

Bir Model Önerisi: Hesaplamalı Tasarım Bağlamında Değişen Tasarım Süreci

Güneş MUTLU AVİNÇ

Gazi Üniversitesi, Ankara / Türkiye

Serbülent VURAL

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon / Türkiye

ÖZET

Araştırma; yaşanan tüm değişimler bağlamında tasarım sürecindeki değişimlerle ilgili ipuçlarına ulaşarak, hesaplamalı tasarım sürecinin incelenmesini, bu sürece ait yeni bir modelin ortaya konulmasını, irdelenmesini ve bununla birlikte konvansiyonel tasarım süreç ve modelinden farklılıklarının tartışılmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda belirlenen hesaplamalı tasarım yöntemlerine ait 15 adet örneğin tasarım süreci incelenmiş, bu süreçlerde kullanılan kavramlar, teknikler ortaya çıkarılmış ve esas alınan tasarım süreç modeli yeniden yorumlanarak konvansiyonel tasarım süreç modelinden farklı, yeni bir tasarım süreci modeli oluşturulmuştur. Yapılan örnek analizlerinde konvansiyonel tasarım sürecinden farklı olarak hesaplamalı tasarım sürecinde yaratıcı evre ve uygulama evresinde kullanılan bazı kavramlar ve teknikler tespit edilmiş, bu kavram ve tekniklerin tasarım sürecindeki yeri ve rolü sorgulanarak yeni bir model oluşturulmasında temel alınmıştır. İncelenen örneklerde tespit edilen kavramlar ve teknikler; "değişkenler", "kısıtlamalar", "kurallar", "ilişkiselik", "bileşenler", "varyasyon", "animasyon", "simülasyon", "optimizasyon", "rasyonelleştirme / dökümantasyon" dur. Yeni tasarım süreci mevcutla kıyaslandığında konvansiyonel tasarım sürecine ait örtülü ve belirsiz olan işlemler, hesaplamalı tasarım süreçleri içerisinde; algoritmaların, parametrelerin, kuralların, ilişkilerin ve değişkenlerin kullanıldığı, tasarım sürecine yeni kavram ve tekniklerin dahil olduğu açık işlemlere dönüştüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Konvansiyonel tasarım, Sayısal tasarım, Hesaplamalı Tasarım Bileşenleri, Tasarım süreci

ABSTRACT

This research aims to examine the computational design process in the context of all the changes in the research by reaching the clues about the changes in the design process, revealing a new model related to this process. It also aims to discuss the differences between the conventional design process and model. In this context, the design processes of 15 examples of computational design methods were examined, the concepts and techniques used in these processes were uncovered and by re-interpreting the underlying design process mode a new design process model was created which is different from the conventional design process model. In the sample analysis, unlike the conventional design process, some concepts and techniques used in the computational design process and the creative phase and application phase were determined, and the place and role of these concepts and techniques in the design process were questioned and a new model was formed. The concepts and techniques identified in the examples examined are; "Variables", "constraints", "rules", "relationality", "components", "variation", "animation", "simulation", "optimization", "rationalization / documentation". When the new design process is compared to the current, the implicit and uncertain processes of the conventional design process, within the computational design processes, it has been observed that algorithms, parameters, rules, relations and variables are used; and they are transformed into open processes where new concepts and techniques are involved in the design process.

Keywords: Conventional Design, Computational Design, Computational Design Components

1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojilerinin 1960'lı yıllardan itibaren tasarım süreci içerisinde yer alması ile bilgisayarlar mimarlık pratiğinin ve eğitimin bir parçası olmaya başlamıştır. 1990'lı yıllardan itibaren ise bu ruha uygun olarak, sadece tasarlanana aktarma görevini üstlenen bir araç olmamış, aynı zamanda tasarımın erken aşamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Erken tasarım evresinde kullanılmaya başlanan bilgisayara zaman içerisinde "memur, vekil, sihirbaz, muhasebeci (Vardouli, 2012: 26-30), ortak (Schmitt, 1997:4), asistan (Asanowicz, 1999: 98), ilham perisi (Frazer, 1995: 8)" gibi roller yüklenmiştir. Bu duruma bağlı olarak, bilgisayarın tasarımcının rolünü tamamen üstleneceğini düşünenler ile tasarıma yardımcı olmakla birlikte aslında daha yaratıcı bir sürece engel olduğunu savunan pek çok olumlu / olumsuz görüş de ortaya çıkmıştır.

Tamamen 1 ve 0'lardan oluşan sayısal bir taban üzerinde, hesaplama mantığı ile çalışan bilgisayarların tasarım sürecine girmesiyle bu ruha uygun olarak gelişen hesaplamalı tasarım; "tanımlı bir çevreyi oluşturan elemanlar arasındaki etkileşim ve bilginin işlenmesi" anlamına gelmektedir (Menges ve Ahlquist, 2011: 11). Bu bağlamda tasarımcı, tasarım mantığını hesaplanabilir duruma getirmek için algoritmalar, kurallar, parametrik bağlantılar, matematiksel ilişkiler ve data yapılarını kullanmaktadır (Dino, 2015: 7). Hesaplamalı düşünme, çözüme ulaşmak için matematiksel ve mantıksal işlemlere ve süreçlere dayalı algoritmik bir düşünme şekli, bir problem çözme sürecidir (Çağdaş, Bacinoğlu ve Çavuşoğlu, 2015: 33). Algoritma hem problemin tanımı hem de çözümüdür. Tasarım kararlarının temsilci olan algoritmalara yüklenmesi, önceden tanımlanmış yollara göre izlenmesi anlamını da taşımaktadır (Peters ve Peters, 2013: 15).

Bu durum konvansiyonel tasarım yöntem ve süreçlerinde ciddi bir değişim ve dönüşümü göstermektedir. Dino (2015: 7), mimarlıktaki hesaplamalı teknolojilerin tasarımda uygulanması ile birlikte tasarım düşüncesi, süreçleri ve form ile ilgili değişimlerin olduğunu söylemekte ve bu değişimleri mimarlıktaki en önemli paradigma değişimi olarak yorumlamaktadır.

1.1. AMAÇ

Hesaplamalı tasarım süreci, günümüz mimarlığı açısından güncel bir tartışma alanı oluşturduğu ve değişimi sürekli vurgulandığı için çalışma konusu olarak belirlenmiştir. Çünkü, geleneksel tasarımda mimari son ürüne yönelen odağın, hesaplamalı tasarımda daha çok tasarım sürecine kaydığı görülmektedir.

