



Sayısal Tasarım Sürecinin Tekstil Baskı Trendleriyle Etkileşimi

Şükran ÖZKAN, Bülent Onur TURAN

*Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
sukranozkan@hotmail.com.tr
bulent.onur.turan@msgsu.edu.tr (Corresponding Author)*

Özet

Birçok endüstride olduğu gibi, tekstil tasarım ve üretim süreçlerinde sayısal teknolojiler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bilim ve teknolojinin etkileşimi ile gelişen, sayısal tasarım ve üretim süreçlerinde kod ve özel yazılım, tekstil tasarım ve üretim süreçlerinde giderek etkisini arttırmaktadır. Teknoloji, bilgi ile çalışma kabiliyetimizi arttırmakta, aynı zamanda yeni ve farklı düşünme biçimlerinin de önünü açarak yaratıcılığın ve özelleştirilmiş tasarımın gelişimini desteklemektedir. Araştırmada, tekstilde sayısal tasarım sürecinde kod ve özel yazılım yoluyla tekstil baskı tasarımı yaklaşımına değinilecektir. Ayrıca sayısal üretim yöntemlerinden inkjet baskı teknolojisi incelenecek, sayısal tasarım sürecine sağladığı olanaklara yer verilecektir. Çağdaş yazılım sanatının kreatif etkisinin tekstil tasarım sürecindeki rolü örneklerle ifade edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yaratıcı kodlama, Üretken Sanat, Sayısal Baskı Tasarımı, İnkJet Baskı, Sayısal Üretim.

INTERACTION OF DIGITAL DESIGN PROCESS WITH TEXTILE PRINT TRENDS

ABSTRACT

As in many industries, Digital Technologies are widely used in textile design and production processes. Developing with the interaction of Science and technology, code and special software in digital design and production processes increases the influence of textile design and production processes. It enhances our ability to work with technology and knowledge, and at the same time supports the development of creativity and customized design by opening up new and different ways of thinking. The research will touch on the approach of textile printing design through code and special software in the process of digital numerical design. In addition, inkjet printing technology will be examined from the digital production methods, and the possibilities provided for the digital design process will be included. The role of contemporary software art in the textile design process will be explained by examples.

Keywords: Creative Coding, Generative Art, Digital Print Design, Inkjet Printing, Digital Production.

1. GİRİŞ

Tekstil tasarım ve üretimi süreçlerinde her dönem sanatın kreatif vizyonundan esinlenme, bilimsel ve endüstriyel yeniliklerle işbirliği içinde gelişim ve değişim gözlenmiştir. Yaşanan gelişmelere paralel olarak tasarımcıların da daha önce hayal edilmemiş bakış açısı geliştirdikleri görülmüştür. Sayısal teknolojilerin yaratıcılık alanındaki gelişimi ve etkileşimi ile tekstil sanatçıların ve tasarımcıların, kavram ve imajları görselleştirebilme açısından yeni görsel ve malzeme dilini benimsemesi gerekmektedir. Geleneksel süreçlerin bilgi ve tecrübesinin, sayısal teknolojilerin sunduğu imkânlarla desteklenmesi, sanatçı ve tasarımcılar için zengin bir çeşitlilik de ortaya koymaktadır.



2. SAYISAL TEKNOLOJİLERİN TEKSTİLDE KULLANIM ALANLARI

Birçok endüstride olduğu gibi, tekstil tasarım ve üretim süreçlerinde bilgisayar tabanlı teknolojiler başlıca üç alanda toplanabilmektedir; CAD teknolojisi, tekstil tasarımcılarının sanal örnekleri bilgisayar ekranı üzerinde geliştirip gösterebilmelerini ve tekstil ürünlerinin görünümünü malzeme ve imalat proseslerini simüle etmelerini sağlamaktadır. CAM teknolojileri; bilgisayar tabanlı tekstil makineleri, programlanabilir denetleyiciler, endüstriyel bilgisayarlar, veri geçitleri, hücre denetleyicileri, veri toplama, yığın denetleyicileri ve sürücü ana denetleyicileri aracılığıyla eğirme, dokuma, örme, baskı veya bitirme işlemlerini desteklemek için kullanılmaktadır. CIM, üretim yaklaşımı; bireysel süreçlerin birbirleriyle bilgi alışverişinde bulunmasına, planlama, yönetim ve üretim dahil eylemleri başlatmasına izin verir. CIM'in nihai hedefi esas olarak tekstil tasarımı, imalatı, testi, kalite kontrolü ve nihai ürün pazarlaması, perakende için süreç kontrolü ve bilgi iletişiminin sayısal bir platformunu sağlamaktır (Hu, 2011).

2.1. Tekstilde Üretim Sürecinde Kullanılan Sayısal Teknolojileri

Sayısal imalat yöntemleri, malzeme ve zaman kaybını en aza indirmeye yardımcı olan üretim öncesi görselleştirme ve analiz araçlarının benimsenmesiyle tasarım ve üretim süreçlerini yeniden şekillendirmekte olan ileri bir üretim modelidir. Sistem altyapısına (bilgi, hesaplama, yazılım, algılama, ağ oluşturma) ve yeni materyallerin kullanımına dayanan bir grup etkinliği birleştirerek ürün üretimini tanımlamak için kullanılmakta olup (Vallett, Knittel, Christe, Castaneda, 2017), bir imalat makinesinin bir bilgisayar ve yazılım yani kod ile kontrol edildiği üretim süreci olarak da tanımlanabilmektedir. İlerleyen teknik arenada 'kod' yaratıcı potansiyelinin yanı sıra üretim safhasında da kritik önemini arttırmaktadır (Braddock, Harris, 2012).

Sayısal üretim yöntemlerinde InkJet baskı, lazer kesim, CNC router ve 3D baskı imkanları sektör profesyonellerince yaygın olarak kullanılmaktadır. Inkjet baskı sistemleri tekstil alanında önceleri yalnızca numuneleri prototipleme aracı olarak kullanılmaktaydı. Prototipleme büyük ölçüde numune maliyetlerini düşürürken, tasarımcıların dijital baskının tasarım potansiyelinden faydalanma imkânı bulunmuyordu. Günümüzde inkjet baskı endüstri içinde yaygın kullanımı ile yerini almış durumdadır.

2.1.1. Sayısal InkJet Baskı Teknolojisi

InkJet baskı CAD sisteminde üretilen sayısal desen verilerini kullanarak çok ince düzeler yardımı ile baskı mürekkebinin online olarak kumaşa püskürtülmesi esasına dayanmaktadır. 1980'lerin ortalarında evde kullanım için geliştirilen ilk lazer yazıcılar, tonerin kağıda kaynaştırılması için elektrik şarjı ve odaklanmış ışık kombinasyonu kullanmakta olup, nokta vuruşlu yazıcıların 72 dpi çözünürlüğünden daha yüksek, inç başına 300 dpi baskıya olanak tanımaktaydılar. İlerleyen dönemde mürekkep püskürtmeli (inkjet) yazıcının icadı, mevcut ortam ve mürekkep kapasitesini genişletmiş, baskı sistemlerinin gelişmiş temel püskürtme nozzle tasarımı, kağıt, plastik ve kumaş vb. çeşitli materyale baskı yapma olanağı tanımıştır (Reas, McWilliams, Lust, 2010).

