

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN MİMARLIKTAKİ KULLANIMLARI

Fulya Özsel AKİPEK^{1*}, Necati İNCEOĞLU

¹ Y.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bilgisayar Ortamında Tasarım B.D.,
Beşiktaş, İstanbul, Türkiye.
fulyaozsel@hotmail.com

ÖZET

Bilgisayar ardındaki sayısal ve algoritmik yapı tasarımcıya geleneksel çizim ortamından farklı imkanlar vermektedir. Bu yazıda, sayısal tabanlı tasarım ve üretim teknolojilerinin mimari tasarımda kullanımlarıyla ilgili bir çerçeve çizilmekte; bu çerçeve kapsamında dört farklı tasarım yaklaşımı ve tasarım yöntemi incelenmektedir: Parametrik tasarım, evrimsel sistemlere dayalı algoritmik tasarım, animasyona ve performans analizlerine dayalı tasarım teknolojileri uygulamadaki örnekleriyle birlikte ele alınmaktadır. Sayısal tasarım teknolojileri başlığı altında oluşturulan çerçeve bu teknolojilerin kullanımının mimarlığa etkilerini kavramsal yönden tartışmak için gerekli altyapıyı oluşturmaktadır. Sonuçlar bölümünde sayısal tasarım-üretim teknolojilerinin mimari tasarım sürecindeki kullanımlarının , mimari kavramlarda, tasarıma yaklaşımda ve mimar profilinde yarattığı dönüşümler tartışılmaktadır.

Anahtar kelimeler: bilgisayar destekli mimari tasarım ve üretim, hesaplamalı tasarım, parametrik tasarım, algoritmik tasarım, performans mimarlığı

ABSTRACT

THE USES OF DIGITAL DESIGN AND MANUFACTURING TECHNIQUES IN ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS

Digital design medium has various potentials other than traditional drafting environment, for the designer. In this paper, a framework is set which covers the uses of digital design and manufacturing techniques in architectural design process; focusing on parametric design, algorithmic design, animation and performance analysis in early design phase via their applications in praxis. This framework sets the conceptual infrastructure entailed for a structured discussion on the impacts of these technologies on architecture; changing of concepts, design approach and role players in architecture are evaluated in the conclusions.

Keywords: digital design and manufacturing techniques, computational design, parametric design, algorithmic design, performative design

* Bu makale, birinci yazar tarafından Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları" isimli doktora tezinden hazırlanmıştır.

1.GİRİŞ

Günümüz mimarlık ortamında bilgisayar genellikle bir *temsil aracı* olarak kullanılmaktadır; bilgisayar ortamında çizim, üç boyutlu modelleme ve animasyon gibi tekniklerin geleneksel tasarım sürecine destek görselleştirme araçları olarak kullanımı yaygındır.

Geleneksel yaklaşımda tasarım ortamı, tasarım düşüncesinin çeşitli temsiller aracılığıyla *görsel düşünme ve imgelem* ile geliştirildiği ortamdır (1). Bilgisayarın ardındaki sayısal ortam ise hesaplama ve algoritmalara dayalıdır ve bu ortam *görsel düşünmenin yanı sıra sayısal ve algoritmik düşünme biçimini* gerektirir. Bu anlamda sayısal tabanlı tasarım ortamı geleneksel tasarım ortamından farklılıklar gösterir ve yeni olanaklar sunar. Kavramsal olarak, bilgisayar destekli çizimden (CAD), bilgisayar destekli mimari tasarıma (CAAD) ve hesaplamalı tasarıma (computational design) doğru bir evrimin yaşandığı günümüzde bilgisayar artık sadece bir görselleştirme aracı olarak değil, sayısal tabanlı bir tasarım ortamı olarak ele alınmalıdır.

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojileri, mimarlıktan önce endüstriyel tasarım, uçak ve gemi tasarımı gibi alanlarda, film ve müzik sektöründe kullanılmaya başlamıştır; bu teknolojilerin mimarlık gündemine girişi 90'lı yılları bulur. Bilişim teknolojisindeki gelişmelerin etkisiyle teknoloji transferleri yaygınlaşır ve tasarım alanları birbirinden beslenmeye başlar.

Sayısal tabanlı tasarım süreçlerinde, tekil bir ürünün tasarımından önce sürecin tasarımı ve araştırılması önem kazanmaktadır. *Tasarım araştırma* (design research) kavramı yeniden gündeme gelir: Cross' a göre (2) , tasarım araştırma yaklaşımı, tasarım alanlarının kendi sınırlı alanları içinde kalmamasını ve tasarım alanları arasında ortak bir diyalog dilinin geliştirilmesini gerektirir. Sayısal tabanlı

tasarım süreçlerine geçişte *tasarım araştırma yaklaşımı* mimarlık alanına da yansır; diğer tasarım alanlarıyla ilişki kurmak, tasarımı disiplinler arası bir ortamda bir araştırma süreci olarak ele almak ve *tasarım sürecini tasarlamak* gibi yaklaşımlar mimarlık alanında geçerlik kazanmaktadır.

Günümüzde bilgisayar destekli mimari tasarım alanında parametrik tasarım, algoritmik tasarım, üretici sistemler, biçim gramerleri gibi alt inceleme alanları oluşmaktadır. Akademik çalışmalardan elde edilen bilgiler üniversite-uygulama işbirliği içinde mimarlık pratiğine yansımaktadır. Bilgisayar destekli tasarım alanındaki bilgi, eğitim ve uygulama alanlarının etkileşimi içinde gelişmekte ve her iki alanı da dönüştürmektedir; mimari eğitim ortamları yeniden uygulama bilgisine ve uygulamacı eğitmenlere yer vermekte, uygulama ortamında ise araştırma giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Mimari tasarım ve uygulama sürecine, bilgisayar destekli üretim teknolojisinin katılmasıyla (CAD/CAM) *dosyadan fabrikaya* olarak adlandırılan bir tasarım-üretim süreci kullanılmaya başlamıştır. Dijital ortamda geliştirilen tasarımın üç boyutlu maketi, hızlı prototipleme gibi tekniklerle çıktı olarak alınabilir; dijital ortamdaki tasarım bilgileri doğrudan fabrikaya aktarılır ve aktarılan bilgi CAD/CAM teknolojisiyle üretimi yönlendirir. Bu gibi olanaklar mimarlara sayısal tabanlı bir tasarım-üretim sistemine geçişin işaretlerini vermektedir.

Bu yazıda bilgisayar destekli tasarım ve üretim, yalnızca teknolojik açıdan ele alınmamakta; bu teknolojilerin kullanımının yol açtığı kavramsal dönüşümler incelenmektedir. Sayısal tabanlı tasarım ve üretim teknolojileri mimari tasarım geliştirme süreçlerinde farklı şekillerde kullanılmakta ve farklı kavramsal yaklaşımlarla açıklanmaktadır. Sayısal dünya ve mimarlık ilişkisini anlamak için bu

farklı yaklaşımların çerçevesini kurmak gerekir. Bu hedef doğrultusunda, sayısal tabanlı teknolojilerin mimari tasarım geliştirme sürecindeki kullanımlarıyla ilgili bir sınıflama yapılmıştır. Yapılan sınıflama, teknoloji kullanımına yönelik kategoriler oluşturma çabası değil, bu teknolojilerin kullanımının ardındaki düşünsel yaklaşımları açığa çıkarmayı hedefleyen *ilişkisel ve kavramsal bir haritadır*.

2. SAYISAL TABANLI TASARIM- ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN MİMARİ TASARIM SÜRECİNDEKİ KULLANIMLARI

Tasarım teknolojileri kavramı bu yazı kapsamında, tasarım geliştirme amacıyla kullanılan sayısal tabanlı teknolojileri ifade etmektedir; *tasarım teknolojileri* kavramı içinde *tasarım yöntemleri* önemli bir alt başlıktır. Tasarım teknolojilerinin tanımlanması ve sınıflandırılması için, mimarların bilgisayarı tasarım için nasıl kullandıklarının ve tasarım yöntemlerinin incelenmesi gerekir.

Tasarım süreçlerini sayısal teknoloji üzerine kurgulayan mimarların, sabit bir tasarım yöntemi olduğundan bahsedilemez, tersine her projede konunun gerektirdiği yaklaşıma uygun olan teknolojilerle çalışılır. Bu süreçlerde geleneksel temsil tekniklerinin yardımcı araçlar olarak kullanımı devam etmekte, bunun yanı sıra bilgisayarın sayısal ve algoritmik yapısı tasarım stratejisinin oluşturulmasında, analiz aşamalarında, biçimsel araştırmalarda, performans testlerinde ve genel olarak tasarım araştırma sürecinde yeni olanaklar sunmaktadır.