Aras-tırmadaki üst hedef, tasarım ortamının ve biçime yaklaşımının değiştiği günümüz yaklaşımlarında, tasarım sürecinde yaşanan değişimlerle ilgili ipuçlarına ulaşmaktır. Bu üst hedef doğrultusunda araştırmanın amaçlarından biri, hesaplamalı tasarım yöntemlerine ait süreçleri sistematikleştirmektir. Bilgisayar teknolojilerinin tasarım amaçlı kullanımı, bu süreçlerin konvansiyonel tasarım sürecinden farklı yanlarının ve hesaplamalı tasarım yöntemlerine ait tasarım süreçlerinin belirlenmesi, içeriğinde yer alan kavramların, tekniklerin ve bunları içeren tasarım süreci modelinin ortaya konulması düşünülmüştür.

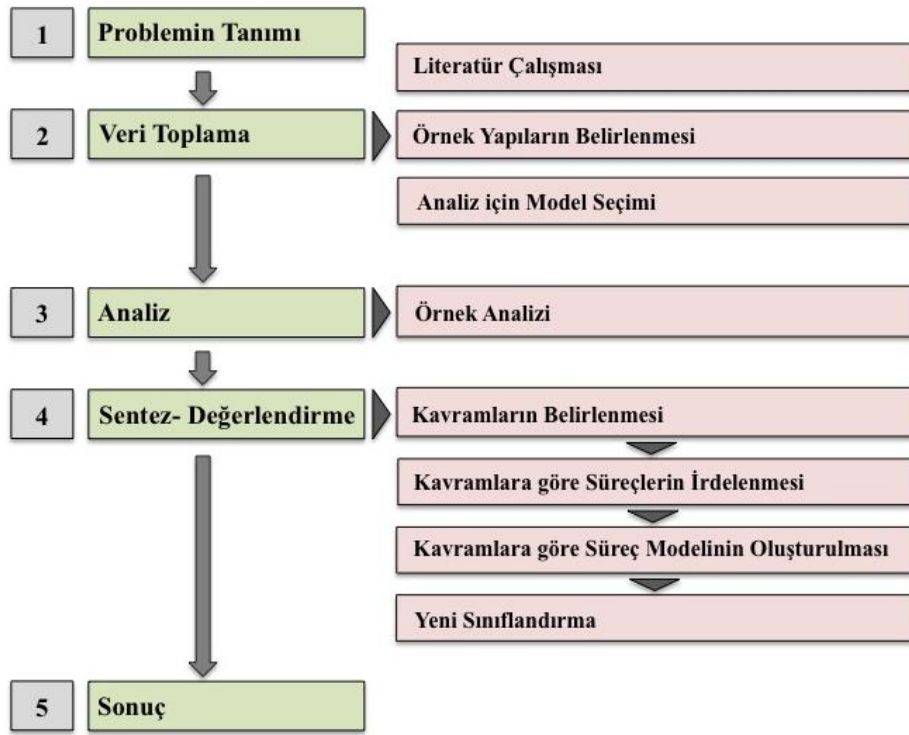
1.2. KAPSAM

Çalışma kapsamında, hesaplamalı tasarım yöntemleri ile tasarlanan örnekler incelenmiştir. Analiz edilen örnekler, Oxman'ın (2006: 229-265) yapmış olduğu sınıflandırma dikkate alınarak belirlenmiştir. Konunun sınırsızlığı ve genişliği düşünüldüğünde, örnek seçimlerinde ağırlıklı olarak tasarımları ve tasarım süreçleri ile ilgili düşüncelerini açıklayan ve yakın tarihte gerçekleştirilmiş örnekler seçilmiştir. Bu örnekler, tasarım sürecini sistematikleştiren araştırmacılardan biri olan Archer'ın ortaya

koyduğu model üzerinden analiz edilmiştir. Örnekler; hesaplamalı tasarım süreçleri, tasarlanırken nasıl bir yol izlendiği, kullanılan araçlar incelenerek, hesaplamalı tasarım süreçlerine ilişkin gözlem yapılmış ve tasarım sürecinin nasıl ilerlediği aşamalar üzerinden görülmeye çalışılmıştır.

1.3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bilgisayar teknolojilerinin sürece dahil olması beraberinde yeni yöntem ve süreçleri getirmiştir. Bu çalışma kapsamında hesaplamalı tasarım sürecini ortaya koymak için, mimari tasarım eğitimi ve mimari tasarım pratiğine ait projelerin süreçleri incelenmiştir. Bu bağlamda, hesaplamalı tasarım süreçlerini inceleyen bu çalışmaya ait nasıl bir yol izleneceği Şekil 1’de verilen çalışma modeli ile belirlenmiştir.



Şekil 1. Yönteme ait model

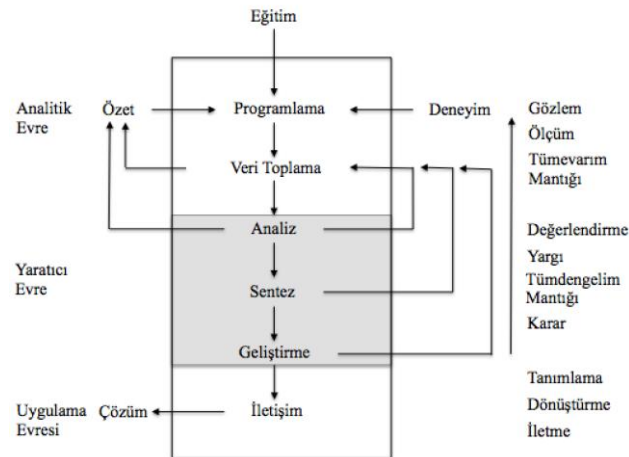
Hesaplamalı tasarım yöntemlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmada, henüz yeni oluşan literatürde çeşitli sınıflamalar bulunmakla birlikte daha sistematik olduğu için Oxman’ın (2006) yapmış olduğu sınıflama çalışma kapsamında esas alınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Hesaplamalı Tasarım Modelleri (Yazarlar tarafından tablollaştırılmıştır) (Oxman, 2006: 229-265)

Hesaplamalı Tasarım Modelleri				
CAD Modelleri	Formasyon	Üretken Modeller	Performansa dayalı modeller	Birleşik Model
	1. Topolojik Tasarım Yöntemi	4. Biçim Gramerleri ile Tasarım Yöntemi	6. Performansa Dayalı Tasarım Yöntemi	
	2. Parametrik Tasarım Yöntemi	5. Evrimsel Tasarım Yöntemi	7. Performansa Dayalı Üretken Tasarım Yöntemi	
	3. Animasyona			Analiz edilmeyen modeller