Inkjet baskıcılığının tarihi gelişim sürecinde; 1749 Nollet tarafından kontrollü sıvı damlacıklarının oluşturulması için ilk araştırmaların başlatılması, 1867 Thomson tarafından ilk patent alınması, 1951 İlk inkjet kayıt aletinin Siemens tarafından piyasaya çıkarılması, 1975 Jet baskı sistemlerinin halı baskıcılığında kullanılması, 1977 Canon ve HP'nin termal ink jet baskı patentini alması, 1991'de ise Jet baskı sistemlerinin kumaş baskıcılığında kullanılmaya başlaması görülmüştür. Tekstil endüstrisinde geniş format inkjet yazıcılar ve uygun mürekkep gelişimi 1998'de, endüstri ölçekli yazıcıların gelişimi 2003 yılında olmuştur. 2010 yılında ise yüksek hızlı (single-pas) sistemlerinin (üretim hızı 20-75 m/dk arasında) piyasaya çıkmasıyla baskı sürecinde ciddi değişim yaşandığı görülmüştür. Tek geçişli (single-pass) baskı konsepti numuneden uzun metraj baskılara kadar seri üretimde kullanılabilir (Kanık, 2016).



Endüstrinin ekonomik kısıtlamalarıyla geleneksel baskıda tekstil tasarımcıları, ürünlerini genellikle dört ila on renk arasında değişen renk yolunda geleneksel baskıya yönelik hazırlamaktaydılar. Analog baskı sistemlerinin aksine, sayısal inkjet baskı, herhangi bir basılı imajda binlerce rengin kullanımına olanak tanımaktadır. Akademisyenler, bir ile on milyon arasındaki renklerin göz ile ayır edilebileceğini savunmaktadır. Bilgisayar ekranları ise insan gözünün görebileceğinden çok daha fazla, 16.4 milyona kadar renk üretebilmektedir. CAD ekranlarında bulunan bu geniş renk yelpazesi, tasarımcılara basılı ürün ile aynı sonuçları elde etme isteği uyandırmaktadır (Treadaway, 2004). Ancak ilk etapta inkjet baskıdaki en büyük zorluk tasarımcıların renk kullanımına olan yaklaşımından kaynaklanmaktaydı. Geleneksel serigrafi ve rulo baskıcılıkta spot (formüle) renk kullanılıp, her bir renk tonu baskı öncesinde laboratuvarında özel olarak hazırlanmaktadır. Inkjet baskıda renkler dört temel CMYK proses renginin malzeme üzerinde tram efektiyle karışmasıyla elde edilirken, günümüzde kartuş sayısında standart 8 olup, 32 ye kadar çıkabilmektedir.

İnsanlar rengi, ışık yayıcılarından ve ışık emicilerden olmak üzere iki şekilde görmektedir. Sayısal görüntü her biri kırmızı, yeşil ve mavi bileşene sahip piksellerden oluşur. CAD ekranları, kullanıcıların RGB'yi birleştirerek milyonlarca renk algılayabilmeleri için akıllıca tasarlanmıştır. Işık emicilerde ise oldukça farklı olarak materyaldeki pigmentler belirli frekansları absorbe eder ve başkalarının yansımalarına izin verir. Işığın seçici emiliminin sonucu gerçekleşen görülen renk 'subtractive' renk olarak adlandırılır. İnsan görüşü, ana renkleri yeniden yapılandırmak için mavi, kırmızı ve sarı renkleri bir araya getirebilmektedir. Rengi sayısal olarak basmak, her biri farklı mürekkep renklerinden oluşan piksel yazdırmayı içerir. Bu nedenle, ilke olarak CMYK renkleri, CAD ekranında bulunan renkleri çoğaltmak için baskıda kullanılabilir. CMYK modelinin renk skalası RGB'ye göre daha düşüktür. Tasarımcının sanal alanda oluşturduğu görüntü, inkjet baskı sisteminin renk çıktıları ile uyum sağlamadığı için genellikle baskı sonrasında hayal kırıklığı yaratmaktadır. CIE renk uzayı, ek renk (örn., bir CAD ekranından), çıkarılabilir renk (örn., basılı bir kumaş) ve insan vizyonu arasında anlamlı ilişkilerin kurulmasına izin verebilmektedir (Hu, 2011).

Tasarım görüntülerinin kumaş üzerine basılabilmesi için renk yönetimi sistemi olarak adlandırılan uzman bir CAD arabirimi gereklidir. Renk yönetimini gerçekleştirmek için, CAD görüntüsünde belirtilen renkleri, kullanılan yazıcı / mürekkep / alt tabakalarla (materyal özelliklerine göre) bağlamak için yazıcı profilleri oluşturulması gerekmektedir. Bu yazılım, yazıcı profillerine göre renk yönetimi sağlar ve baskının yürütülmesini denetler. İki kontrol seviyesi vardır: renk ve baskı sürecinin hızı / kalitesi. Bu yazılım bir yazıcı sürücüsü olarak düşünülebilir. Ortalama bir inkjet baskı kalitesi inç başına atkı yönünde 360 dpi ve çözgü yönünde 540 dpi olmaktadır. Baskı kafasının her geçişi esnasında her bir nozul ne zaman ve nasıl patladığının kontrol edilmesi görevi çok zorlayıcıdır ve uzman bilgisayar yazılımı RIP yazılımı, denetimindedir. Uygulama aşamasında yaşanan zorlukların üstesinden gelmek için küresel bir sayısal renk iletişim standardı (RIP) protokollerinin geliştirilmesiyle sağlanmıştır. Raster görüntüler tarama ve dijital fotoğrafçılıkla üretilir ve yazdırmak için gerekli olup yazdırma sırasında görüntü dosyası, her piksel renk bilgisiyle ilişkili olarak bir bitmap'e rasterleştirilmektedir. İmaj manipülasyonu ve tasarım çalışmaları en iyi vektör grafikleri kullanılarak yapılmaktadır. Vektörün raster grafiklere dönüştürülmesi, görüntü yazdırmak için gerekli bir adımdır. CAD görüntülerini belirli yazıcılara uygun raster grafik biçimine dönüştüren RIP yazılımıdır (Hu, 2011).

Inkjet baskı sistemlerinde kapasitenin yükselmesi, sayısal görüntü üretme imkanları da geliştirmiş, tasarımda renk ayrımı, raporlama ve varyant işlemleri sürecinde de üretime paralel olarak hızı gerekli kılmıştır. Sektörün ihtiyaçlarına paralel olarak CAD /CAM yazılımlarında da birtakım gelişmeler yaşanmış ve tescilli yazılımlar özel sayısal baskı modülleri geliştirilmiştir. Inkjet baskıda, geleneksel mekanik kısıtlamaları bulunmayıp,

tekstil tasarımında tekrarlama ihtiyacını da ortadan kaldırmaktadır. Rapor tekrarı olmayan sınırsız uzunlukta desenlerin uygulanmasını mümkün kılmaktadır.