Sayısal tabanlı teknolojilerin mimari tasarım sürecindeki kullanımları Şekil 1'de gösterildiği gibi gruplanarak sayısal tabanlı (dijital) tasarım teknolojileri ile ilgili kavramsal bir harita çıkarılmıştır. Bu haritanın oluşturulmasındaki amaç sabit sınıflamalar yapmak değil, konuyla ilgili parçaları bir araya getirerek bir çerçeve

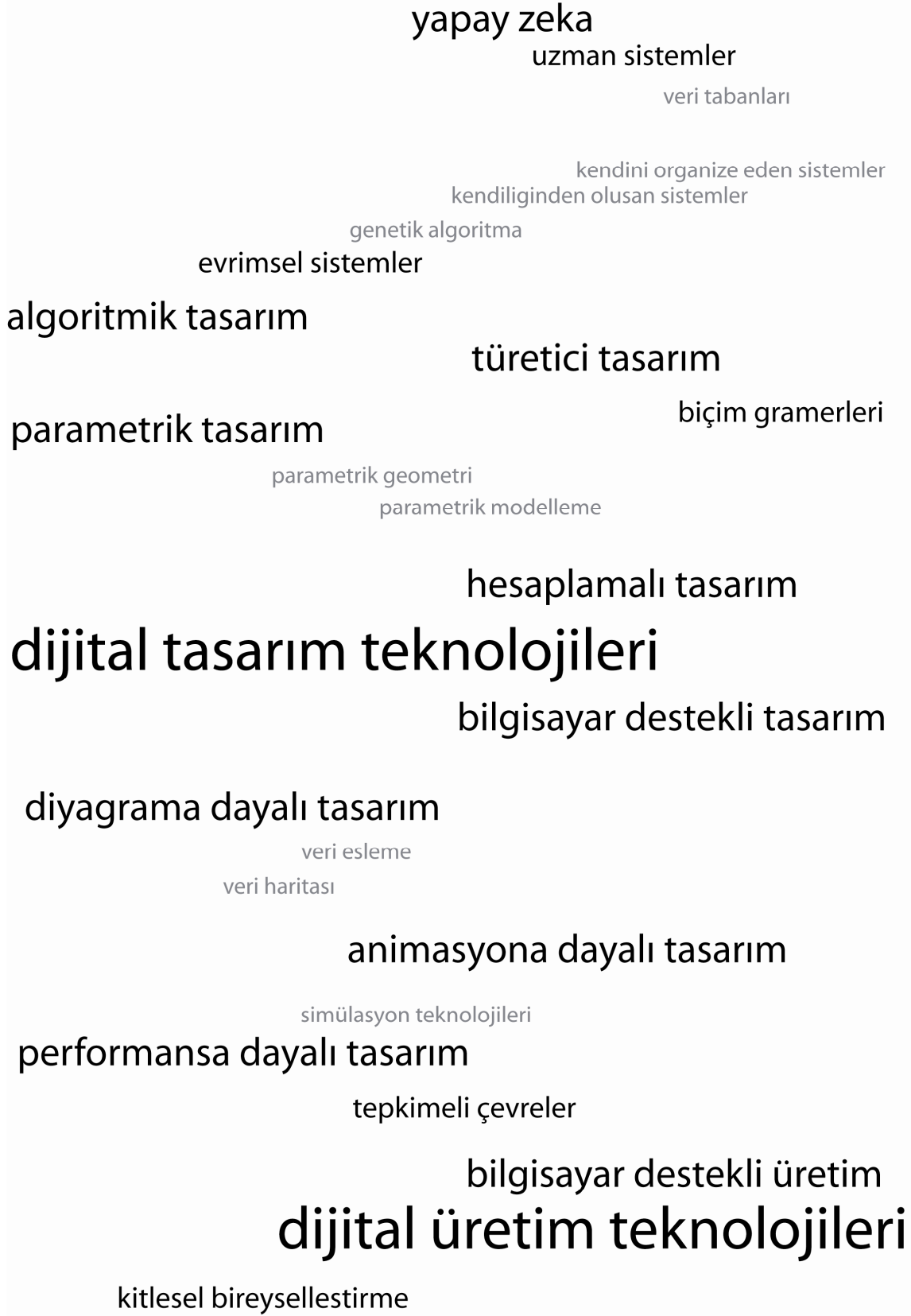
çizebilmektir. Bu tür bir çerçeve, mimarlıkta sayısal tabanlı bir tasarım-üretim sistemine geçişte yaşanan kavramsal değişimleri, dönüşümleri tartışabilmek için gerekli altyapıyı kurmaktadır.

Dijital tasarım teknolojileri ana başlığı altında incelenen parametrik tasarım, üretici sistemler, uzman sistemler, evrimsel sistemler, animasyona dayalı tasarım, diyagram mimarlığı, performansa dayalı tasarım ve bilgisayar destekli üretim, mimarların sayısal tabanlı tasarım-üretim dünyası içinde test ettikleri yöntemler, teknolojiler ve söylemler üzerinden geliştirilen bir çerçevedir. Bu yazı kapsamında, oluşturulan çerçevedeki tüm tekniklere değinilmeyecek, bu alanda yaygın olarak kullanılan parametrik tasarım, evrimsel sistemler, animasyona ve performans analizlerine dayalı tasarım teknolojilerinden ve bu teknolojilerin kullanımının ardındaki kavramsal açılımlardan bahsedilecektir. Bu yazıda ele alınan her tasarım teknolojisi, tanımı, ilişkili alt kavramları ve uygulamadaki örnekleriyle birlikte incelenecektir.

2.1. Parametrik Tasarım

Türk Dil Kurumu sözlüğü'nde parametre, cebirde bir denklemin katsayılarına giren değişken nicelik olarak tanımlanmaktadır [1]. Bilgisayar biliminde parametre, bir dizi komutun, sisteme girilen çeşitli veriler üzerinde işlem yapmasıyla ilgili bir terimdir [2].

Parametrik tasarım sürecinde tasarımı etkileyecek verilerin parametreler olarak belirlenmesi ve organizasyonu esastır: Hangi verinin diğeriyle nasıl ilişkili olduğunun sayısal ve geometrik olarak tanımlandığı ve sınırlamaların belirtildiği bir tasarım stratejisi kurulur. Bu tür bir ilişkisel model bir kez kurulduğunda parametre değerleri değiştirilerek tüm olası durumları araştırılabilir ya da türetilebilir.



Şekil 1: Dijital tasarım teknolojileri ve ilgili alt terimler için oluşturulan kavram haritası

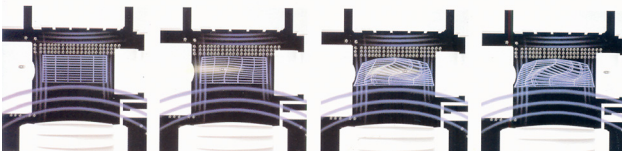
Parametrik tasarım sayısal mimari tasarım tekniklerinin birçoğunun temelini oluşturur. Tasarım sürecinde, konseptin oluşumu, mekanın biçimlendirilmesi, uygulama detaylarının çözümlenmesi gibi çeşitli aşamalarda kullanılmaktadır. Parametrik bir sistemde değişiklik yapma kolaylığı ve parametre değerleri değiştirilerek birçok alternatifin denenebilmesi özelliği vardır.

Parametrik tasarımın konsept geliştirme aşamasındaki kullanımlarında, çevre verileri ya da belirlenen diğer faktörler parametreler olarak yorumlanır ve etki-tepki yöntemiyle form oluşumuna etki eder. 2001 Frankfurt Uluslararası Otomobil Fuarı'nda yer alan BMW Pavyonu-Dynaform, parametrik sistemlerin konsept geliştirme aşamasında kullanımına örnek olabilecek bir projedir.



Şekil 2_ Frankfurt Forum Alanı ve BMW Pavyonundan görünüm

Tasarım sürecinde pavyonun içinde yer alacağı çevre, bir *güçler alanı* olarak yorumlanır; çevredeki mevcut pavyonlara niceliksel ve niteliksel özelliklerine göre birer etki değeri verilir; bu güçler, pavyonun biçimlenmesinde etkin parametreler olarak kullanılır.

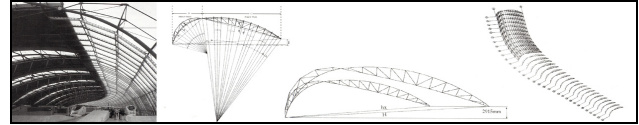


Şekil 3: BMW Pavyonu tasarım sürecinde çevre pavyonların etkisi ve araba hızına bağlı doppler etkisinin denenmesi

Parametrik tasarım detay çözümleri ve strüktür tasarımı için de kullanılmaktadır. Tek bir prensip formül oluşturulur; ölçü, açı,

kalınlık değişimlerinin gerektiği yerlerde, parametrelerin değerleri değiştirilir ve tek bir prensip detay çözümlerine dayalı çeşitli çözümler oluşturulabilir.

Nicholas Grimshaw ve Ortakları tarafından 1993'te inşa edilen Waterloo Tren İstasyonu'ndaki geniş çatı örtüsü parametrik tasarım teknikleri ile tasarlanmıştır. Eğrisel çatının, değişen arazi biçimine uyum gösteren, ölçüsü ve biçimi birbirinden farklılaşan strüktürel elemanlarının tasarımı için tek bir makasın parametrik modeli yapılmış ve bu modelden türeyecek diğer makaslar için tasarım kuralları belirlenmiştir (3). Waterloo Terminali'nde çatı strüktürünü oluşturan üç mafsallı yay benzeri kemer için ölçek, boyut, pozisyon gibi parametreler belirlenmiş ve terminal boyunca dizilecek diğer makaslar parametre değerleri değiştirilerek kısa zamanda türetilenmiştir.