Analiz edilecek örnekler yukarıda özetlenen modeller içerisinde yer alan yöntemlere bağlı olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında CAD modellerine ve Birleşik modele ait örnekler analiz edilmemiştir. Çünkü CAD modelleri, mimari tasarım sürecinde kağıt tabanlı ortamdan dijital ortama geçişin başlangıcı olup ürün odaklıdır. Projenin tasarlama aşaması tamamlandıktan sonra, tasarıma yönelik sunum, çizim, modelleme ve analitik değerlendirmeler dijital ortamda yapılmaktadır. Aynı zamanda CAD modelleri süreç odaklı değildir. Birleşik model ise, süreç odaklı olup, geleceğin tasarım ortamlarını temsil etmektedir. Bu model; formasyon, üretim, değerlendirme ve performans aşamalarının hepsini içermektedir. Bütün bu aşamaların bir arada kurgulandığı bir örneğe ulaşamadığı için bu çalışma kapsamında ele alınmamıştır. Bu nedenle yapılan çalışmada Hesaplamalı Tasarım Modellerinden Formasyon, Üretken ve Performans Modelleri başlıkları altında sınıflandırılan yöntemlere ait toplam 15 örneğin tasarım süreçleri analiz edilmiştir. Bu süreçlerin içeriğinde yer alan teknikler ve kavramların süreç içindeki rolü ve yeri sorgulanmış, her örnek için şemalar oluşturulmuş, bunun sonucunda da tüm örnekleri kapsayan yeni bir "tasarım süreci modeli" ortaya konulmuştur. Örnek seçiminde literatürde tasarım sürecinin detaylı olarak açıklanması, kriter olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın sistematığında bir diğer önemli nokta ise analizlerde esas alınan tasarım süreci modelidir. Tasarım süreci; "Tasarım sırasında yararlanılan teknik ve araçlardan kurulu eylem düzeni" olarak tanımlanmaktadır (Lawson, 2005: 33). Bu süreç; problemin belirlenmesi, probleme uygun çözümün araştırılması ve bulunmasını içeren akışı tanımlamaktadır. Tasarım sürecini tanımlayan ve sistematikleştiren pek çok araştırmacı bulunmaktadır. Bu araştırmacılar arasında biri olan Christopher Jones (Jones, 1984: 11), tasarım sürecini analiz-sentez-değerlendirme olarak tanımlamıştır. Bu aşamalar, sorunu parçalara bölmek, parçaları yeni bir biçimde bir araya getirmek ve yeni düzenlemenin uygulanabilirliğini denemek olarak özetlenebilir. Tasarım sürecini sistematikleştiren bir diğer araştırmacı da Bruce Archer'dır. Archer, tasarımı bir süreç olarak tanımlamaktadır [URL-1]. Archer'ın yönteminde, tasarım sürecinin her bir aşaması arasında dönüşümlü bir süreç işlemekte olup, bu geri dönüşümler tasarım sürecinin katı bir yapıda olmasını engellemektedir (Broadbent, 1968: 16) (Şekil 2).



Şekil 2. Archer'e (Archer, 1984: 64; Cross, 2005: 35) göre tasarım süreci (Yazarlar tarafından Türkçeye çevrilmiştir.)

Archer (Archer, 1984: 58-73; Cross, 2005: 35-36), tasarımın altı farklı aşamadan oluştuğunu; uygulamada belirsizlikler veya zorluklarla karşılaşıldığında geri dönüşler olabildiğini belirtmekte ve modelde veri toplama, analiz, sentez ve geliştirme süreçleri arasında geri beslemeli bir döngü önermektedir. Önerilen süreçler, 'analitik', 'yaratıcı' ve 'uygulama' olmak üzere üç ana evreden oluşmaktadır.

Broadbent (1968: 16) ve Rowe (1998: 49), Archer'ın modelinde yer alan her bir aşama arasında dönüşümlü bir süreç işlemlerini sağlayan geri beslemelerin, bu modeli diğer modellerden ayıran özellik olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada Archer'ın modelinin hesaplamalı tasarım süreci örneklerinin analizinde kullanılması, sürecin sistematikleştirilmesi açısından uygun bulunmuştur. İncelenen süreç örneklerini ele alan metinlerde analitik evreyle ilgili yeterli bilgiye ulaşılamadığından çalışma kapsamında bu evreye (programlama-veri toplama) değinilmemiştir. Yaratıcı evre ve uygulama evresi içerisinde yer alan analiz-sentez-geliştirme-iletişim aşamaları örneklerle ait süreçler içerisinde araştırılmıştır.

1.4. ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ

Bu çalışmanın problemini "Hesaplamalı tasarım sürecini neler oluşturur?", "Hesaplamalı tasarım sürecini sistematik biçimde ifade edilebilir mi?" ve "Konvansiyonel ve hesaplamalı tasarım süreci arasında fark var mıdır?" soruları oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışma içerisinde bu sorulara yanıt aranmaktadır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Örnek Hesaplamalı Tasarım Süreçlerinin Analizi

Çalışma kapsamında incelenmek üzere seçilen 15 örneğin süreç analizleri belirlenen üç başlıkta (Formasyon, Üretken ve Performans Modelleri) ve Archer'ın tasarım süreci modeli esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Formasyon Modeli Süreç Analizleri

Formasyon modeli içerisinde topolojik tasarım, parametrik tasarım ve animasyona dayalı tasarım yöntemleri ele alınmış ve "WHITEOUT (deneysel-topolojik tasarım yöntemi)", "Hangzhou Stadyumu (uygulama-parametrik tasarım yöntemi)", "Aviva Stadyum (uygulama-parametrik tasarım yöntemi)" ve "The Sound Motion Streaks (deneysel-animasyona dayalı tasarım yöntemi)" ve "Frozen Motion (deneysel-animasyona dayalı tasarım yöntemi)" olmak üzere toplam 5 örnek incelenmiştir. İncelemelere ait birer örnek özeti aşağıda verilmiştir. (Tablo 2-3-4)

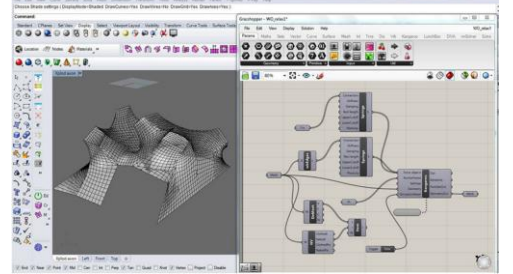
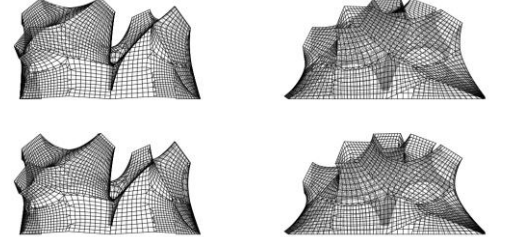
Üretken Model Süreç Analizleri

Üretken model içerisinde, biçim gramerleri ile tasarım ve evrimsel tasarım yöntemleri ele alınmıştır. Bu başlıkta, "Prefabrik ve modüler barınak tasarımı (deneysel-biçim gramerleri ile tasarım yöntemi)", "Mardin Konut Analizi ile konut Üretimi (deneysel-biçim gramerleri ile tasarım yöntemi)", "konut çalışması (deneysel-evrimsel tasarım yöntemi)", "Bütünleyici Evrimsel Tasarım (deneysel-evrimsel tasarım yöntemi)" ve "Stuttgart Hochschule Teknik Yüksek Okulu (uygulama-evrimsel tasarım yöntemi)" olmak üzere toplam 5 örnek incelenmiştir. İncelemelere ait birer örnek aşağıda verilmiştir (Tablo 5-6).