2.1.2. InkJet Baskı Teknolojilerinin Tekstil Baskısına Getirdiği Yaklaşımlar

Tekstil baskı tasarımında sayısal görüntülerin kullanılabilirliği ile kavram ve imaj üretme yaklaşımlarında değişiklik yaşanmıştır (Treadaway, 2004).

Tekstil endüstrisinde inkjet baskı hızının artırılması ve uzun süreli çalışma kapasitesi, şablon yaratma maliyetinin ortadan kalkması ile üretimde yaşanan bu önemli değişim geleneksel baskıyla ciddi bir rekabet ortamı doğmasına neden olmuştur. Baskı, geleneksel anlamda kumaş boyunca aynı görüntüyü tekrar tekrar üretme yöntemidir. Sayısal görüntülemenin ortaya çıkmasıyla dijital tasarımların çeşitleri konusunda hiç bir kısıtlamanın olmaması, tasarımcının keşfedilmemiş kaynaklardan ilham almasının, yüzey tasarımında yeni biçimlerin önünü açmaktadır.



Alexander McQueen'in, SS/2010 "Vahşi Güzellik" koleksiyonu, New York'un Metropolitan Sanat Müzesi'nde 2011 yılında sergilenmiş ve eserin (Fig. 1.), Londra Victoria & Albert müzesi tarafından alımı gerçekleştirilmiştir.

Fig. 1. Vahşi Güzellik, Alexander McQueen, SS.2010

Sayısal tekstil baskısı için geliştirilmiş modern makine örneği Avusturya J. Zimmer tarafından 2010 FESPA fuarında ilk tanıtımı yapılan COLARIS ile başlamaktadır. Bu ilk makine, su bazlı proses rengi ile çok çeşitli baskı yüzeylerinde (320 cm genişliğe ve 10 mm kalınlığa kadar) baskı yapılabilmekteydi. COLARIS, değişken damla ebatlarıyla ve 180-1200 dpi'lık bir baskı çözünürlüğü üretebilen piezoelektrik baskı kafalarına sahip bir DOD yazıcısıdır. Zimmer'in, tek noktadan bir çözüm sunan COLARIS Inkjet yazıcısı, kumaş çözücü, baskı makinesi, bir kurutma makinesi birimi ve ayrıca kontrol yazılımı içermektedir. Fuarda tanıtımı yapılan bu ilk makine COLARIS'in sektörde 2015 yılında alımı Universal tekstil tarafından sağlanmıştır. Yüksek hızlı single-pass özelliğinin yanısıra sektöre en büyük katkısı polyester kumaşa baskı olanağı tanınmasıyla olmuştur. Inkjet baskı sistemleri 2010 yılına kadar daha çok pamuklu kumaş üzerine uygulanabilmekteydi. Bu açıdan bakıldığında COLARIS sektörde devrimci bir yenilik getirmiş, yüksek hızlı polyester kumaşa baskı yapılabilmesinin önünü açmıştır. 2018'de satışa çıkacak olan makinedeki son eklenen özellik ise baskı patınında baskı sırasında renklerle birlikte atılmasını sağlayan düzenlemedir. Yazıcıda renk kartuşlarının yanına baskı patı için eklenen kartuşlar ile yazıcının kartuş sayısı 32 ye kadar yükseltilmiş olup baskı sırasında görselin baskısının hemen öncesinde pat işlemi gerçekleştirilmektedir.



Fotografik imajların aynı kalitelere, tekstil malzemesi üzerine basılabilme olanağı sağlayan Inkjet teknolojisi sektöre bir takım avantajlar sağlamıştır; Tasarımın kumaş üzerine aktarılmasında hız, Karmaşık ayrıntılarda ve milyonlarca renkte fotografik tasarım olanağı,

Fig. 2. Just Cavalli, SS.2013

- Limitsiz rapor boyları, geniş ölçekli görüntü üretme imkanı,
- Karmaşık ayrıntılarda ve milyonlarca renkte baskı olanağı,
- Şablon Kalıp ve Boya Mutfağından maliyetlerinin ortadan kalması
- Numune ve Kısa Metrajlarda Düşük Maliyet, Azalan stok,
- Numuneden onaya olan sürenin ve üretim süresinin kısılması,
- Koleksiyon değişimine hızlı uyum
- Çevresel anlamda daha az etki, %30 daha az su, %45 daha az elektrik tüketimi,

InkJet baskının tekstil sektöründe özellikle iki alanda etkisi görülmektedir. Hızlı moda, modada hızlı hareket sezonların ikiden dörde çıkmasının önünü açmıştır ve lisanslı ürün pazarında etkisi olmaktadır. Özellikle baskı teknolojinin geniş kullanım alanı yaratmasıyla, giysi ürünlerin yanında, ayakkabıdan, çantaya kadar uzanan birçok aksesuarda baskı uygulamaları görülebilmektedir.

2.2. Tekstilde Tasarım Sürecinde Kullanılan Sayısal Teknolojileri

Tasarım süreçlerine yardımcı bir araç olarak kullanılan CAD sistemleri, başlangıçta üretim sistemleri olarak geliştirilip kullanılmış, 1980'lerin sonunda tasarım yazılımlarının geliştirilmesi ile tekstil tasarımcılarının ilk defa bilgisayar sistemlerine erişebilir olmuştur. 1967'de IBM tarafından tanıtılmış geliştirilmiş olan 'Tekstil grafikleri' ilk tekstil tasarımı sistemiyle jakar dokumacılığı ve rulo baskı teknik verileri doğrudan bilgisayarın belleğine girilebilmekteydi. Devrim niteliğindeki bu sistem, ürün geliştirme sürecini kısaltıyor olsa da ilk etapta yaratıcı tasarım sürecine katkısı bulunmuyordu. 1970'lerin ortalarından 1980'lerin ortalarına kadar, tekstil bilgisayar sistemlerindeki gelişme özellikle dokuma ve örme üretimine yönelik yaşandığı görülmüştür (Hu, 2011).