Şekil 4: Waterloo Terminali ve her biri farklı ölçüdeki 36 adet yay benzeri strüktür için kurulan parametrik sistem

Oosterhuis'in *Floriade World Exhibition* için tasarladığı sergi pavyonu üçgen prizmaların birleşiminden oluşan ve tek bir prensip detay çözümlerine dayalı olarak tasarlanan bir bina kabuğudur. Tasarım sürecinde, üçgen prizmaların, konumlandığı noktadaki özelliklere göre açısını, ölçüsünü, yönünü değiştiren bir sistem kurulmuş ve bina kabuğu tek bir prensip detayın parametre değerlerinin değiştirilmesiyle elde edilen, her biri farklı ölçü, açı ve kalınlıkta üçgen birimlerden oluşturulmuştur. Tasarıma üç boyutlu modelleme ile başlanmış, *Autolisp* ile üç boyutlu objelerin iki boyutlu açılımının yapılmasını sağlayan bir betik yazılmış ve çelik üretici firmaya dosyadan fabrikaya yöntemiyle gönderilmiştir. Oosterhuis parametrik tasarıma dayalı projesini "tek bina tek detay" şeklinde yorumlar.

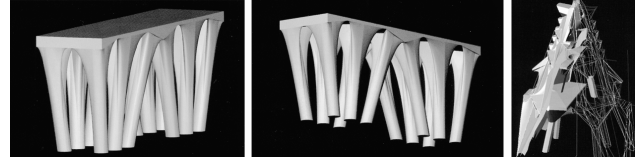


Şekil 5: Web of Noth Holland

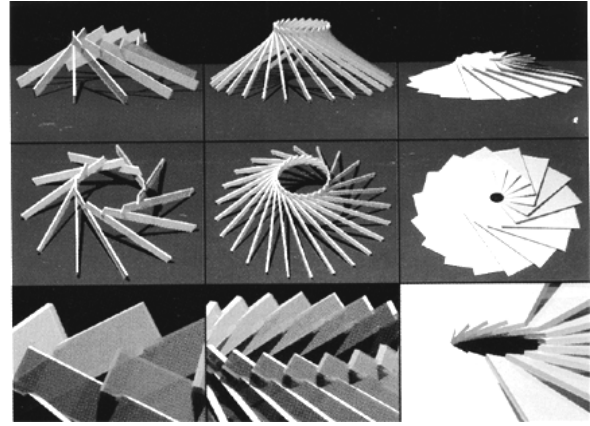
Parametrik modelleme, parametrelere dayalı olarak kurulan ve bu değerlerin değişimine izin veren, böylece sonuç biçimin parametrelerin kontrolü altında sürekli değişebildiği modelleme yöntemleridir; parametrik modellemede tasarımı geometrik olarak sınırlayan kuralların belirlenmesi gerekir(4). Son yıllarda parametrik modelleme amaçlı özel yazılımlar geliştirilmektedir (Generative Components, Paracloud). Bu programların özelliği, üç boyutlu modelin her bir bileşeninin diğer bileşenle ilişkili olarak oluşturulması ve sayısal değerlerinin her an değiştirilebilmesidir. Bu tür programlarda standart komutlardan çok bu komutların matematiksel formüllerine ulaşılabilir; örneğin kopyalama ya da çoğaltma işlemlerinin matematiksel seri, dizi işlemleriyle gerçekleştirilmesi gibi.

1979'dan beri Gaudi'nin Barselona'daki Sagrada Familia kilisesinin tamamlanması çalışmalarında danışman mimar olarak çalışan Burry, Gaudi'nin tekrarlara dayanmayan, zengin mimari dilini çözümlmek için parametrik modelleme tekniklerini kullanmıştır. Burry (5), parametrik tasarımda tasarlananın biçim değil, biçimi düzenleyen parametreler olduğunu vurgular. Parametrik olarak oluşturulmuş bir modelin değerleri değiştirildiğinde biçimin tamamında değişiklikler otomatik olarak güncellenir ve bu işlemin grafiksel sonucu ekranda oluşur. Burry, Sagrada Familia Kilisesinin üç kemerli kolonlarını parametrik modelleme teknikleri ile oluşturmuş ve parametre değerlerini değiştirerek birçok türevini elde

etmiş, bu sistemi tasarım geliştirme aşamasında kullanmıştır.



Şekil 6: Gaudi'nin Sagrada Familia Kilisesinin tamamlanması çalışmaları; kolonların parametrik modellerle düzenlenmesi



Şekil 7: Strüktürel bir sistemin parametrik modellenmesi; birimlerin sayısı, eğimi ve yüksekliğiyle ilgili parametreler değiştirildikçe oluşan alternatifler

Parametrik tasarım ve modelleme programları mühendislik, endüstriyel tasarım ve ulaşım endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu disiplinlerde sonuç ürünün birbiriyle ilişkili alt parçalara ayrılması ve bir sistemin kurulması mimarlık alanına göre daha kolaydır. Mimarlık alanında bu anlamda ilişkisel bir sistemin kurulabilmesi için sistematik yaklaşım önem kazanmaktadır.

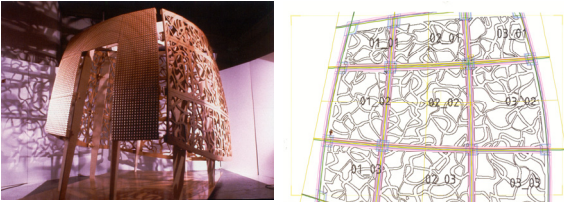
Parametrik Geometri- Monedero, (6) parametrik tasarım yerine ilişkisel modelleme (associative modelling), varyasyonlara dayalı tasarım ve sınırlamalara dayalı tasarım kavramlarının da kullanıldığından bahseder.

Bridges (7), biçimlerin parametrik olarak tanımlanmasıyla sabit uzunluklarla çalışmak yerine, ölçülerin birbirine bağlı halde kurgulanmasının mümkün olduğunu belirtir. Böylece parametrik olarak

tanımlanmış geometrik biçimin, bir bileşenindeki ölçü değiştirildiğinde ona bağlı bulunan diğer birimlerin nicelikleri de bu değişime göre yenilenir.

Parametrik olarak tasarlanan ve otomatik olarak üretilen objeler fikri 80'lerin başlarında ancak deneysel çalışmalar olarak gündeme gelirken *nurbs* çizimleri, CAD/CAM sistemlerinin kişisel bilgisayarlara uyumlu hale gelmesi gibi gelişmeler sonucunda 90'lı yıllarda uygulanabilir hale gelmiştir.

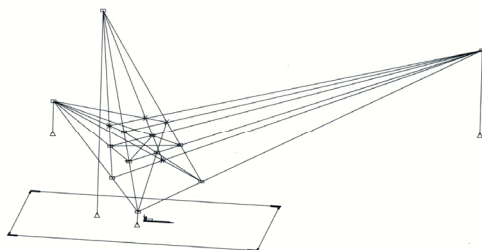
Objectile mimarlık grubu TopCad program platformunda çalışarak tasarım ve üretim için sayısal tabanlı ortak bir platform oluşturmuştur. Objectile tasarımcıları 2002'de Beyond Media uluslararası mimarlık festivalinde uyguladıkları pavyonda *projective geometriye (gözün görme esaslarına göre)* biçimlenen, üç kaçış noktasına göre her yüzeyi eğriselleşen bir küpün tasarımı ve uygulaması için dijital tasarım ve üretim teknolojilerine dayalı bir sistem kurdular.



Şekil 8: Philibert De Lorme Pavyonu ve modelin üretim için kodlanması

12 strüktürel eleman, 45 eğrisel panel ve 180 birleşim elemanından oluşan ve her biri ayrı biçim, açı ve ölçüdeki bileşenlerin tasarımı ve uygulaması için bir program yazılımı geliştirildi. Amaç üç kaçış noktasının yerleri değiştirildiğinde en küçük detayına kadar otomatik olarak yeniden biçimlenen bir mimari sistem kurmaktır.

Şekil 9: Philibert De Lorme Pavyonu



Bu model bir kez kurulduktan sonra biçimlendirmek istenilen bileşenin ilgili olduğu kılavuz geometri seçilir ve parametre değerleri değiştirilerek istenilen bileşen tasarlanmış olurdu. Kurulan sistemde her bir bileşen diğer bileşenle yan yana geliş bilgisini ve CAD/CAM tezgahında nasıl yerleştirileceği bilgisini de içeriyordu.

Parametrik tasarımla ilgili bu tip örnekler incelendiğinde mekana yaklaşımla ilgili bazı sonuçlar çıkarılabilir; mimari ürüne bir *sistem tasarımı* olarak yaklaşılır, kurulan *sistem* farklı bağlamlara kolayca adapte olabilir, *adaptasyon* önemli bir kavram haline gelir.