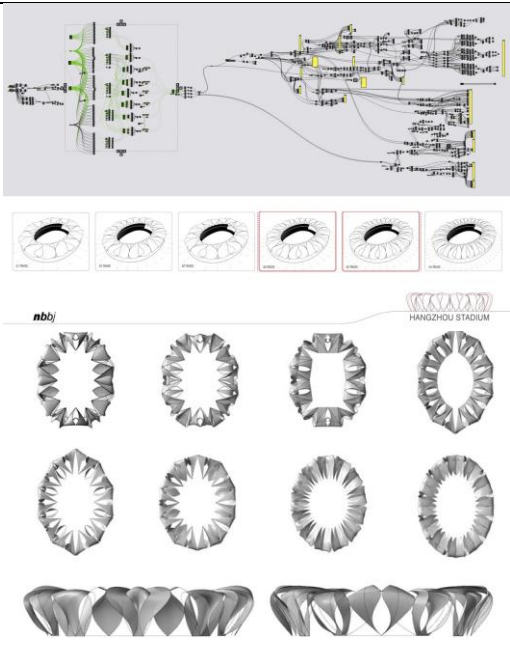
Performans Modeli Süreç Analizleri

Performans modeli içerisinde performansa dayalı tasarım ve performansa dayalı üretken tasarım yöntemi ele alınmış ve "Kopenhag Fil Evi (uygulama-performansa dayalı tasarım yöntemi)", "Dubai Towers (deneysel-performansa dayalı tasarım yöntemi)", "Çift Katmanlı Strüktürel Duvar (deneysel-performansa dayalı tasarım yöntemi)", "Kule Tasarımı (deneysel-performansa dayalı üretken tasarım yöntemi)", "Newyork'ta Gökdelen Tasarımı (deneysel-performansa dayalı üretken tasarım yöntemi)" olmak üzere toplam 5 örnek incelenmiştir. Yöntemlere ait birer örnek aşağıda verilmiştir (Tablo 7-8).

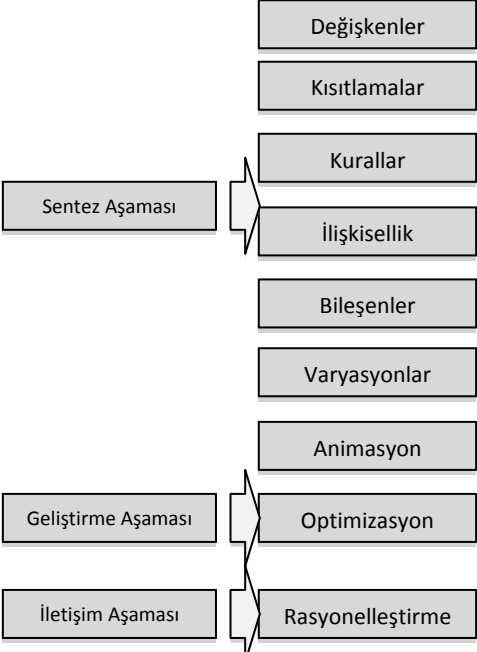
Tablo 2. Formasyon modeli, topolojik tasarım örneği analizi

Proje Adı: WHITEOUT Proje Yılı: 2014 Proje Tasarımcısı: Chandler Ahrens, Aaron Sprecher, Eran Neuman (2014: 87-90). Kullanılan Yöntem: Topolojik tasarım Kullanılan Programlar: Rhinoceros, Grasshopper	
Açıklama	WHITEOUT projesi, gerilebilen fabrikasyon kabuk sistemlerinin, topolojik gelişimini hesaplamalı araçlar yardımıyla inceleyen ve bu inceleme sonucunda tam ölçekli prototipin üretildiği bir araştırma projesidir.
Analiz	Topolojik formasyonun ve yüzey gerilimlerinin araştırıldığı ve topoloji tasarım yönteminin kullanıldığı bu çalışmada analiz aşamasında hangi araçların ve tekniklerin kullanılacağına karar verilmiş, tasarım içerikleri ve değişkenler belirlenmiştir.
Sentez	Sentez aşaması içerisinde ilk olarak geometrik tanımlama yapılmıştır. Kullanılan malzemenin (<i>spandex</i>) davranışını ölçmek amacıyla elastik gerilme değeri kısıtlama olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan strüktürde mekansal boşluklar oluşturmak için konik biçimler ve farklı rijitlik faktörü değişken olarak belirlenmiştir. Topografik yüzeylere yerleştirilen koniler farklı geometrilere uyarlanmış ve yüzey tabanı sabit bir gerilim sağlamak için merkezde tutulması gibi kurallar uygulanmıştır. Oluşturulan yüzeylerdeki ve kenarlardaki bükülme direnci arasında ilişki kurulmuştur. Bunların simülasyon araçlarıyla test edilmesiyle farklı varyasyonlar elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada simülasyon, erken tasarım aşamasında formun oluşumu için kullanılmıştır (Ahrens, Sprecher ve Neuman, 2014: 87-89). Tüm bu tüm değişkenler, kısıtlamalar, kurallar tasarımın bileşenleri olarak tanımlanmıştır.
Geliştirme	Araştırma projesi olarak gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen form üzerinde simülasyon deneyleri yapılmış ve formun optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.
İletişim	Sonuçlanan konik tasarımda strüktür olarak çelik borular kullanılmış olup bileşenlerin doğru şekilde bükülüp kaynaklanabilmesi için CNC kesme tezgahı kullanılmıştır. Kabuk toplamda 30 farklı panel yüzeyi içermektedir. Üretimin sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için çizimlerin dökümantasyonu hazırlanmıştır.
Kavramlar ve teknikler	Değişkenler Kısıtlamalar Kurallar Sentez Aşaması → İlişkisellik Bileşenler Simülasyon Varyasyonlar Geliştirme Aşaması → Simülasyon Optimizasyon İletişim Aşaması → Rasyonelleştirme  

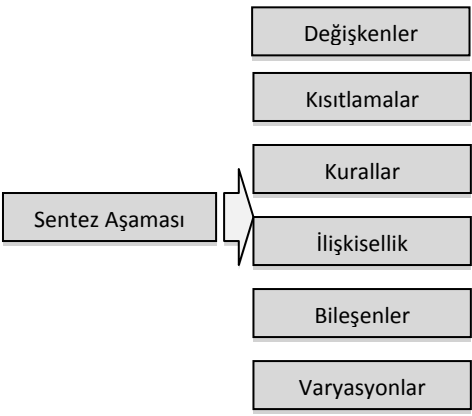
Tablo 3. Formasyon modeli, parametrik tasarım örneği analizi