Bu yıllarda tekstil tasarımı yazılım sistemleri yalnızca özel üretilmiş süper bilgisayarlarda işletilen pahalı tescilli yazılım sistemleri olarak mevcuttu ve bunları yalnızca sınırlı sayıdaki tekstil endüstrisi erişebilmekteydi. Unix platformlarının ve süper bilgisayarlardaki gelişmelerin, bilgisayarın bir tasarım aracı olarak popüleritesini arttırdığı, 1990'lı yılların başından itibaren piyasada bulunan hazır multimedya 'Photoshop ve illustrotor' yazılımlarının, erişilebilirliği ile tekstil tasarımcıları tarafından daha çok benimsendiği görülmüştür. Ancak tescilli tekstil tasarım yazılımının aksine, piyasada bulunan hazır yazılımların bazı işlevsel kısıtlamaları bulunur ve belirli prosedürlere ulaşmak için ilave



adımlar gerektirmektedirler. Endüstri profesyonelleri şuan tescilli tekstil tasarım yazılımlarını (AVA CAD/CAM, EAT, Gerber Technology, Lectra Systems, NedGrapghics, vb.), komple tasarım sistemleri olarak sunmak yerine, sistemleri her tasarım gelişimi aşamasına uygun modüller halinde sunmaktadır. Bu tür modüller çevrimiçi eğilim tahmini, renk ayrımı, renklendirme, tekrar tasarım, 3D doku haritalama, 3D örüntü simülasyonları, ve iç mekan mobilyalarını içeren 3D model simülasyonları, tasarım storyboard sunumları vb. içerebilmektedir (Hu, 2011). Bazı CAD yazılımları, tasarım modüllerinin kesintisiz entegrasyonuna olanak tanımakta, tasarım renkleri ya da detaylarında yapılan değişiklikleri otomatik olarak algılayarak sunum modüllerine yansıtılabilmektedir.

Statik bilgiden çalışmak zorunda olmayan Inkjet baskı teknolojisi, basılırken değişen bir tasarımı yazdırabilir özelliklere sahiptir. Sayısal teknolojinin bunu yapmak için gerekli içeriği sağlayabileceğini, sadece basılırken değişmekle kalmayacak, aynı anda tekrarlanmayan, kumaş uzunluğunda bir tasarım oluşturabildiği de görülmüştür. Sayısal Inkjet baskı teknolojisine bu imkanı, sayısal üretken yazılım yaklaşımı sağlamaktadır. (Russell, 2014).

Son yıllarda tekstil tasarımcılarının sayısal tasarım ve üretim sürecine hakim olabilme adına prosedürel ve parametrik hesaplamalı yazılım eğitimlerine yöneldiği görülmektedir. Ancak bu yaklaşımda tasarım geliştirebilmek şuan için endüstrinin hızına çok uygun değildir. Daha çok tasarım stüdyoları, bireysel sanatçı, tasarımcı ya da akademisyenler tarafından geliştirilmekte olan inkjet baskıya yönelik üretken tasarım yaklaşımı, endüstrinin ekonomik kısıtlamalarından uzak bir araştırma ve süreç gerektirmektedir. Inkjet baskıda yaşanan gelişmeler endüstriyel üretim hızlarını karşılayan ve ekonomik olarak uygulanabilir olan sistemleri sağladığı için bu durum muhtemelen tasarım sürecinde de değişimi gerekli kılacaktır. Teknolojik imkanlar, üretilen ürünlerin görsel çıktısını etkilemekte ve teknolojiyi kullanmak için gerekli olan teknik çağdaş becerilerin kazanılması, tasarımcı ile ürün arasındaki mesafeyi kısaltmakta, üretimin gerekliliklerini karşılamak üzere yeni yorumlara ve uyarlamalara fırsat tanımaktadır. Tasarımcılar için pratik yöntem ve yaklaşımların parçası haline gelen sayısal teknolojiler, yeniliği ve uygulanabilirliği ile tekstil, moda, aksesuar, sanat, teknoloji ve mühendislik kesişiminde disiplinler arası işbirliği sağlayarak zengin bir tasarım ve uygulama ortamları sunmaktadır.

2.2.1. Tekstil Tasarım Sürecinde Kullanılan Hesaplamalı Yöntem ve Platformlar

Tekstil ürünlerinin çözümlü ve atkı ipliklerinin dokuma yoluyla ikili geçişli bir biçime sahip olması, dolayısıyla tekstilde en temel dokuma ilkesi modern bilgi işlem stratejisinin gelişmesine önyak olmuştur.

Kod, bilgiyi bir kanala iletmek veya bir ortamda saklamak için başka bir form veya temele dönüştüren bir kurallar sistemi olarak görülebilmektedir (Genova, Moriwaki, 2016).

Birçok türü bulunan kodlar genellikle bir algoritma, prosedür veya program olarak adlandırılmaktadır. Belirli talimatların izlenebilmesinde yeterli ayrıntıya sahip işlemleri tanımlamakta olan bu tür kodlar genellikle bilgisayar talimatları bağlamında kullanılmaktadır. Bilgisayar programlamasında, bir bilgisayarın işlemlerini kontrol etmek için kullanılan kod (kaynak kodu), programlama dilinde yazılmış bir algoritmadır. Bir kod parçası bir bilgisayarda çalıştırılmadan önce, insan tarafından okunabilir bir formattan bilgisayarda yürütülebilir bir biçime yani makine kodu, ikili dosyalar veya çalıştırılabilir formata yazılıma dönüştürülmelidirler (Reas, McWilliams, Lust, 2010).

Günümüzde yazılımlar, zihin gelişimini desteklemenin yanı sıra bilgi ile çalışma kabiliyetimizi artırıcı kullanımı ile bizi yeni ve farklı düşünme biçimlerine sevk ederken, çağdaş tasarımın ve görsel kültürün her yönünü etkilemektedir. Algoritmik yaklaşım, bir eserin üretimi ya da kapsadığı sürecin görselleştirilmesinde önemli olurken, süreç ve



algoritma kavramları, dinamizm ve değişimle olan ilişkileri bakımından yakından ilişkili olmaktadır (Dorin, 2001). Süreçleri okumak ve yazmak olarak tanımlanan prosedürel okuryazarlık, bir bileşeni programlamada kesinlikle teknik bir görev olmayıp, bir iletişim eylemi ve dünyayı temsil etmek için sembolik bir yöntem olmaktadır (Reas, McWilliams, Lust, 2010). Prosedürel bir gösterim statik olmayıp, bir süreç yeni bir varlık yarattığında veya yeni koşullar getirdiğinde, getirdiği değişimler ile ilgili dinamik, üretken bir süreç oluşmaktadır. Bilgisayar aynı üretken süreçleri tekrar tekrar çalıştırabilir (Dorin, 2001).

1801 yılında Joseph-Marie Jacquard tarafından icat edilen dokuma tezgahı algoritma olarak adlandırılabilir bir süreçle kontrol edilmekteydi (Harel, Feldman, 2004). Dokuma talimatlarını depolamak için delgi kartları kullanmış, bu kartlar aynı deseni tekrar tekrar dokumak üzere makineyi yönlendirmiştir. Hesaplamayı tekrar tekrar gerçekleştirmek için tasarlanmış olan sayısal bilgisayar ortamı tekrar oluşturmak için olağanüstü sistemler olmaktadır. Dolayısıyla tekrarlama kodun doğal bir parçasıdır ve sınırsız varyasyon alanını sunmaktadır (Reas, McWilliams, Lust, 2010).