Parametrik tasarım yaklaşımıyla *standart olmayan (non-standart)* objeler üretilebilir. Standart olmayan objeyle kastedilen, tasarımda standart elamanların kitlesel üretimine dayalı olan standartlaşma paradigmasının yerine yine seri üretim teknolojileriyle üretilen, aynı temaya ve biçimsel dile ait olan ancak parametre değerleri değiştirilerek birbirinden küçük ayrımlarla farklılaşan bir serinin tasarımı ve üretimine dayalı yeni bir paradigmadır ve sistemli bir *çeşitlilik* önerisidir. Tekrar eden ancak birbirinden farklılaşabilen sistemler fikri günümüzde mimari cephelerin, strüktürel elamanların ve dekoratif amaçlı doku yüzeylerinin tasarımı ve üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.2 Evrimsel Sistemlere Dayalı Tasarım Teknolojileri

Tasarımda evrimsel sistemlerin model alındığı örnekler genel olarak *algoritmik tasarım* ana başlığı altında ele alınmaktadır. Algoritmik tasarım yaklaşımında ürün ya da olası ürünler ailesi, kurulan kurallar ve ilişkiler sisteminin sonucunda kendiliğinden oluşur. Genellikle mevcut çizim ve modelleme programların betiklerine yapılan eklerle ya da özel olarak yazılan programlarla düzenlenirler. Bu yaklaşımdan

beslenen evrimsel sistemler, biyolojik büyüme ve biçimlenme kavramlarının mimari tasarım sürecinde, tasarıma model olarak kullanılmasıyla ilgilidir. Frazer, *Evolutionary Architecture* kitabında bu süreci şöyle tarif eder: “Mimari konseptler bir dizi üretim kuralı olarak tanımlanır, bu konseptlerin evrimi, gelişimi sayısal olarak şifrelenebilir. Bir dizi üretim kuralı, çok sayıda prototip biçim türetebilir. Bu ürünler benzeşik bir çevredeki performanslarına göre değerlendirilir. Sonuç genellikle beklenmediktir” (3).

Genetik Algoritma, evrimsel mimari yaklaşımında temel bir alt kavramdır. Doğada, canlıların oluşumunda ve biçimlenmesinde yönlendirici olan genlerin işlevini bilgisayar ortamında algoritma ve kodlar üstlenir. Bilgisayar ortamındaki genetik algoritmalar, çoğalma, gen geçişi ve mutasyon kurallarının işlendiği kromozom sarmalı benzeri, kural dizili bir yapıya sahiptirler. Bu sarmala parametreler işlenir ve değerleri tasarım süreci boyunca sürekli değişir, Frazer’ın deyimiyle birbirine benzer biçimdeki *yapay organizmalar* oluşturulur ve bu organizmalar belirlenen *güçlülük* kriterlerine uyum gösterip göstermediklerine göre elenirler (3). Seçilen organizma ve onu oluşturan parametreler arası çaprazlamalar yapılır, mutasyonlar olur ve yeni kuşaklara yararlı ve hayatta kalmayı sağlayan davranışlar aktarılır.

Karl Chu (3), bir bitki büyüme sürecinin simülasyonun yapıldığı ve dijital modelleme programı haline getirilen kural tabanlı dallanma prosedürlerinden bahseder. Sistem yeniden- yazma kurallarına göre çalışır. Tanımlanan basit bir kurallar dizisine göre oluşturulan obje, yeniden yazma yöntemiyle çalışan geri beslemeli sistemde her defasında yerine yeni objeler koyarak karmaşık bir objeye dönüşür.

Bu süreçlerde mimar, biçimin kaynağını, biçimlenme kurallarını oluşturan genetik kodu yazar. Farklı çoğalma işlemleriyle aynı aileye ait, küçük farkları olan biçimler

türetilir. Bu yöntemlerle geleneksel tasarım ortamında mümkün olmayacak çeşitlilikte tasarım alternatifleri elde edilir.

Kendisini Organize Eden / Kendiliğinden Oluşan Sistemler mimari tasarım sürecinde biyolojik gelişimin ve doğanın tasarıma model olarak alındığı tasarım yaklaşımıdır. Karmaşık grup davranışlarını açıklayabilmek için, doğadaki kendi kendini organize eden sistemler, örneğin karıncaların yuva yapma süreci ya da kuş sürülerinin hareketleri incelenmektedir. Meksika’da Santa Fe Enstitüsünde bir grup araştırmacı kendisini organize eden sistemlerin strüktürünü çözümlmek için çalışmalar yapmaktadır (8). Bu araştırmalara göre grup davranışlarında karmaşık görünen sistemlerin temeli, grup içindeki birimlerin basit kurallara uyması ve bu etkileşimin bir ağ şeklinde kendi kendini organize eden bir sisteme dönüşmesine dayanmaktadır. Bu bağlamda ‘sürü akli’ (swarm intelligence) olarak anılan ve birbiriyle etkileşim içindeki güçlerin oluşturduğu ağ sistemi olarak tarif edilen bu terim bununla ilişkili olabilecek tüm olgular için kullanılmaya başlamıştır.

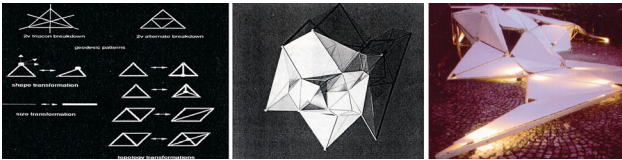
Evrimsel gelişime ve kendini organize eden sistemlere dayalı tasarım teknolojileri, biyolojik büyüme ve gelişim, evrim, genetik kodlar gibi olguların tasarıma model alınmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu olguların model alındığı çalışmalarda tasarım ön tahminlere dayalı, doğrusal olarak gelişen, biçimsel kararlarla ilgili bir süreç değildir; belirlenen kurallar ve sınırlandırmalar doğrultusunda kendi kendine gelişen, önceden tahmin edilemez sonuçlar doğuran bir süreçtir. Sonuç ürünler genellikle basit kuralların tekrarından doğan, fraktal geometri benzeri, belirli bir düzen içinde karmaşık bir görüntüye sahip olan, geleneksel temsil teknikleriyle üretimi zor olan biçimlerdir.

Bu tip tasarım teknolojilerinin mimari pratikteki kullanımları incelendiğinde, strüktür tasarımını esas alan projelere

rastlanmıştır. Konsept geliştirme aşamasında doğayla ilgili olguları model alan, çevresel etkilere ve performansa önem veren, kendiliğinden oluşumu önemseyen yaklaşımlarda model olarak kullanılmaktadır ve tasarım yöntemlerini etkilemektedir.

Kristina Shea (8) tarafından tasarlanan **eifForm** programı bu prensiplere ve kavramlara dayalı olarak kurgulanmış; bu programla tasarlanan strüktürel sistem 2002 yılında Amsterdam'da Academie van Bouwkunst'un avlusunda bir sistem prototipi olarak uygulanmıştır

eifForm programı belirlenen kombinasyon ve dönüşüm kuralları doğrultusunda strüktürel kompozisyonlar türeten bir programdır. Düzlemsel çatı makaslarının uzay kafes sistemindeki gibi belirli mafsal noktalarıyla bir araya geldiği, açıklık geçebilen, kendini taşıyan ve biçimsel sürekliliğini koruyan bir taşıyıcı sistem modeli kurulmuştur. Tasarımcının belirlediği koordinatlara göre program, çeşitli strüktürel konfigürasyonlar türetir (9).

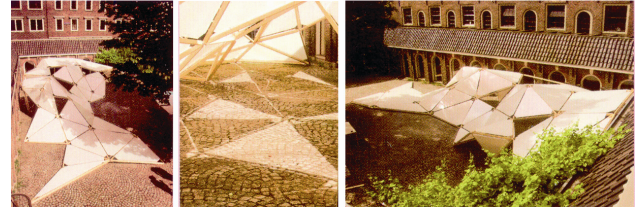


Şekil 10: eifFORM programı strüktür türetme kuralları ve uygulanan prototip (Hadid ve Schumacher, 2002)

Program düzensiz seçimlere (random) dayalı yapısıyla her defasında birbirinden farklı konfigürasyonlar türetebilmektedir. Düzlemsel çatı makasları türetici sistemdeki başlangıç elemanı olarak belirlenmiştir; geçilen açıklık, destek noktaları, gerekli yükseklik, yer çekimi ve yükler gibi parametrelere ve topolojik kararlara göre bir araya gelme ve dönüşüm kuralları oluşturulmuştur; ancak bu kurallar belirli bir sırada uygulanmaz; program bu kurallar arasından düzensiz seçimler yaparak farklı biçimler türetebilir. Bu düzensiz seçimleri

kontrol eden, hangi kuralın hangi koşullarda uygulanabileceğiyle ilgili sınırlandırmalarla yönlendirilen program, evrim konseptine uygun şekilde kendi kendine gelişir ve tasarımcıya strüktürel kompozisyon alternatifleri sunar.