Proje Adı: Hangzhou Stadyumu Proje Yılı: 2009-2013 Proje Tasarımcısı: NBBJ-CCDI (Miller, 2011) Kullanılan Yöntem: Parametrik Tasarım Kullanılan Programlar: Rhinocheros, Grasshopper, Kangaroo Physics	
Açıklama	İki farklı ülkede yer alan, NBBJ ve CCDI ofisleri tarafından tasarlanan Çin Hangzhou'da yapılan Hangzhou Stadyumu proje ekibinde farklı disiplinlerden katılımcılar yer almaktadır.
Analiz	80.000 oturma kapasiteli, yüzme havuzu, kongre ve sergi merkezini içeren, atletik faaliyetler gerçekleştirilecek şekilde tasarlanması amaçlanmıştır.
Sentez	İlk olarak tasarımcı tarafından parametrik tanımlama gerçekleştirilmiş ve oluşan kabuk geometrisi kontrol edilebilmiştir. Daha sonra oluşturulan noktasal bulut için, sıralama ve dönüştürme komutları parametrik algoritma içerisine değişken olarak tanımlanmıştır. Başlangıçtaki yüzey geometrisi, sonraki aşamalarda kabuk içerisindeki karmaşıklığı düzenlemek için kısıtlama sistemi olarak algoritma içerisine eklenmiştir. Tasarımcı geometrik tanımlama için girdiği parametrelere belli kurallar uygulayarak forma ulaşmaktadır. Projede oturma alanlarını uzatmak için parametrik sistem kurulmuş ve dış ve iç taç yaprak strüktür saha alanı ile ilişkisel olarak kurgulanmıştır. Tanımlanan tüm bu değişkenler, kısıtlamalar, kurallar bileşen olarak tanımlanmıştır. Proje içerisinde taç yaprağı şeklindeki modüllerin sayısının artırılması ya da azaltılması ile varyasyonlar (form çeşitlemeleri) elde edilmiştir. Son olarak geometrik, strüktürel ve modüler, malzeme tabanlı ve programatik parametreler kısıtlamalar doğrultusunda geometrinin optimizasyon süreci gerçekleştirilmiştir (Miller, 2011: 203-209).
Geliştirme	Deneysel fizik motoru, yerçekiminin strüktürel makaslar üzerindeki etkisini simülasyon ile test etmek için kullanılmış ve formun optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.
İletişim	Uygulama projelerinin hazırlandığı aşama olarak değerlendirilmektedir. Bu örnekte üreticinin sorunsuz bir şekilde yapıyı uygulaması için çizimlerin dökümantasyonu (belgeleme) hazırlanmıştır.
Kavramlar ve teknikler	Sentez Aşaması → Geliştirme Aşaması → İletişim Aşaması → Değişkenler Kısıtlamalar Kurallar İlişkisel Bileşenler Varyasyonlar Simülasyon Optimizasyon Rasyonelleştirme 

Tablo 4. Formasyon modeli, animasyona dayalı tasarım örneği analizi

Proje Adı : Frozen Motion Proje Yılı: 2011 Proje Tasarımcısı: Xing Wang ve Matthijs La Roi (Matthijs La Roi, 2012) [URL-2] Kullanılan Yöntem: Animasyona Dayalı Tasarım Kullanılan Programlar: Rhino, Grasshopper ve Grasshopper ile çalışan animasyon eklentisi	
Açıklama	Delft Teknoloji Üniversitesinde yüksek lisans öğrencileri tarafından tasarlanan "Avieview4you architecture competition Bohemen B.V." adlı proje yarışmasında birincilik elde eden projedir.
Analiz	Bu projede konsept olarak, hızı ve hareketi yakalamak amaçlanmıştır. Geleneksel mimarlık ve strüktürü tasarlamak yerine, standart dışı (non-standart), aerodinamik ve dinamik yüzeye sahip, zarif ve devamlı olan strüktürel sisteme sahip bir modern yapı üretilmek istenilmiştir.
Sentez	Geometrik form tanımlandıktan sonra fiziksel ve dijital deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu projede form bulma (form-finding) kavramı öne çıkmaktadır. Dijital ortamda deneyler, animasyon teknikleriyle gerçekleştirilmiş görüntüler belli zamanlarda durdurularak, zaman karesinde oluşan form seçilmiştir. İç mekan yüzeylerini göstermek için tanımlanan eğriler değişken olarak üretilmiştir. Dijital ortamda strüktürlerin sayısı, animasyon sırasında ayarlanan sesin şiddeti, kısıtlama olarak belirlenmiştir. Yine dijital ortamda, eğrileri taşımak ve deforme etmek için bazı kural setleri tanımlanmıştır. Çalışma içerisinde strüktürel, mekansal ve formel ilişki, parametrik olarak kurgulanmıştır. Form bulma, belirlenen performans kriterleri doğrultusunda animasyon teknikleri ile elde edilmiştir.
Geliştirme	Fiziksel ve dijital deneyler tamamlandıktan ve form bulma (form-finding) gerçekleştirildikten sonra geometri ve çevresi arasındaki ilişkiye bağlı olarak optimizasyon süreci gerçekleştirilmiştir.
İletişim	Form son şeklini aldıktan sonra strüktürel elemanların detaylandırılması gerçekleştirilmiş ve plan çözümleri yapılmıştır (rasyonelleştirme).
Kavramlar ve teknikler	 

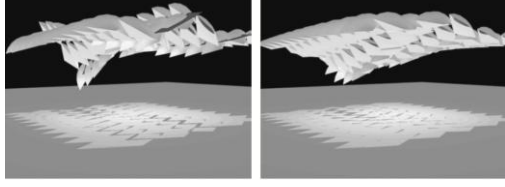
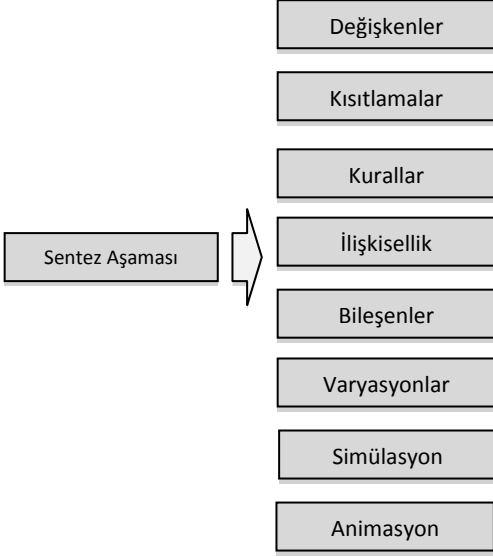
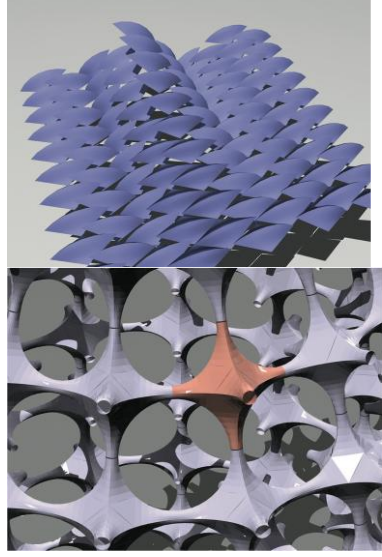
Tablo 5. Üretken model, biçim gramerleri ile tasarım örneği analizi