Temelde tüm görsel desenler ve örüntüler algoritmalarından oluşmaktadır. Bir eşarbin dokumasındaki örüntüye de algoritma yaklaşımıyla bakmak, İskoç ekoselerindeki tekrar mantığıyla, yazılım içine kodlanabilecek algoritma ilişkisini anlamak, desen üretme yöntemlerinde hesaplama sürecine açıklık getirecektir. Desen oluşturmada tekrar mantığı, özellikle tekstil veya duvar kağıtlarında gözlenebilmekte, kesintisiz bir görüntünün oluşturulmasında "tekrar" yaygın olarak kullanılmaktadır. (Reas, McWilliams, Lust, 2010).

Endüstriyel üretimdeki tekrarlı yapılarının aksine, üretken tasarım, üretimin monotonluğunda olduğu kadar ürünlerin monotonluğunu da ortadan kaldırmakta ve önlemektedir. Üretken tasarım, tasarım sürecinde tasarımcının malzeme ve ürünlerle doğrudan uygulamalı bir şekilde değil, bir üretken sistemle etkileşime girdiği tasarım sürecini temsil etmektedir. Tasarım çözümlerinin üretken sistemlerde ifade edildiği soyutlama düzeyi, tanımlanmış sorun alanlarındaki tasarım unsurlarının, özelliklerinin ve parametrelerinin kapsamlı permütasyonunu ve modifikasyonunuyla olası tasarım çözümlerinin üretimine olanak tanımaktadır. Üretken tasarım yöntemlerini şu başlıklar altında incelemek mümkündür; (Fischer, Herr, 2001).

- Beliren-gelişen sistemler, kendi kendini organize etme davranışları (Hücrel otomata, sürü modellemesi)
- Algoritmik üretme ve büyüme (Fraktallar, yeniden yazma kuralları, parametrik tasarım, veri haritalama)
- Üretken gramerler (L sistemleri, şekil gramerleri)
- Algoritmik yeniden üretim (Genetik algoritmalar, seçici prosedürler)

Algoritmalar uzun süreçlerin kontrol yapılarında, sıralama, dallanma ve yineleme birbiri içine yerleştirilebilir, iç içe olabilir, iç içe döngüler iç içe geçmiş yinelemeler, alt programları çağıran alt programlar içerebilir. Böylece algoritmik yapıya yeni bir boyut kazandırılarak yapısal karmaşıklık sağlanabilir (Harel, Feldman, 2004)

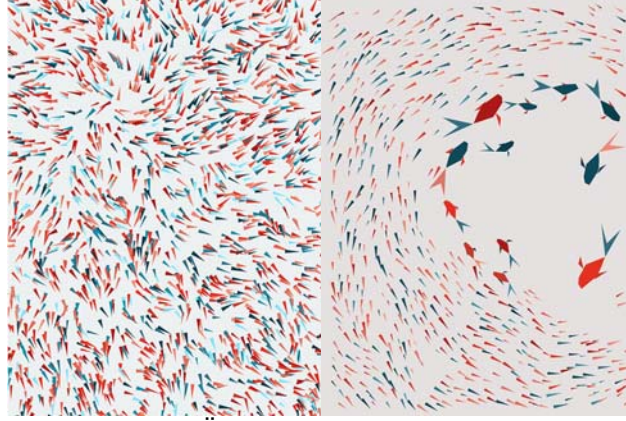


Fig. 3. Pixtil Studio, Üretken Tekstil Desenleri, Dinamik yapı

Böcek kolonileri, bağışıklık sistemi, beyin, www ağı ve ekonomiler... gibi çeşitli kompleks sistemlere soyut bir düzeyde bakıldığında, bazı ilginç ortak özelliklerin olduğu, karmaşık toplu davranış, sinyal ve bilgi işleme, uyarılma gibi davranışlar sergiledikleri görülmektedir. Organize davranışın içsel veya harici bir denetleyici veya lider olmadan ortaya çıktığı "kendi kendini organize olan" sistemler; basit kurallar, tahmin edilmesi zor yöntemlerde karmaşık davranışlar üretebildiğinden, bu tür sistemlerin makroskopik davranışı "belirme" olarak adlandırılmaktadır (Mitchell, 2009).

Üretken sanatla ilgilenen Jonathan McCabe, matematikçi Alan Turing tarafından geliştirilen algoritmalarla çalışmaktadır. Doğadaki organik örüntülerden esinlendiği desenlerinde tasarım odaklı değil, teknik ve bilimsel temelli bir süreç izlemektedir. McCabe özellikle, fikir kaynağı olarak 1953'te geliştirilen Turing'in Reaksiyon-Difüzyon sistemine dayanarak geliştirdiği algoritmaların uygulamasında rastgele veya basit bir başlangıç durumundan kendi kendini organize eden süreçlerle desen oluşumu gelişmektedir. Geliştirdiği yazılım, yapay yüzey gerilimi nedeniyle renkleri birbirine karışmayan farklı sıvılar olarak değerlendirmekte, bu da hücre benzeri görünüm oluşturan görsellerin çıktısını vermektedir.



Fig. 4. Psikedelik Hücreler, Jonathan McCabe

Londra merkezli tasarım stüdyosu Convival'ın ilk koleksiyonu "Generative Scarves". Prosedüral Perlin gürültüsü algoritmasının kullanıldığı, karmaşıklık parametrelerinin renk, şekil ve doku seçeneği ile her bir deseni sayısal arabirim üzerinden özelleştirme olanağı bulunmaktadır. Beklenmeyen ve benzersiz sonuçlarla karakterize edilen, eriyen şekil ve renklerin karmaşık desenlerinde, doğadaki kayalarda bulunan metallerin, minerallerin ve organik oluşumların elementel özellikleri görülmektedir (Convival, 2018).



Fig. 5. Generative Scarves Koleksiyonu, Convival, 2018

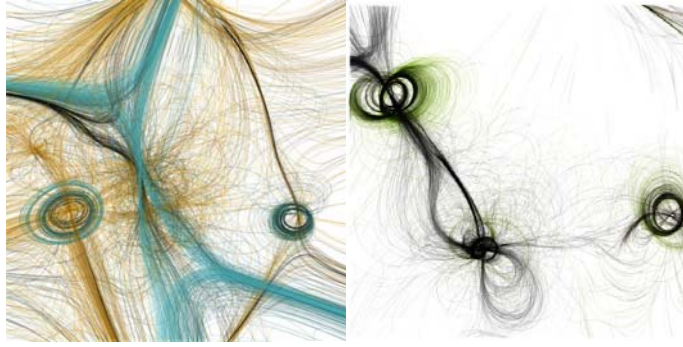


Fig. 6. Doku, Casey Raeas, 2002

Belirme, karmaşık bir sistemde basit davranış olarak görülürken, basit bir sistem "doğrusal değilse" karmaşık davranışlar sergileyebilmektedir. Doğrusal olmayan bir sistemde, "bütünün parçaların toplamından farklı olduğu" görülmektedir. Kaos "başlangıç koşullarına duyarlı bağımlılığıyla" doğrusal olmayan dinamik sistemleri ifade ederken, rastgelelik ve öngörülemezlik durumlarında içermektedir (Mitchell, 2009)



Fig. 7. Tissue collection, Casey Raeas, 2008

Casey Reas 2002'de gerçekleştirdiği "Doku", çalışması ile sentetik sinir sistemlerinin hareketini belgeleyen yirmi sekiz adet görsel üretmiştir. Görüntüdeki her çizgi, bir sistem hareketinin sürecini ortaya çıkarmaktadır. Valentino Braitenberg'in nöroanatomist fikirleri etrafında inşa edilmiş yapı, processing ortamında geliştirilen bir yazılım ile oluşturulmuş, elde edilen görsellerin kumaş üzerine sayısal baskısı yapılarak 2008 yılında "Tissue" giysi kolleksiyonu ile sergilenmiştir.