Prototip ahşap dikmelerin mafsal noktalarında çelik bulon ve kancalarla birleştirilmesiyle oluşturulmuş ve strüktür plastik yüzeylerle kaplanmıştır.



Şekil 11: eifFORM prototip uygulama

Otomotiv ve havacılık sektörlerinde, strüktürel analizler ve strüktürel optimizasyonlardan elde edilen sonuçlar tasarımın erken aşamalarında kullanılan verilerdir ve tasarımda belirleyicidirler. Mimari tasarım süreçlerinde ise genellikle biçim kararları verildikten sonra strüktürel kararlar verilir. Mimarlıkta CAD/CAM teknolojilerine dayalı üretim sistemlerinin kullanılmaya başlaması, yeni malzeme araştırmalarının yapılması ve performans analizlerinin gelişmesi strüktürel biçim arasındaki ilişkiyi etkilemiştir. Shea, strüktür kararlarının biçimle entegre olarak geliştirildiği bir tasarım sürecinin artık mümkün olduğunu vurgular.

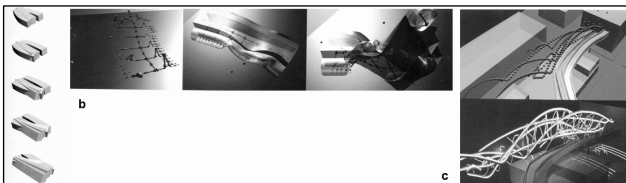
2.3 Animasyon Teknikleriyle Tasarım

Animasyon genel anlamda hareketli görüntü oluşturma tekniğidir; el çizimleri, fotoğraf teknikleri, bilgisayar ortamında iki boyutlu imajlar, üç boyutlu dijital modeller ya da fiziksel modeller kullanılarak görüntüler tek tek oluşturulur. Aynı ayrı oluşturulan bu kareler saniyede minimum 16 kare hızla gösterildiğinde göz bunu hareketli görüntü olarak algılar [2]. Mimarlıkta üç boyutlu dijital modelin animasyonu genellikle projenin sunum aşamasında kullanılmaktadır.

Dijital animasyon teknikleri mimarlıkta bir temsil tekniği olarak kullanılırken, Greg Lynn'in öncülüğünü yaptığı çalışmalarla animasyon bir tasarım teknolojisi olarak kullanılmaya başlandı. Hareketin tasarıma katılması mekanik paradigmada hareket eden binalar ya da kinetik mimari anlamında kullanılırken, Lynn animasyonu tasarım sürecine zamanın, evrimin ve yaşam boyutunun katılması olarak açıklamaktadır.

Kalıcılık, zamansızlık ve ideal nötr boşlukla tariflenen bir mimari anlayışa karşılık Lynn yaşayan bir çevrede, yerçekiminden başka birçok etkili gücün bağlam olarak algılandığı aktif bir sanal çevrede biçimlenebilen, topolojik yüzeylerle oluşturulan bir mimariden bahseder (9). Lynn'e göre bilgisayar ortamında tasarım, temsil ortamında tasarımdan üç önemli açıdan farklılaşmaktadır: topoloji, parametre ve zaman. Animasyon teknolojisi, kavramsal olarak zaman ve hareketin tasarıma katılmasını sağlar.

Lynn'e göre mimari biçim bulunduğu çevrenin ve sosyo-ekonomik bağlamın dinamiklerine cevap vermelidir. Bağlam, aktif bir soyut mekana dönüşür; rüzgar, güneş etkileri, yaya ve taşıt akışları, vistalar gibi çevresel faktörler oluşturulan sanal çevrede şiddeti artıp azalan güçler olarak yorumlanır. Güç alanlarındaki değişimler hareketi oluşturur ve mekanın biçimi bu güçlerin etkisiyle dönüşüme uğrar. Bilgisayar ortamında kurgulanan sanal güçler çevresi, belirlenen zaman dilimi içinde biçimlendirme işlemine katılır.



Şekil 12: Animasyona dayalı çeşitli tekniklerin tasarım sürecinde kullanımı için örnekleri

Animasyonla tasarım yöntemleri ile tek bir kütle içindeki farklı bölgelerde farklı güçlere

cevap veren ve dolayısıyla farklı kesitlere sahip mekanlar tasarlanabilmektedir. Bir yandan sürekliliğini korurken bir yandan biçim değişikliklerine uğrayabilen topolojik yüzeylerle çalışılır.

Animasyon tekniklerinin tasarım teknolojisi olarak iki şekilde kullanımına rastlanmıştır: Birinci tür kullanımı form oluşturma amaçlıdır; bir zaman diliminde belirlenen parametrelere göre biçim değişikliklerinin oluşturulması ve animasyonun istenilen bir aralıkta durdurularak mekanın belirli bir görünümünün seçilmesi; ya da belirlenen rotalarda hareketlendirilen kütle parçalarının oluşturduğu kompozisyonun istenilen bir noktada durdurularak seçimi gibi yöntemler kullanılır.

İkinci tür kullanımı analiz amaçlıdır. Çevresel faktörler örneğin güneş, rüzgar etkileri ya da yaya-araç akışları gibi faktörlerin mekana etkilerinin gözlemlenebildiği simülasyon ortamları kurularak gerçekleştirilir. Örneğin itme-çekme gibi özellikler yüklenen çevresel verilerin çekim güçleriyle birbirine yaklaşan ya da itme gücüyle birbirinden uzaklaşan parçaların oluşturduğu kompozisyonlar tasarıma başlangıç için veri oluşturabilir.

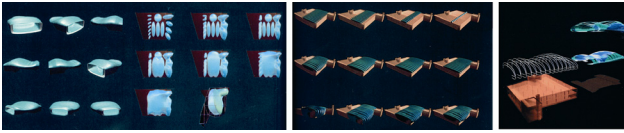
New York Presbyterian Church, 1999 yılında mevcut yapının kiliseye dönüştürülmesi ve ek bir yapı ile geliştirilmesi projesidir; Lynn ve diğer proje müellifleri bu proje için animasyona dayalı bir tasarım stratejisi oluşturmuştur.



Şekil 13: Presbyterian Kilisesi

Mevcut fabrika binasıyla belirli bir dereceye kadar entegre olan, bir noktadan sonra da onu saran, içine alan bir yapının oluşturulması hedeflenmiştir. Mevcut yapının düşey etkisi ek mekanlarla yatay etkiye; yapının yönlenişi, caddeye doğruyken kente doğru çevrilmiştir (10).

Film sektöründe kullanılan animasyon programları tasarımın biçim oluşturma aşamasında kullanılmıştır; mekan programlarını kapsayacak hacimlerin oluşturulmasında ve bunları istenilen biçimlere dönüştürülmesinde animasyon platformu kullanılmış, zaman içinde biçimlerin dönüşümü izlenmiş ve program istenilen noktada durdurulmuştur. Geniş açıklıklı ibadet mekanında önce yumuşak hatlı hacimler oluşturulmuş (blob), sonra daha keskin hatlara dönüştürülerek optimize edilmiştir. Ek yapının strüktürel çözümleri ve mevcut yapının strüktürüyle ilişkisi için CAD çizimleri kullanılmıştır.



Şekil 14: Animasyon tekniğiyle tasarım sürecinde mekanın biçimlenişi ve mevcut fabrika binasına eklenen mekanlar

Otopark alanına bağlantıyı sağlayan ana çıkış merdivenlerini saran mekan adeta zaman içindeki akışı gözlenebilen, birbirini tamamlayarak tek bir bütünü oluşturan mekan parçalarından oluşur. Tasarım yönteminin sonuç ürüne yansımaları açısından önemli bir örnektir.



Şekil 15: Dijital modelden uygulamaya, tasarım-üretim süreci

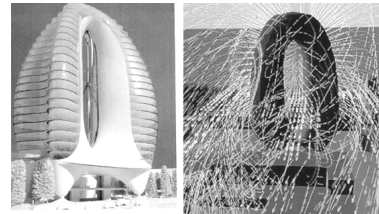
2.4 Performansa dayalı tasarım/ Tepki veren mekanlar

Performansa dayalı tasarım teknikleri, mimari tasarım sürecinin *performans analizlerine* dayalı olarak geliştiği tasarım yöntemlerini kapsar. Bina performansı, binanın iklimsel, strüktürel, akustik veriler gibi teknik veriler açısından gösterdiği performansla ilgili olabildiği gibi tasarımcının mekandan beklediği çeşitli

özelliklerle ilgili olabilir; örneğin yaya-trafik akışları, mekansal ilişkiler, bina programı, ekonomik parametreler gibi faktörler açısından çeşitli performans kriterleri belirlenebilir.

Kolarevic (3), bilgisayar ortamında performans analizleri için, geometrik modelin birbiriyle ilişkili üçgen birimlere bölünerek (mesh) strüktürel, enerji kullanımıyla ilgili ve akışkan dinamiğiyle ilgili analizlerinin yapılması yöntemi olan *finite element method* yönteminden bahseder. Karmaşık biçimli mekanların performans analizleri bilgisayar ortamında bu gibi yöntemlerle gerçekleştirilebilmekte ve bilgisayar grafiğindeki gelişmeler bu tekniklerin kullanımını kolaylaştırmaktadır.