Proje Adı: Prefabrik ve modüler barınaklarda kurula dayalı tasarımların araştırılması Proje Yılı: 2014 Proje Tasarımcısı: Afonso Maria de Castro Fernandes Abreu Gonçalves Kullanılan Yöntem: Biçim Gramerleri Kullanılan Programlar:	
Açıklama	Doğal afetler sonrasında yaşanan konut sıkıntısına, esnek, işlevsel ve modüler prefabrik çözümler üretmek için geliştirilmiş bir projedir.
Analiz	Tasarımcı projeyi geliştirmeden önce, modüler prefabrik mimarinin gelişimini ve biçim gramerleri yöntemini araştırmış ve projesi için gerekli analizleri yapmıştır.
Sentez	Belirlenen üç adet modül sistemi ve tipolojik planlar, başlangıç şekli olarak tanımlanmıştır. Daha sonra bitişik ve fonksiyonel alanlar için kural setleri (205 tane kural) tanımlanmıştır. Modül boyutları belirlenip bu modüller arasında ilişkiler tanımlandıktan sonra türetmeler gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda tanımlanan bu kural setleri, donatı alanları, çatı açısı gibi bileşenler süreç içerisinde kısıtlama olarak belirlenmiştir. Süreç içerisinde duvar, çatı, tavan gibi panel boyutları, kural setleri değişken olarak görülmektedir. Ayrıca tanımlanan tüm bu değerler sürecin bileşenleri olarak yorumlanmıştır (Gonçalves, 2014: 327-336).
Geliştirme	Modüler tip konut tasarımının biçim gramerleriyle araştırıldığı bu çalışmada ortaya çıkan sonuç ürünler geliştirilmemiştir.
İletişim	Deneyisel olarak gerçekleştirilen bu çalışmada sunuma yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiş olup uygulamaya yönelik çizimler hazırlanmamıştır.
Kavramlar ve teknikler	 

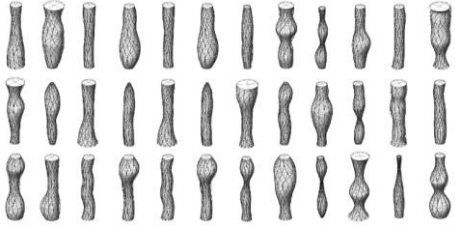
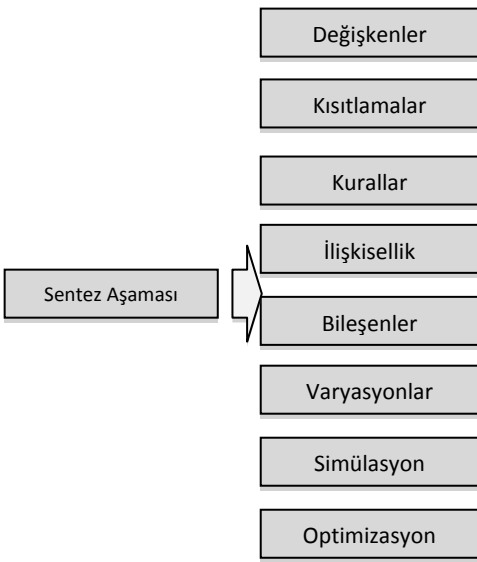
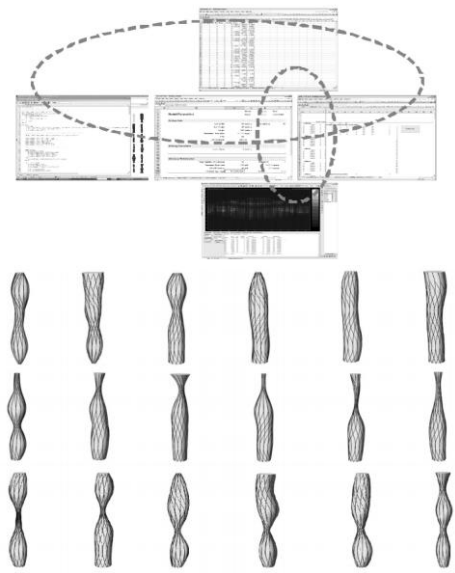
Tablo 6. Üretken model, evrimsel tasarım tasarım örneği analizi

Proje Adı: Konut Tasarımı Proje Yılı: 2006 Proje Tasarımcısı: Toro Narahara, Kostas Terzidis (Narahara ve Terzidis, 2006: 299-303) Kullanılan Yöntem: Evrimsel Tasarım Kullanılan Programlar: Çalışma içerisinde değinilmemiştir.	
Açıklama	Küreselleşmenin ve ekonomik gelişimin hızla arttığı büyük şehirlerde yüzbinlerce insanın artan konut ihtiyacını sağlamak için geliştirilmiş deneysel bir çalışmadır.
Analiz	Bu projede, fonksiyonel, çevresel ve ekonomik kısıtlamalar gibi çeşitli alanların karşılanması için düzenli şemaların oluşmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarımcı problemi belirledikten 86onar, kısıtlamaları, gereksinimleri belirlemiştir.
Sentez	Çalışmada ilk olarak altıgen grid (ızgara) oluşturulmuştur. Bu grid ile çevrelenmiş bitişik ilişkiler farklı hücreler arasında tanımlanmıştır. Oluşturulan yapay kromozomlar içerisinde karakter dizileri kodlanmıştır. Karakterler dört farklı mekansal hücre tipinden oluşan ASCII kodlarının oluşumunu göstermektedir ("0" boş alanı, "1" konut alanını, "3" ticari alanı). Karakter dizisinin başlangıç popülasyonları, genetik algoritmaların manipülasyonu için rastgele oluşturulmuştur ve uygunluk fonksiyonu kısıtlama etmeni üzerinde tanımlanmıştır. Tanımlanan başlangıç popülasyonu değişken olarak belirlenmiştir. Genetik algoritmanın işleyiş mantığı, çaprazlama ve mutasyon kuralları varyasyonların oluşmasında etkili olmuştur. Geometrinin oluşturulması için kullanılan tüm bu değişkenler, kısıtlamalar sürecin bileşenleridir. Evrimsel sürecin temelini oluşturan genetik algoritmalar, bu projede tasarım/optimizasyon metodu olarak seçilmiştir. Optimizasyon gerçekleştirilmeden önce, gerekli yoğunluk oranı, program kullanıcısı tarafından veri olarak girilmiştir (Narahara ve Terzidis, 2006: 299-303)
Geliştirme	Deneysel olarak gerçekleştirilen bu çalışmada tek bir sonuç üzerinden gidilmemiştir.
İletişim	Uygulamaya yönelik herhangi bir dökümantasyon hazırlanmamıştır.
Kavramlar ve teknikler	