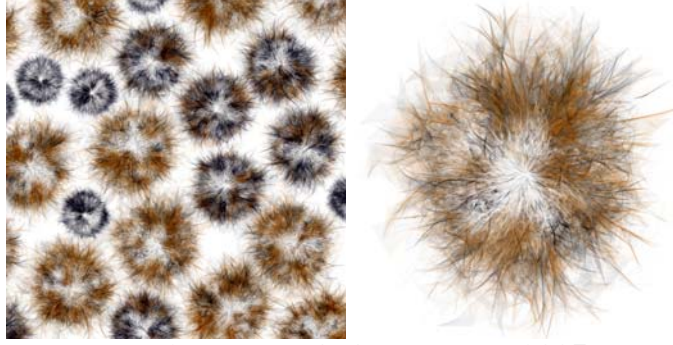


Fig. 8. Process 6, Casey Reas, 2005

Dinamik ve gelişen görsel eserler yaratmak için kendi geliştirdiği özel yazılım ile çalışan Casey Reas, Processing ortamında oluşturduğu eserlerinden anlık görüntüler olarak tekstil baskı deseni uygulamaları gerçekleştirmektedir. Bu durumda, bir yazılım sürecinin çıktısı tasarım sürecinin başlangıç noktası olarak görülmektedir (Reas, 2018).

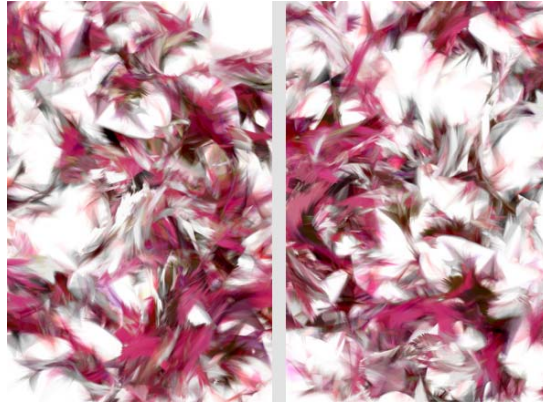


Fig. 9.. Process 18, Casey Reas, 2010

Fraktal geometrisinin bazı özellikleri, çekicilerin teorisiyle, görünmez, soyut, temsili bir mekanda yer alan noktaların, zamanında geçici olarak evrimleşmesiyle ilgilidir. Doğrusal-olmayan dinamik sistemlerin yörüngeleri, doğrusal-olmayan fraktallar olarak tanımlanabilecek tuhaf kümeler "çekilebilir". Öklid'den gelen şekillerin dinamik sisteminin davranışları da onların fraktal olma eğilimi gösteren "çekicileri" ile veya sınır noktalarının kümesi "iticileri" ile ilgili olabilmektedir (Mandelbrot, 1977).



Fig. 10. Triangulation-noise seri 5, Holger Lippmann, 2017

Karmaşıklığı hesaplamak için, ilk önce varlığın düzenliliğinin ve rastgeleliğinin, algoritmik olarak bilgi veya hesaplama teorisiyle tanımlanması gerekmektedir. Bir nesnenin veya sürecin karmaşıklığını ölçmek, dinamik sistemler teorisinden kavramlarla, bir nesnenin fraktal boyutuyla ilgili olmaktadır. Fraktal teriminin tanımı; dünyadaki birçok nesnenin

kendine benzeyen "öz benzerlik" yapısına sahip olmasını ifade etmek için Fransız matematikçi Benoit Mandelbrot tarafından yapılmıştır (Mitchell, 2009). Fraktal nesnelere, birbirine benzeyen geometrik yapısıyla karmaşık gözükmekte olsalar da genellikle çok basit dinamik sistemlerin ürünüdür. (Feldman, 2012).

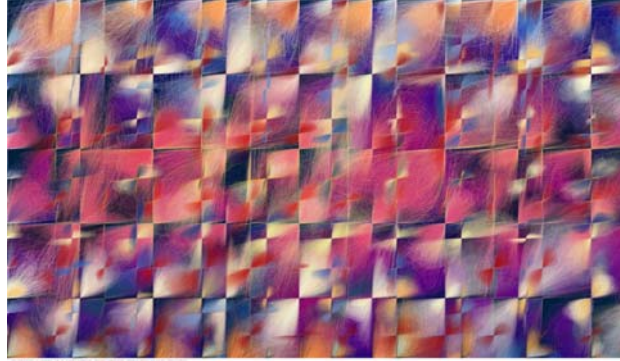


Fig. 11. E-pastel serisi, Özyinelemeli yapı, Holger Lippmann, 2016

Holger Lippmann, 2007'den buyana processing ortamında geliştirdiği desenlerinde sıklıkla kullandığı öz yinelemeli, fraktal, tekrarlı yapılarıyla dinamik görüntüler elde etmektedir.

Form üretmek için oldukça güçlü bir araç olan özyineleme nesnelere kendine benzer bir şekilde tekrar eden sürecini içerir. Kod bağlamında özyineleme; işlevin bir parçası olarak kendisine başvuru içeren bir işlev olarak tanımlanabilir. Yani döngüden kopmak için bir koşul yoksa, sonsuz bir döngüye neden olabilir (Reas, McWilliams, Lust, 2010). Kendilerini çağırarak özyinelemeli işlevler geribildirim döngüsüyle, belirli problemleri çözmek için tekrarlayıcı ve iyi olmakla birlikte basit ve zariftir, ancak sadece desenin kendisinin üretilmesinin yanı sıra çok şey yapma olanağı tanımazlar. 1904'te İsveçli matematikçi Helge von Koch tarafından keşfedilen bir başka ünlü fraktal yapı "Koch eğrisi veya matematiksel canavarlar" olarak adlandırılan yapılar, özyinelemeyi sonsuz sayıda kez uygulamaktadırlar (Shiffman, 2012). 1975'ten bu yana kaos ve fraktallerle ilişkili kavramlar, fikirler, araçlar, modern bilimin önemli bir parçası haline gelmiştir ve popüler kültürün içinde, sanatta, oyunlarda, filmde ve popüler bilimsel yazımda yer almaktadır. Özyineleme tekniği tekstillerde de oldukça yaygın kullanılan bir örüntü yöntemi olup yazılım ile desen oluşturma yaklaşımında sıkça kullanılmaktadır.



