d Printing Technologies İn Turkey. Us - Turkey Workshop On Rapid Technologies.
- O'hern, M., Ve Kahle, L. (2013). The Empowered Customer: User-Generated Content And The Future Of Marketing. Global Economics And Management Review(18), 22-30.
- Petrovic, V., Gonzalez, J., Ferrando, O., Gordillo, J., Puchades, J., Ve Grinan, L. (2011). Additive Layered Manufacturing:Sectors Of Industrial Application Shown Through Case Studies. International Journal Of Production Research, 1061-1079.
- Ponsford, M., Ve Glass, N. (2014). The Night I İvented 3d Printing. 10 19, 2014 Tarihinde Cnn: [Http://Edition.Cnn.Com/2014/02/13/Tech/İnnovation/The-Night-İ-Invented-3d-Printing-Chuck-Hall/](http://Edition.Cnn.Com/2014/02/13/Tech/İnnovation/The-Night-İ-Invented-3d-Printing-Chuck-Hall/) Adresinden Alındı
- Potstada, M., Ve Zyburu, J. (2014). The Role Of Context İn Science Fiction Prototyping:The Digital İndustrial Revolution. Technological Forecasting Ve Social Change(84), 101-114.
- Poyraz, B., Ve Dolunay, A. (2014). Heykel Sanatında Ön Modelleme Aşaması Ve Uç Boyutlu Yazıcı Uygulamaları. Ulakbilge, 2(3), 69-80.
- Pwc. (2014, 06). 3d Printing And The New Shape Of İndustrial Manufacturing. 10 27, 2014 Tarihinde Pwc.Com: [Http://Www.Pwc.Com/Us/En/İndustrial-Products/Assets/3d-Printing-Next_Manufacturing-Chart-Pack-Pwc.Pdf](http://Www.Pwc.Com/Us/En/İndustrial-Products/Assets/3d-Printing-Next_Manufacturing-Chart-Pack-Pwc.Pdf) Adresinden Alındı
- Rundle, G. (2014). A Revolution İn The Making: 3d Printing, Robots And The Future. Affirm Press.
- Sezneva, O., Ve Chauvin, S. (2014). Has Capitalism Gone Virtual? Content Containment And The Obsolescence Of The Commodity. Critical Historical Studies, 125-150.
- Shane, S. (2000). Prior Knowledge And The Discovery Of Entrepreneurial Opportunities. Organization Science, 11(4), 448-469.
- Smithers, A. (2013). The 3d Printing Revolution - Licence To Print Money?: 3d Printing Revolution Create. Space Independent Publishing Platform.
- Snyder, G. H., Cotteleer, M., Ve Kotek, B. (2014). 3d Opportunity İn Medical Technology: Additive Manufacturing Comes To Life. Deloitte University Press.
- Stanley E., F., Ve Waller, M. (2014). Can We Stay Ahead Of The Obsolescence Curve? On Inflection Points, Proactive Preemption, And The Future Of Supply Chain Management. Journal Of Business Logistics, 35(1), 17-22.

- Thilmany, J. (2012, 04). History İn 3-D. Mechanical Engineering Magazine, 44-46.
- Wittbrodt, B., Glover, A., Laureto, J., Anzalone, G., Oppliger, D., Irwin, J., Et Al. (2013). Life-Cycle Economic Analysis Of Distributed Manufacturing With Open-Source 3-D Printers. Mechatronics, 713-726.
- Yıldırım, M., Ve Bayındır, F. (2013). Protetik Diş Tedavisinde Hızlı Prototip Üretim Teknolojileri. Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg., 23(3), 430-435.