Tablo 7. Performans modeli, performansa dayalı tasarım örneği analizi

Proje Adı: Çift katmanlı strüktürel duvar Proje Yılı: 2008 Proje Tasarımcısı: Rivka Oxman-Shoham Ben Ari- Roey Hamer (Oxman, 2009: 1033-1036) Kullanılan Yöntem: Performansa dayalı tasarım+Animasyona Dayalı Tasarım+Parametrik Tasarım Kullanılan Programlar: 3dMax, Reaktör (Plug-in)	
Açıklama	Rivka Oxman öncülüğünde, ITT üniversitesinde yapılan bu çalışmanın amacı, performasyona dayalı simülasyon süreci ile tasarımın nasıl üretildiğini araştırmaktır.
Analiz	Bu projede, fonksiyonel, çevresel ve ekonomik kısıtlamalar gibi çeşitli alanların karşılanması için düzenli şemaların oluşmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarımcı problemini belirledikten sonra, kısıtlamaları, gereksinimleri belirlemiştir.
Sentez	Yapı kabuğu, iki katmanlı birleştiren hassas bir yüzeye sahiptir. İç katman, dış kabuk yüzey katmanını destekleyen yapıcı iskeletten oluşmaktadır. Dış katman ise, kullanışlı modüllerin birleşiminden oluşan bir sistem içerisinde hareket eden parçalı birimlerden oluşmaktadır. Kabuk boyutları ve modüllerin sayısı kısıtlama olarak belirlenmiştir. Statik form tasarımı yerine, animasyon; dinamik form üretmek için dinamik güçlerin simülasyonu kullanılmıştır. Kabuk yüzeyinin temel geometrisi, standart yüzey düzlemi olarak tanımlanmıştır. Modüller, yüzey düzlemi ile ilişkili olarak kopyalanmış ve modellenmiştir. Süreç içerisinde kütle, yoğunluk, gerilme, elastisite gibi fiziksel değişkenler tasarıma yön vermede etkili olmuştur. Dinamik hareket kabuk yüzeyinin eğimli üretilmesini sağlamıştır. Eğim derecesindeki değişiklik, parçacıkların konumunu ve ilişkisini değiştirmektedir (ilişkisel). Bütün bu animasyon, simülasyon teknikleri zaman parametresi kullanılarak belli kurallar oluşturularak ilk forma etkisi araştırılmıştır. Süreç içerisinde tanımlanan tüm bu kısıtlamalar, değişkenler ve kurallar, bileşen olarak belirlenmiştir. Sayısal ortamda oluşturulan rüzgar ve aydınlatma kriterlerinin belli bir zamanda etki etmesi sonucu varyasyonlar oluşmaktadır (Oxman, 2009: 1033-1036).
Geliştirme	Animasyon ve simülasyon tekniklerinin duvar üzerindeki formasyonunu araştıran bu çalışma içerisinde, tasarlanan yapı kabuğu için tek bir form üzerinden gidilmemiştir.
İletişim	Uygulamaya yönelik herhangi bir çalışmaya incelenen metinler içerisinde rastlanmamıştır.
Kavramlar ve teknikler	 

Tablo 8. Performans modeli, performansa dayalı tasarım örneği analizi

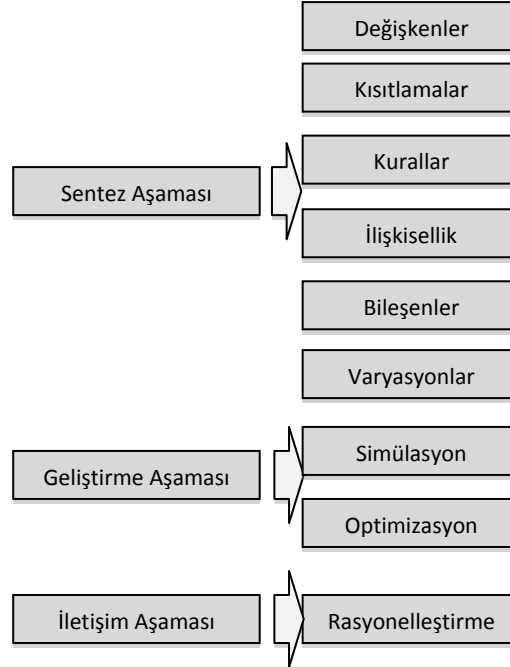
Proje Adı: Kule Tasarımı Proje Yılı: 2008 Proje Tasarımcısı: Eleftheria Fasoulaki (Fasoulaki, 2009: 13-22) Kullanılan Yöntem: Performansa dayalı üretken tasarım Kullanılan Programlar: Rhino script, Ecotect, Daysim, MS Excel	
Açıklama	Proje, Eleftheria Fasoulaki (2009) tarafından gerçekleştirilen "Towards Integrated Design" adlı makale içerisinde çalışılmıştır.
Analiz	Yüksek yapıların tasarımında performans kriterlerinin optimizasyonunu araştıran çalışmada bu amaçla kullanılacak yöntemler belirlenmiştir. Problemin tanımı yapıldıktan sonra süreç tasarlanmıştır. Kullanılacak bileşenler, araçlar ve teknikler düşünülmüştür.
Sentez	Bu çalışma içerisinde ilk olarak geometrik tanımlama gerçekleştirilmiş ve bu amaçla Rhino script içerisinde başlangıç popülasyonu olarak bir tasarım algoritması oluşturulmuştur. Başlangıç popülasyonunun oluşturulmasından sonra uygunluğa göre sıralanmasında çaprazlama fonksiyonu kullanılmıştır. Bu projede formun oluşması için doğal kurallar uygulanmaktadır. Oluşturulan tasarım algoritması, gökdelen olarak seçilmiş yapı tipinin başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra, çekirdek alanı, toplam yükseklik, meydana gelecek dönüşümün en alt ve en üst sınırları gibi kısıtlamalar belirtilmiştir. Tasarım süreci içerisinde gerçekleştirilen her kurguda değişiklik gerçekleştirilerek farklı varyasyonlar elde edilmektedir. Süreç içerisinde form üretiminde performans kriterleri, simülasyon teknikleri ile araştırılmış ve bu adım sentez aşamasında gerçekleştirilmiştir, süreçte, tasarım ve optimizasyon otomatikleştirilmiştir. Optimizasyon uygunluk fonksiyonuna göre gerçekleştirilmiştir. Simülasyon teknikleriyle gerçekleştirilen optimizasyonda gün ışığı performansı iyileştirilmiştir (Fasoulaki, 2009: 13-22)
Geliştirme	Tasarım süreci içerisinde üretken ve performans kriterlerinin bir arada kurgulandığı çalışmada tek bir formun gelişimi gözlenmemiştir.
İletişim	Uygulamaya yönelik herhangi bir çalışmaya incelenen metin içerisinde rastlanmamıştır.
Kavramlar ve teknikler	 