Fig. 12. Decode: Digital Design Sensation Sergisi, Daniel Brown, 2009

Daniel Brown tarafından geliştirilen animasyonlar sürekli büyüyen ve sürekli değişen çiçekleri tasvir etmektedir. V&A Muzesinin Decode: Digital Design Sensation sergisinin bir parçası olan animasyonlarda Muzenin arşivindeki William Morris tekstillerinden ve Kimono kumaşlarından esinlenilmiş olan çiçekler Flash Actionscript koduyla üretilmiştir (Brown, 2018).

1968'de Aristid Lindenmayer, "L-sistemleri" olarak adlandırılan, temelde "basit bir

başlangıç nesnesinin parçalarını bir dizi yeniden yazma kuralları veya üretimleri kullanarak arka arkaya değiştirerek karmaşık nesnelere tanımlayan” mekanizmalar geliştirmiştir. Başlangıçta hücrel otomata açısından değerlendirilen, kısa bir süre sonra resmi gramerler açısından yeniden tanımlanmış olan L-sistemleri, yapım yöntemlerini paralel olarak uygulanmaktadır. Canlı organizmaların da paralel olarak gelişme göstermesi nedeniyle paralellik, bitkilerin simülasyonu ve modellemesinde önemli bir faktördür. Bu nedenle bitki gelişiminin resmi bir modeli olarak tasarlanmış olan L-sistemler öncelikle modellenmiş bitkilerin dallanma topolojisini belirlemek için kullanılmıştır. 1979 da Szilard ve Quinton tarafından L-sistem için görüntü temsilcilerine inceltmiş geometri (zincir kodlaması gibi) farklı bir yaklaşım önerilmiş ve fraktalların kıvrımlı eğrilerini de oluşturabildiği görülmüştür (Prusinkiewicz, Hanan, 2016).



Fig. 13. Cloth Of Gold, Alex Russell, 2014,

Alex Russel, tasarım ilkelerinin modellemesini yapılandırmak için karmaşık bir hücrel otomasyon sistemi kullanmakta, çalışmalarını processing ortamında hazırlamaktadır. Cloth of Gold çalışmasında; photoshop ile düzenlenmiş olan 80 kadar motif ve fotoğrafların processing ortamında geliştirilmiş olan yazılımda sürekli olarak çalışan kod ile tasarım öğelerini asla tekrar etmeyecek şekilde düzenler ve desen tasarım sürecini çizer. Tasarımcıların yüzyıllar boyu tekrar kalıplarıyla çalıştıkları teknikler, potansiyel olarak sonsuz uzunlukta, tekrarlanmayan desen üreten karmaşık bir sisteme dönüşmektedir. Bu araştırma, sayısal baskının önceki teknolojilerden tamamen farklı bir şeyler yapabileceğini önermekte olup dinamik bir tasarım yapısı ve baskı sürecinin aynı şeyi tekrar tekrar yapmakla ilgili olan paradigmasını değiştirebilmektedir (Russell, 2014).

1980'lerin başlarından buyana bazı araştırmacılar, hücrelerden ağaçlara, böceklerle kadar pek çok flora ve fauna türüne dayalı olarak doğrudan çizim veya şekillendirme yoluyla form oluşturmak yerine, yaşam teknikleri kullanılarak yetiştirilebilir veya gelişebilir simülasyonlar da geliştirmişlerdir. Genetik algoritmalar olarak tanımladığımız bu teknikler GA araştırmasına öncülük eden John Holland tarafından geliştirilmiştir ve bugün, genellikle "Evrimsel Hesaplama" olarak adlandırılan daha geniş bir araştırma alanının parçasını oluşturmaktadır (Shiffman, 2012).

Genetik alanında genotip ve fenotip kavramları arasında önemli bir ayrım vardır. Sayısal üretken tasarımda gerçek genetik kod, sayısal bilginin kendisi olup fenotip ise bu verilerin ifadesini temsil etmektedir. Bu ayrım, genetik algoritmaların kullanımında bize her nesnenin genotipini nasıl tasarlayacağımıza ve fenotipi nasıl kullanacağımıza dair fikir verir (Shiffman, 2012). Mühendislik, sanat, mimari ve müzik gibi birçok bilimsel alanda zor problemleri çözmek için kullanılmış olan Genetik Algoritmalar gerçekte oldukça basit olmakta, birçok doğal fenomenin ardındaki karmaşık süreç denklemlerde ve prosedürlerde tanımlanmış ve kodla geliştirilmeye ideal hale getirilmiştir.



Fig. 14. Genetik Çözüm, Karl Sims,
Organik ve Evrimsel Sanat Konferansı, 1997

Karl Sims'in Genetik Resimleri, ziyaretçilerin iki boyutlu soyut imgelerin evrimini yönlendirdiği bir enstalasyondur. 16 ekranda 16 adet görüntünün olduğu, kullanıcıların ilgili ekranların önünde durarak gelecek resimler için ebeveyn olarak hangi görüntünün kullanılacağını seçmesiyle süreç başlamaktadır. Her bir görüntüye bir bilgisayar programı tarafından mutasyon ve üreme süreçlerinin uygulanmasıyla genetik resimler elde edilmiştir (Monro, 2007).

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tasarım dünyasında Kod ile çalışmak giderek artan bir güç haline gelmektedir. Programlama okuryazarlığının sanat, tasarım ve mimarlık toplulukları içindeki yükselişi, programlama seçeneklerinin hızla yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Çağdaş sanayi ve kültürde, bilgisayar tasarımcıları için yazılım, yaratıcı süreçlerine yardımcı olan önemli bir araç olarak benimsenmektedir. Genellikle, yeni veya benzersiz bir vizyon gerçekleştirmek için sanatçıların ve tasarımcıların mevcut araçların sınırlamalarını aşmaları gerekmektedir. Bu sınırlamaların ötesine geçmek için mevcut uygulamaları programlama yoluyla veya kendi yazılımlarımız yoluyla özelleştirebilmek günümüzde mümkün olmaktadır. Tekstil alanında da sanatçılar ve tasarımcılar özel yazılımlar aracılığıyla tekstillerde kullanılan yüzey desenleri, şekil ve teknik biçimler üretilebilmekte özelleştirilmiş tasarımlar ortaya çıkarılabilmektedir.