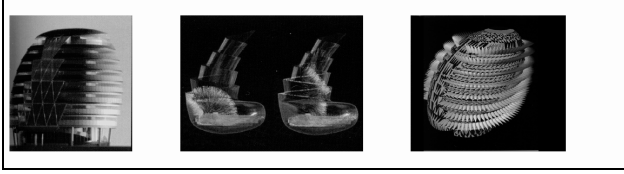
Future Systems mimari ofisi 1995 yılında gerçekleştirdiği ZED projesinde çok amaçlı bir binada enerji kullanımı açısından sürdürülebilir bir sistem kurmak için, sayısal tabanlı akışkan dinamiği programını kullanmıştır. Cepedeki güneş kırıcılara yerleştirilen fotovoltaik birimler ve binanın merkezinde geniş bir boşluk açarak bir rüzgar tribünü oluşturulması gibi kararlar performansa dayalı tasarım yöntemleriyle geliştirilmiştir. Cephenin eğrisel biçimlenişi binanın merkezindeki rüzgar etkisini minimuma indirmiş ve açılan boşlukla rüzgar kanallara ayrılmıştır. Bina kabuğunun optimum performansa uygun biçimlendirilmesi için performansa dayalı tasarım teknolojilerinin kullanımı önemlidir (3).



Şekil 16: Future Systems mimari ofisi 1995 yılında gerçekleştirdiği ZED projesi ve kullanılan akışkan dinamiği programı(CFD)

Foster ve ortaklarının GLA Yönetim binası,

akustik performansa dayalı simülasyon programlarıyla yapılan analizlere göre ve yıl içindeki güneşlenme verilerine göre biçimlendirilmiştir.



Şekil 17: Foster ve ortaklarının GLA Yönetim binası ve tasarım sürecinde kullanılan performans analizi programları

Bilgisayar teknolojilerini tasarım teknolojileri olarak kullanan bürolar, performans analizlerine dayalı programları sadece tasarımın revize edilmesi için değil, bunun yanı sıra tasarımın erken aşamalarında üretilen bir temel biçimin geliştirilmesi, performansa dayalı parametrelere göre alternatiflerinin türetilmesi için kullanılmaktadırlar.

Performans analizlerine dayalı tasarım teknikleri mimari pratikte iki şekilde kullanılmaktadır: Birinci tür kullanımda ana kararları verilmiş ve dijital modeli oluşturulmuş bir proje çeşitli performans analizlerine göre test edilir ve proje bu sonuçlara göre revize edilir; İkinci tür yaklaşımda ise performans analizleri tasarımın erken aşamalarından itibaren tasarım girdisi olarak ele alınır ve tasarımda belirleyici rol üstlenir; mekanın biçimlenmesi bu analizlere göre gelişir.

Arup mühendislik firması temsilcisi Luebkeman, kullandıkları performans analizi programlarını şöyle örneklendirir; rüzgar, su akışlarının simülasyonlarında kullanılan akışkan dinamiği analizleri, strüktürel analizler, akustik modelleme, insan-yaya akışları simülasyonları, altyapı simülasyonları, strüktürel dinamik analizler, zemin etütleri gibi analiz programları (3). Luebkeman bu tür analizlerle ilgili geliştirilen 150'den fazla program olduğunu ve bu programların tasarım geliştirme aşamasına entegre olması gerektiğini belirtir. Geleneksel tasarım sürecinde yapı

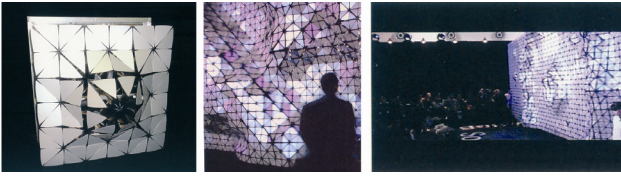
ve afet yönetmeliklerine göre uygulanan bu kriterlerin, genellemelere dayalı olduğu ve yetersiz kaldığı çeşitli projeler üzerinde yapılan performans analizleriyle kanıtlanmıştır.

Performans analizlerinde kullanılan simülasyon programları, çeşitli çevresel faktörlerin mekana etkilerinin, olgusal olarak izlenebilmesini ve sayısal olarak hesaplanabilmesini sağlar. Örneğin rüzgar kanallarının mekanda deformasyona neden olduğu bölgelerinin saptanmasında; mekana etki eden yüklerin dağılımının ve gerilim bölgelerinin ortaya çıkarılmasında; yangında dumanın mekan içindeki yönlenmesinin ve insan kaçışlarının simüle edilmesinde; bir köprünün salınımının canlandırılması ve hesaplamalarının yapılmasında çeşitli simülasyon teknolojileri kullanılmaktadır. Performansa dayalı tasarım yaklaşımında bu tür analizler tasarımın erken aşamalarından itibaren kullanılır ve tasarımı yönlendirir. Dijital tasarım teknolojilerinin uygulamanın gerçekleriyle entegre olabileceği dijital platformların kurulması önemli bir gereksinimdir.

Tepki veren mekanlar, çevreden gelen çeşitli verileri algılayarak yüzeyin hareketlenmesi, mekandaki ışık, ses, dijital görüntü özelliklerinin değişmesi gibi tepkiler veren mekanlarla ilgili olarak kullanılan bir kavramdır. Dijital tasarım teknolojilerinin kullanımından önce de bina cephesinde dış etkilere göre değişimlerin olduğu örnekler vardır; örneğin Jean Nouvel'in Arap Enstitüsünde cephedeki birimlerin ışığa duyarlı olarak açılıp kapanması gibi. Bilgisayar teknolojilerinin bina yüzeylerine entegre edilen sensörleri ya da kinetik mekanizmaları programlayabilmesi, ya da mekana gelen veriyi mekandaki hareketlere çevirebilmesi gibi imkanları bu sistemlerin kullanımını yaygınlaştırmaya başlamıştır

Aegis Hyposurface projesi, Birmingham Hippodrome Tiyatro binası giriş mekanında yer alacak etkileşimli bir sanat objesi konulu

yarışma için dECOi mimarlık ofisi tarafından tasarlanan ve birincilik ödülünü kazanan projedir; prototipi 2000 yılında Venedik bienalinde ve 2001'de CEBIT Fuarı'nda sergilenmiştir. Projedeki çıkış noktası tiyatrodaki aktivitelere, yüzey hareketleri ve renk değişimleriyle cevap veren; içteki aktiviteleri dışarıya yansıtan; hareket, ses-ışık, ısı değişimi gibi çevresel faktörlerle etkileşim içinde olan bir yüzeyin tasarlanmasıdır. Aegis Hyposurface dış mekanla iç mekan arasında bağlantıyı sağlayan, yüzey hareketleri sonucu algılanma şekli sürekli değişen, kendini yenileyen bir mimari yüzeydir (11).



Şekil 18: Venedik bienalinde sergilenen Aegis Hyposurface prototipi (Liu, 2002)

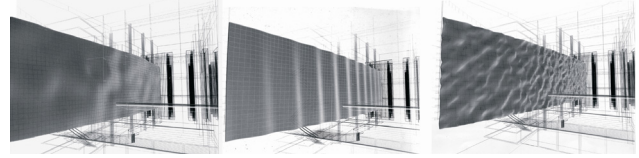
Çok sayıda alıcı-vericinin dizildiği bir matristen oluşan yüzey, çevredeki çeşitli etkileri algılar; bu veriler dijital ortamda matematiksel formlere dönüştürülür; her bir matematiksel eşitlik ayrı bir yüzey hareketini belirler; yüzeydeki alıcı-verici noktalarının pozisyonu bilgisayarın hesaplama hızıyla paralel olarak sürekli değişir; yüzeyin hareketleri ve davranışları oluşur. Elektronik bir sinir sistemi gibi çalışan, çevreden gelen etkileri bilgisayar aracılığıyla çeşitli fiziksel değişimlerle dönüştürebilen tepkimeli bir mimari üründür.



Şekil 19: Aegis Hyposurface prototipinin yüzey hareketleri

Aegis Hyposurface'in proje geliştirme aşamasında disiplinler arası bir çalışma gerçekleştirilmiştir; mekanizmanın işletim sisteminin kurulabilmesi için elektronikçi, mekanikçi, bilgisayar programcısı ve matematikçilerle birlikte çalışılmıştır. Sensorlar ve dijital teknolojiler aracılığıyla

çevredeki gürültü, ısı ve hareket değişimlerinden örnekler alınır; bu örnekler bilgisayar ortamında çeşitli matematiksel tanımlamalara çevrilir; hız, yön gibi parametreler otomatik olarak değişir.