Üretken tasarım yaklaşımıyla, adım adım bir algoritma yerine, belirli bir dizi kural veya kısıtlamalarla oluşturulan prosedürel olarak üretilen eserlerin önemi her geçen gün artmaktadır. Adım adım yaklaşımda, yazılımcı bilgisayarın eylemlerini açıkça yönlendirirken, kural tabanlı yaklaşımda, belirtilen kurallardan bilgisayar eylemlerine çeviri direkt olarak açık olmamakta, sonuç öngörülemede ve bazı parametrelerin değiştirilmesiyle sınırsız alternatif oluşturmaya imkan tanınmaktadır. Processing, Cinder, OpenFramework gibi yazılım platformları tasarımcılara bu açıdan kişiselleştirilmiş tasarımlar geliştirebilme imkanı tanımaktadır. Kavram biliminden ve özellikle yapay zekadan beslenmekte olan Üretken sanat yaklaşımının, günümüz çağdaş tasarım ve üretim yaklaşımında, kreatif etkisi giderek artmakta, bilgisayar ve hesaplamalı yöntemlerin sanatsal, mimari, mühendislik ve tasarım alanlarında kavramları ifade etmenin bir aracı olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. Teknoloji, sanatçılara ve tasarımcılara görüntüleri yeni yollarla keşfetme imkânı sunarken, estetik deneyim ve bilgilerini de genişletmekte, bilim ve sanatın birbirine iyice yakınlaşmasıyla, estetik ve kavramsal niteliklerin sınırları da giderek birleşmektedir. 1960'lı yılların sanatındaki sistem teorisi ve sibernetik vizyonun, bilgi devrimiyle çağımızı etkisi altına almış olan yapay yaşam sanatında ve üretken sanatta etkili olduğu, günümüz sanat biçimlerinin de modern sanayinin tasarım ve üretim süreçlerini etkilemekte olduğu görülmektedir. Çağdaş tasarım ve üretim yaklaşımıyla oluşturulacak tekstil ürünlerinde, bilim, teknoloji, sanat ve tasarım gibi alanlardan multidisipliner ekiplere giderek daha çok ihtiyaç

duyulacaktır. Sayısal imalat tekniklerinin yaygınlaşması ile de endüstri içinde yeni kurulan iş rollerinde ciddi katkı sağlanabilecektir.

4. KAYNAKLAR

- Braddock Clarke, S. E., Harris, J., 2012. Digital Vision in Fashion + Textiles: Made in Code.
- Dorin, A., 2001. Generative processes and the electronic arts, Cambridge University Press, Printed in the UK. Organised Sound 6/1, s. 47-53
- Feldman, D. P., 2012. Chaos and Fractals: An Elementary Introduction.
- Fischer T., Herr M. C., 2001. Teaching Generative Design,
<https://www.researchgate.net/publication/30869860>.
- Genova, A., Moriwaki, K., 2016. Fashion & Technology, *A Guide to Materials and Applications* s.4.
- Harel D., Feldman Y., 2004. Algorithmics: The Spirit of Computing.
- Hu, J., 2011. Computer Technology for Textiles and Apparel.
- Kanık, M., 2016. Butekom Akademi_Tekstilde Özel Konular_InkJet ve Rotasyon Baskıda Yenilikler Eğitim Kitapçığı.
- Mandelbrot B., 1977. The Fractal Geometry of Nature.
- Mitchell M., 2009. Complexity: A Guided Tour.
- Monro, G., 2007. Monro, Gordon, 2007. The Concept of Emergence in Generative Art, Sydney Conservatorium of Music University of Sydney.
- Prusinkiewicz P., Hanan J., 2016. Lindenmayer Systems, Fractals, and Plants.
- Reas, C., McWilliams, C., Lust, 2010. Form + Code, In Design, Art, and Architecture.
- Russell, A., 2014. Repeatless: Transforming surface pattern with generative design, *Shapeshifting Conference: Auckland University of Technolog.*
- Shiffman D., 2012. The Nature of Code.
- Treadaway, C., 2015. Digital Imagination: The Impact of Digital Imaging on Printed Textiles, *Textile The Journal of Cloth and Culture*, s.258.
- Vallett, R., Knittel, C., Christe, D., Castaneda, N., Kara, C.K., 2017. Digital fabrication of textiles: an analysis of electrical networks in 3D knitted functional fabrics, Proceedings of Spile Conference.
- Brown, D., 2018. <http://danielbrowns.com/>
- Convival, 2018. <https://www.convivialproject.com/pages/about-us>
- Reas, C., 2018. <http://reas.com/>

Fig. 1., 2010. Vahşi Güzellik, Alexander McQueen,
<https://i.pinimg.com/564x/55/06/7c/55067c779a85f17235a06e867932db8e.jpg>

Fig. 2., 2013. Roberto Cavalli,
<https://i.pinimg.com/originals/2b/54/1a/2b541a42125ae20fc586af17ebc80049.jpg>

Fig. 3., 2018. Üretken Tekstil Desenleri, Pixtil studio,
https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/disp/dd10b28532693.560bf16f9a606.jpg,
https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/disp/0da79c8532693.560bf25af2b3b.jpg

Fig. 4., 2018. Psikedelik Hücreler, Jonathan McCabe,
https://d1o50x50snmhul.cloudfront.net/wp-content/uploads/2014/07/mg22329790.100-1_800.jpg

Fig. 5., 2018. Generative Scarves Coll., Convival,
https://cdn.shopify.com/s/files/1/1212/8966/products/Colour_Field_3_1_1024x1024.png?v=1458246468,
https://cdn.shopify.com/s/files/1/1212/8966/products/Colour_Field_1_1_1024x1024.png?v=1458215927.

Fig. 6., 2018. Doku ve detay, Casey Raeas,
http://reas.com/path_p/reas_path_p_2.jpg,
http://reas.com/tissue_p/reas_tissue_p_8.jpg

Fig. 7., 2018. Tissue, Casey Reas,



http://reas.com/tissue_collection/reas_tissue_collection_1.jpg

Fig. 8., 2018. Process 6 ve detay, Casey Reas,

http://reas.com/p6_images2_p/reas_p6_images2_p_0.jpg,

http://reas.com/p6_images3_p/reas_p6_images3_p_1.jpg

Fig. 9., 2018. Process 18, Casey Reas,

http://reas.com/p18_images_b_p/reas_p18_images_b_p_0.jpg

Fig. 10., 2018. Triangulation-noise seri 5, Holger Lippmann,

http://www.lumicon.de/wp3/wp-content/gallery/triangulation-noise3/26717134921_triangulation-noise_17_10_.jpg

Fig. 11., 2018. E-pastel serisi, Holger Lippmann,

http://www.lumicon.de/wp/wp-content/uploads/5121621022_e_pastel_14_9_3.jpg

Fig. 12., 2018. Decode: Digital Design Sensation Sergisi, Daniel Brown,

https://media.vam.ac.uk/media/thira/collection_images/2013GC/2013GC9476_jpg_l.jpg

<http://danielbrowns.com/img/projects/flowers9.jpg>

Fig. 13. 2018. Cloth Of Gold-01, Alex Russell,

<http://4.bp.blogspot.com/->

[USGgTwy16Ug/Ump72_5pqAI/AAAAAAAAAIM/F5xa0h2YkaU/s1600/AlexRussell_ClothOfGold_06.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-USGgTwy16Ug/Ump72_5pqAI/AAAAAAAAAIM/F5xa0h2YkaU/s1600/AlexRussell_ClothOfGold_06.jpg)

Fig. 14. 2018. Genetik Çözüm, Karl Sims,

<http://www.biota.org/conf97/jpgs/ksims1.jpg>