Şekil 20: Aegis Hyposurface tasarım süreci

8 x 8 metrekarelik bir yüzeye 1000 adet alıcı-verici yerleştirilmiştir. Veri aktarımı bilgisayarın hesaplama hızıyla paralel olarak 0,01 saniyede bir yenilenir ve mekanizma yaklaşık 60 km. çevredeki çeşitli hareketleri ve performans değerlerini algılayıp yüzeydeki noktaların hareketini sağlar. Mevcut mekanizma sonraki uygulamalarında 20 000 adet alıcı-verici yerleştirilerek daha da hassaslaştırılmıştır.

Dijital tasarım ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler ve disiplinler arası çalışmalar yeni yapı malzemelerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Birbirinden farklı özellikteki malzemelerin özelliklerinin bir araya getirildiği *kompozit malzemeler*, çevresel faktörleri algılayan, tepki veren *akıllı malzemeler*, ya da çevredeki değişimlere *uyum gösterecek şekilde kendini yenileyen malzemeler* geliştirilmektedir. Malzeme katmanlarına yerleştirilen optik kablolar ve diğer dijital sistemler malzemeleri bilgi tabanlı sistemlerle entegre edebilmekte ve yapı malzemesi geleceğin önemli bir araştırma alanı olarak gelişmektedir.

2.5 Bilgisayar Destekli Üretim; Kitlesele Bireyselleştirme

CAD/CAM kısaltmasıyla kullanımı yaygınlaşan terim literatürde bilgisayar destekli tasarım ve üretim ya da dijital tasarım ve üretim terimleriyle ifade edilmektedir. CAD/CAM teknolojilerinin kullanıldığı tasarım ve üretim sürecinde bilgisayar ortamındaki proje bilgileri yine

bilgisayar ortamında fabrikaya ulaşır. *Dosyadan fabrikaya* sürecinde bilgisayar tabanlı sayısal kontrole dayalı üretim teknikleri kullanılır.

Kolarevic (3) dijital üretim teknolojilerini 4 grupta inceler:

- İki boyutlu üretim: CNC kesim işlemleri
- Çıkarma işlemine dayalı üretim (katı objelerin frezelenmesi)
- Ekleme işlemine dayalı üretim (katmanlı üretim/ serbest biçimli katı obje üretimi/ hızlı prototipleme)
- Biçimlendirmeye dayalı üretim

Üretimi yapılacak tasarımın biçimi, boyutları, kullanım amacı, malzeme türü ve bütçe gibi faktörlere bağlı olarak seçilen bu tekniklerin tümü sayısal tabanlı tasarım bilgisinin üretim tezgahına aktarımı prensibine göre çalışır. Bu tekniklerle kesilecek, kalıbı yapılacak, ısısız işlemlerle biçimlendirilecek ya da katman katman oluşturulacak malzemenin karmaşık bir biçime sahip olması ya da milimetrik hesaplara dayalı olması sayısal tabanlı üretim için sistemi zorlayan ya da bütçeyi arttıran faktörler değildir.

Dijital üretim teknolojilerinin mimarlık için kullanılmaya başlamasıyla ortaya çıkan bir kavram *kitlesel bireyselleştirme* (mass customization). Kitlesel bireyselleştirme, mimarlık için yeni bir kavram olmasına rağmen tüketici ürünlerinde ve otomotiv sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. *Seri üretim* sistemi, tüm özellikleri aynı olan ürünlerin hızlı üretimi esasına dayalıyken, *kitlesel üretimde özelleştirme ya da bireyselleştirme* sistemlerinde kullanıcının ihtiyaçları ve beğenilerine göre alternatifler sunan bir sisteme geçilmiştir. Örneğin Nike spor ayakkabılarında İnternet üzerindeki seçeneklerle kendi ayakkabınızı oluşturabilir ve sipariş edebildiğiniz ya da çeşitli otomobil firmalarında belirli özellikler

içinden kendi konfigürasyonunuzu oluşturabildiğiniz sistemler mevcuttur. Bu sistemin mimarlığa uygulanmasında seri üretilebilen ancak kullanıcının belirli özelliklerini değiştirebildiği mekanlar tasarlanabilir ve üretilebilir.

Bilgisayar Destekli Üretim teknolojilerinin mimari tasarım sürecine entegre olarak kullanımında öncü olan isim Frank O. Gehry' dir. Heykelsi binalarının projelendirme sürecindeki ihtiyaç üzerine mimari tasarım ve üretim sürecine bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojilerini entegre eden Gehry, otomotiv ve uçak tasarımında kullanılan CATIA gibi programların mimari tasarım sürecinde kullanımının önünü açmıştır. CAD/CAM teknolojileri dijital mimarlık süreçlerinde tasarım ve üretimin önemli bir bileşeni haline gelmiştir.

CAD/CAM teknolojileri, tasarım sürecinde, maket ve prototip üretimi için kullanılmaktadır. Bu sistemler aynı zamanda sayısal tabanlı tekniklerle tasarlanan mekanların uygulanmasında yapı malzemelerinin kesimi, biçimlendirilmesi, kalıpların oluşturulması, her noktasında değişen ölçü ve biçimlere sahip strüktürel elemanların üretimi gibi imkanlarıyla uygulama sürecinin odağına yerleşmiştir. Günümüzde bu sistemler geleneksel atölyelerde (ahşap, demir vb.) bile yerini almaya başlamıştır.

3. SONUÇLAR

Bilgisayarın mimarlık alanında kullanımı, bilgisayar destekli çizimle başlamış, bilgisayar destekli tasarım alanında devam etmiş ve bilgisayar destekli üretime kadar uzanmıştır. Bilgisayar destekli temsil-tasarım ve üretim imkanları, mimarlara yeni bir görme aracı, tasarım ortamı ve üretim modeli sunmaktadır.

Geleneksel mimari tasarım sürecinde mimar zihnindekileri temsiller aracılığıyla görsel bir dile çevirir ve bu dil aracılığıyla düşünür. Bilgisayar, kağıt üzerinde çizime

ve maketlerle ifadeye dayalı geleneksel temsil ortamından farklı özelliklere sahiptir. Hesaplamaya, veriler arasındaki ilişkilerin tanımlandığı algoritmalara, kurallar ve sınırlamalar doğrultusunda yeni sonuçlar üretmeye dayalı, sayısal ve işlemsel bir teknolojidir. Bu sayısal-işlemsel sonuçlar program arayüzleri ile mimari düşüncenin tanıdık aracı olan görsel temsillere, grafik dile çevrilir. Ancak bilgisayar bir tasarım ortamı olarak, geleneksel çizim ortamından farklıdır.

Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren mimarlık pratiği bilgisayar destekli tasarım alanıyla ve dijital tasarım teknikleriyle ilgilenmeye başlar. Mimarlık pratiği, bilgisayar tabanlı teknolojilerin tasarım geliştirme amacıyla kullanımıyla ilgili araştırmaların parçası haline gelir. Bilgisayar destekli üretim teknolojilerinin bilgisayar destekli tasarıma entegre olmasıyla birlikte dijital mimarlık ürünleri fiziksel dünyada uygulanmaya başlar.

Bilgisayarın tasarım geliştirme amaçlı kullanımlarıyla ilgili olarak *dijital tasarım teknolojileri* başlığı altında bir sınıflama yapılmıştır. Dijital tasarım teknolojileri, parametrik tasarım, üretici tasarım, yapay zeka, kendi kendini üreten-organize eden sistemler; evrimsel sistemler, animasyon, diyagram ve performans analizlerine dayalı ve CAD/CAM teknolojilerine dayalı tasarım teknikleri olmak üzere sekiz grupta sınıflanarak incelenmiştir. Bu yazı kapsamında bu tekniklerin dördü ele alınmış ve uygulamadaki örnekleriyle birlikte incelenmiştir. Dijital tasarım ve üretim teknolojilerinin incelenmesindeki temel hedef sayısal tabanlı bu dünyanın *mimarlığa etkileriyle* ilgili sonuçlara varmaktır.

Dijital teknolojiler geleneksel mimari tasarım sürecinde birbirini doğrusal olarak izleyen tasarım-temsil-uygulama etaplarını içiçe geçirmiş; literatürde *dijital süreklilik* kavramıyla açıklandığı gibi tasarım ve üretimi sürekli birbirini besleyen döngüsel

bir süreç haline gelmiştir. Bu süreçte CAD/CAM teknolojileri yardımıyla üretilen 1:1 ölçekli *mimari prototipler* ara ürünler olarak önem kazanmıştır. *Dosyadan fabrikaya* sisteminde tasarım bilgisi malzeme, strüktür verileriyle eşlenerek hızla üretim bilgisine dönüşür.

Tasarımda tekil bir sonuç üründen önce onu oluşturacak *tasarım sisteminin tasarımı* ya da *tasarım stratejisinin belirlenmesi* öncelik kazanmıştır. Tasarım stratejisi belirlendikten sonra kullanılacak tasarım yöntemi tasarlanır, ve bu sistemden türeyen alternatifler değerlendirilerek sonuç ürüne ulaşılır. Bu süreçte tasarım girdilerinin ve birbirleriyle ilişkilerinin açıkça ortaya konması önşarttır.

Tasarım sürecinin sayısal ortama aktarımının gereği olarak ortaya çıkan bu yaklaşım mimarlık eğitiminde de ürün hedefli eğitimden süreç hedefli eğitim modellerine geçmeyi gerektirmektedir.

Mimarlıkta strüktür, biçim, temsil, geometri gibi kavramlar sorgulanmaktadır: Ayrı bir strüktür katmanı yerine kabuğa entegre strüktür anlayışı, ya da optimum yük hesaplarına göre belirlenen homojen kesitli taşıyıcı sistemler yerine taşıdığı yükün hassas hesaplanabilirliği sonucu kesiti her noktada değişebilen strüktür anlayışı bu kavramda değişimlere neden olmaktadır; mimari biçimlenişte fonksiyon-form ilişkisi üzerinden gelişen tartışmalar giderek erimekte, biçimlenmenin kriterleri değişmektedir; temsil ortamı tasarım ve üretimin içiçe geçişini izleyecek şekilde verilerle eşlendiği ve verilerin birbirleriyle ilişkilerini kurabildiği ölçüde geçerlilik kazanmaktadır; *Euclid geometrisi* halen belirleyici olmakla birlikte, sayısal teknolojinin matematiksel imkanlarıyla birlikte *euclid-dışı* geometriler bir araştırma alanı olarak gündeme gelmektedir.

Sayısal tabanlı tasarım süreçlerinde standart CAD çizim programlarının yanı sıra endüstriyel tasarım, film endüstrisi, gemi ve uçak tasarımı gibi sektörlerde kullanılan

programlar ve üretim sistemleri model alınmakta; mimari tasarım *diğer tasarım alanlarıyla ilişkilenebilmektedir.*

Dijital teknolojilerin *form oluşturma amaçlı* kullanımı yaygındır. Karmaşık geometrik düzenlere sahip ya da eğrisel formlarının üretiminin *amaç* haline gelmesi eleştirilmesi gereken bir konudur; sadece farklı tür bir biçim dili yaratmak üzerine gelişen bir mimari kalıcı olmayacaktır. Oysa bilgisayar ortamında *performans analizleri* gibi, analitik incelemelerin tasarımın erken aşamalarından itibaren tasarıma katılabilmesi gibi imkanlar, mimarlık için önemli ve yararlı bir gelişme alanı açmaktadır; performans analizlerinin sadece yapı fiziği ve iklimsel verilerle ilgili olmadığı, tasarımdan beklenen niteliksel özelliklerle ilgili performansları da içerdiği düşünülmelidir.

Dijital tasarım ve üretim teknolojilerini kullanan mimari büroların profilleri incelendiğinde en belirgin özellik *disiplinler arası çalışma gruplarının* oluşturulmasıdır. Teknolojilerin hızlı gelişimi sürekli araştırmayı gerektirmektedir. İncelenen proje müelliflerinin tamamı *üniversitelerle işbirliği* içinde çalışmaktadır. Dijital tasarım ve üretim konusunda, uygulama ve araştırma ortamları ortak bir platformda birleşmektedir.

Dijital teknolojiler, görsel sanatlar, mimari, mühendislik, bilgisayar programcılığı, multimedya tasarımı ve endüstriyel tasarımdan kentsel tasarım uzanan tüm tasarım alanlarının bulunduğu ortak bir platform yaratmaktadır. Dijital tasarım teknolojilerinin kullanımı mimarı, yeniden farklı disiplinleri bir bünyede toplayan organizatör ya da orkestra şefi kimliğine büründürmüştür. Dijital teknolojilerin bilgi organizasyonuna dayalı yapısında mimar artık *bilgi ustasıdır.*

KAYNAKLAR

1. Goldschmidt, G., (1994), "On Visual Design Thinking: the viz kids of architecture", Journal Offprint Paper: Design Studies, Vol:15
2. Cross, N. (1999), "Design Research: A Disciplined Conversation", *Design Issues*, Vol. 15, No. 2, 5-10, 1999
3. Kolarevic, B., (2003), *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture*, Spon Press, London.
4. Schmal, P., (2001), *Digital-Real, Blobmeister: First Built Projects*, Birkhauser, Berlin.
5. Burry M. ve Murray Z., (1997), "Computer Aided Architectural Design Using Parametric Variation and Associative Geometry", 15th ECAADE-Conference Proceedings , 1997, Vienna
6. Hadid, Z. ve Schumacher, P., (2002), *Latent Utopias- Experiments within Contemporary Architecture* , Steirischerbst, Graz.
7. Penz, F., (1992), *Computers in Architecture: Tools for Design*, Longman, Hong Kong.
8. Hadid, Z. ve Schumacher, P., (2002), *Latent Utopias- Experiments within Contemporary Architecture* , Steirischerbst, Graz.
9. Rahim, A., (2002), "Contemporary Techniques in Architecture", *AD*, 72 (155): 1-93.
10. Lynn, G., (1999), *Animate Form*, Princeton Architectural Press, New York.
11. Attive, Z., (2002), *40 The New Generation of International Architecture*, Skira, Milano.
12. Perella, P., (2002), "Hypersurface Architecture II", *AD*, 69 (141): 62-89.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1]www.tdk.gov.tr/tdksozluk
[2]http://encyclopedia.thefreedictionary.com

ŞEKİL LİSTESİ VE KAYNAKLARI

Şekil 1: Dijital tasarım teknolojileri ve ilgili alt terimler için oluşturulan kavram haritası

Akipek, Özsel F., 2004, *Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları*, Doktora Tezi, YTÜ, s:12.

Şekil 2: Frankfurt Forum Alanı ve BMW

Pavyonundan görünüşler

Ji-Seong, J., (2003), Modern Architecture, Digital Architecture, CAPress, Seoul.

Şekil 3: BMW Pavyonu tasarım sürecinde çevre pavyonların etkisi ve araba hızına bağlı doppler etkisinin denenmesi

Şekil 4: Waterloo Terminali ve her biri farklı ölçüdeki 36 adet yay benzeri strüktür için kurulan parametrik sistem

Kolarevic, B., (2003), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture, Spon Press, London.

Şekil 5: Web of Noth Holland,
<http://www.oosterhuis.nl>

Şekil 6: Gaudi'nin Sagrada Famillia Kilisesinin tamamlanması çalışmaları; kolonların parametrik modellerle düzenlenmesi

Perella, P., (2002), "Hypersurface Architecture II", AD, 69 (141): 62-89.

Şekil 7: Strüktürel bir sistemin parametrik modellenmesi; birimlerin sayısı, eğimi ve yüksekliğiyle ilgili parametreler değiştirildikçe oluşan alternatifler

Perella, P., (2002), "Hypersurface Architecture II", AD, 69 (141): 62-89.

Şekil 8: Philibert De Lorme Pavyonu ve modelin üretim için kodlanması

Kolarevic, B., (2003), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture, Spon Press, London.

Şekil 9: Philibert De Lorme Pavyonunun üç kaçış noktasına göre düzenlenmesi Kolarevic, B., (2003), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture, Spon Press, London.

Şekil 10: eifFORM programı strüktür türetme kuralları ve uygulanan prototip

Hadid, Z. ve Schumacher, P., (2002), Latent Utopias- Experiments within Contemporary Architecture , Steirischerbst, Graz

Şekil 11: eifFORM prototip uygulama

Hadid, Z. ve Schumacher, P., (2002), Latent Utopias- Experiments within Contemporary Architecture , Steirischerbst, Graz

Şekil 12: Animasyona dayalı çeşitli tekniklerin tasarım sürecinde kullanımı için örnekleri

Kolarevic, B., (2003), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture, Spon Press, London.

Şekil 13: Presbyterian Kilisesi

Attive, Z., (2002), 40 The New Generation of International Architecture, Skira, Milano.

Şekil 14: Animasyon tekniğiyle tasarım sürecinde mekanın biçimlenişi ve mevcut fabrika binasına eklenen mekanlar

Schmal, P., (2001), Digital-Real, Blobmeister: First Built Projects, Birkhauser, Berlin.

Şekil 15: Dijital modelden uygulamaya, tasarım-üretim süreci

Schmal, P., (2001), Digital-Real, Blobmeister: First Built Projects, Birkhauser, Berlin.

Şekil 16: Future Systems mimari ofisi 1995 yılında gerçekleştirdiği ZED projesi ve kullanılan akışkan dinamiği programı(CFD)

Kolarevic, B., (2003), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture, Spon Press, London.

Şekil 17: Foster ve ortaklarının GLA Yönetim binası ve tasarım sürecinde kullanılan performans analizi programları

Kolarevic, B., (2003), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture, Spon Press, London.

Şekil 18: Venedik bienalinde sergilenen Aegis Hyposurface prototipi

Liu, Y., (2002), Defining Digital Architecture, Birkhauser, Switzerland.

Şekil 19: Aegis Hyposurface prototipinin yüzey hareketleri

Perella, P., (2002), "Hypersurface Architecture II", AD, 69 (141).

Şekil 20: Aegis Hyposurface tasarım süreci

Perella, P., (2002), "Hypersurface Architecture II", AD, 69 (141).