3. HESAPLAMALI TASARIM SÜRECİ MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Yapılan örnek analizlerinde konvansiyonel tasarım sürecinden farklı olarak hesaplamalı tasarım sürecinde yaratıcı evre ve uygulama evresinde kullanılan bazı kavramlar ve teknikler tespit edilmiş, bu kavram ve tekniklerin tasarım sürecindeki yeri ve rolü sorgulanarak yeni bir model oluşturulmasında temel alınmıştır. İncelenen örneklerde tespit edilen kavramlar ve teknikler; "değişkenler" (*variable*), "kısıtlamalar" (*constraints*),

"kurallar" (*rules*), "ilişkisellik" (*relationality/relationship*), "bileşenler" (*components*), "varyasyon" (*variations*), "animasyon" (*animation*), "simülasyon" (*simulation*), "optimizasyon" (*optimization*), "rasyonelleştirme" (*rationalization*) / "dökümantasyon" (*documentation*)'dur.

Tablo 9. Hesaplamalı tasarımda kullanılan genel kavram ve teknikler şeması



Buna göre;

- **Değişkenler:** Geometrik çeşitlemelerin oluşturulmasında kullanılan temel parametreler olup, değişken olarak belirlenen kriterlerin artırılıp azaltılması ile yeni varyasyonlar elde edilmektedir. Tanımlanan sayısal girdilere, matematiksel, geometrik değişkenlere ek olarak zaman, ortam boyutları gibi değişkenlerin de kullanıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmada değişkenlerin kullanılan yöntemlere göre farklılaştığı görülmüştür.

- **Kısıtlamalar:** Süreç içerisinde değiştirilmeyen ve sabit kalan çözüm aralığını sınırlandıran değer olarak yorumlanmıştır. Süreç içerisinde kısıtlama olarak belirlenen elemanların değeri, boyutları sabit kalmaktadır. Kısıtlamalar geometrik, matematiksel veya sayısal değerler olabilmektedir. Bunların dışında konvansiyonel tasarım süreçlerinde de kullanılan araziye yönelik, yollar, sınırlar, çevre binaların kat yükseklikleri gibi kısıtlamalar da kullanılmıştır. Evrimsel tasarım ve performansa dayalı üretken tasarım yöntemleri içerisinde performans değerleri gibi kısıtlamalar da sayısal değerler olarak yazılıma tanımlanmaktadır.

- **Kurallar:** Geometrik tanımlama içerisinde yer alan kurallar süreç içerisinde stratejik bir öneme sahiptir. Tasarım süreci içerisinde girilen verilerin (değişkenlerin, kısıtlamaların) nasıl kullanılacağını belirlemektedir. Parametrik olarak tanımlanan örneklerde döndürme, arttırma, eksiltme, yükseltme gibi kurallar tanımlanmaktadır. Genetik algoritmaların kullanıldığı yöntemlerde ise mutasyon, çaprazlama gibi doğal kurallar uygulanmaktadır.

- **İlişkisellik:** Süreç içerisinde birbirini etkileyen elemanlar arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmaktadır. Tanımlanan bileşenler arasında kurulan ilişkisellik

sayesinde değişim çok kısa sürede gerçekleşmektedir. Grafikselsel, geometrik, matematiksel verilerin yanında genotip-fenotip gibi doğal ilişkiler de gözlenmiştir.

- **Bileşenler:** Değişkenler ve kısıtlamalar ile oluşan geometrik elemanlardır. Süreç içerisinde aralarında ilişkisellik tanımlanan fiziksel ya da kavramsal öğeler, performans kriterleri, kısıtlamalar, değişkenler, kurallar gibi bütün elemanlar sistemi, bileşen olarak yorumlanmıştır. Bileşenler, tasarımın içeriğini belirlemekte ve varyasyon oluşumunda etkili olmaktadır.

- **Varyasyonlar:** Parametrelerin doğrudan yönetimi ya da tasarımı parametreler yoluyla etkileyecek kuralların uygulanması sonucu ortaya çıkmaktadır (Yu, 2009: 35). Problemin çözümü için belirlenen kısıtlamalar ve değişkenler doğrultusunda farklı yeni tasarım alternatifleri ortaya çıkmaktadır. Varyasyon kavramı süreç içerisinde sentez aşamasında oluşan tasarımları ifade etmektedir. Verilerin parametrik olarak tanımlandığı süreçlerde öngörülebilir varyasyonlar, algoritmalar olarak tanımlandığı süreçlerde ise öngörülemeyen varyasyonlar oluşmaktadır.

- **Animasyon:** Bir biçimi ve onu şekillendiren güçlerin evrimini içerir. Hareket eden kareler değil, binalar ve binayı etkileyen güçlerdir. Bu güçler zaman ve evrim tarafından kontrol edilirler. Parametre olarak kabul edilen ışık, rüzgar, yağış ve ses gibi dış etkenler karşısında yapının davranışının öngörülmesi, animasyon teknikleri ile mümkün olabilmektedir (Lynn, 1999: 9). Süreç içerisinde formasyon amaçlı kullanılmaktadır.

- **Simülasyon:** Sözlük anlamı benzetim olup [URL-3], dijital ortamda oluşturulan model üzerinde zaman parametresinin değişimi ile sistem davranışının ortaya konulması anlamına gelmektedir. Bir sisteme ait basitleştirilmiş bir model oluşturularak, gerçek sistem davranışı hakkında bilgi elde etmek amaçlanmaktadır.

- **Optimizasyon:** En uygun duruma getirme [URL-4] anlamına gelip, bir işlemin en iyi sonucu, belirli kısıtlamaları yerine getirirken sağlamasıdır. Aynı zamanda, süreç içerisinde elde edilen varyasyonların çözülmek istenen problem doğrultusunda daraltılmasını kapsamaktadır.

- **Dökümantasyon / Rasyonelleştirme:** Proje uygulamasının sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmesi için, yapım tekniklerinin ve geometrik kararların detaylı olarak açıklanmasını anlatmaktadır.

Analiz edilen tüm bu kavramlar ve teknikler, tasarımcı tarafından sürece başlamadan ve süreç devam ederken kurgulanmaktadır. Tasarımcı belirlediği bu verileri dijital ortamda sayısal verilere dönüştürerek tasarımı oluşturmaktadır. Kavramlar ve tekniklerle ilgili olarak aşağıdaki değerlendirmelere ulaşılmıştır;

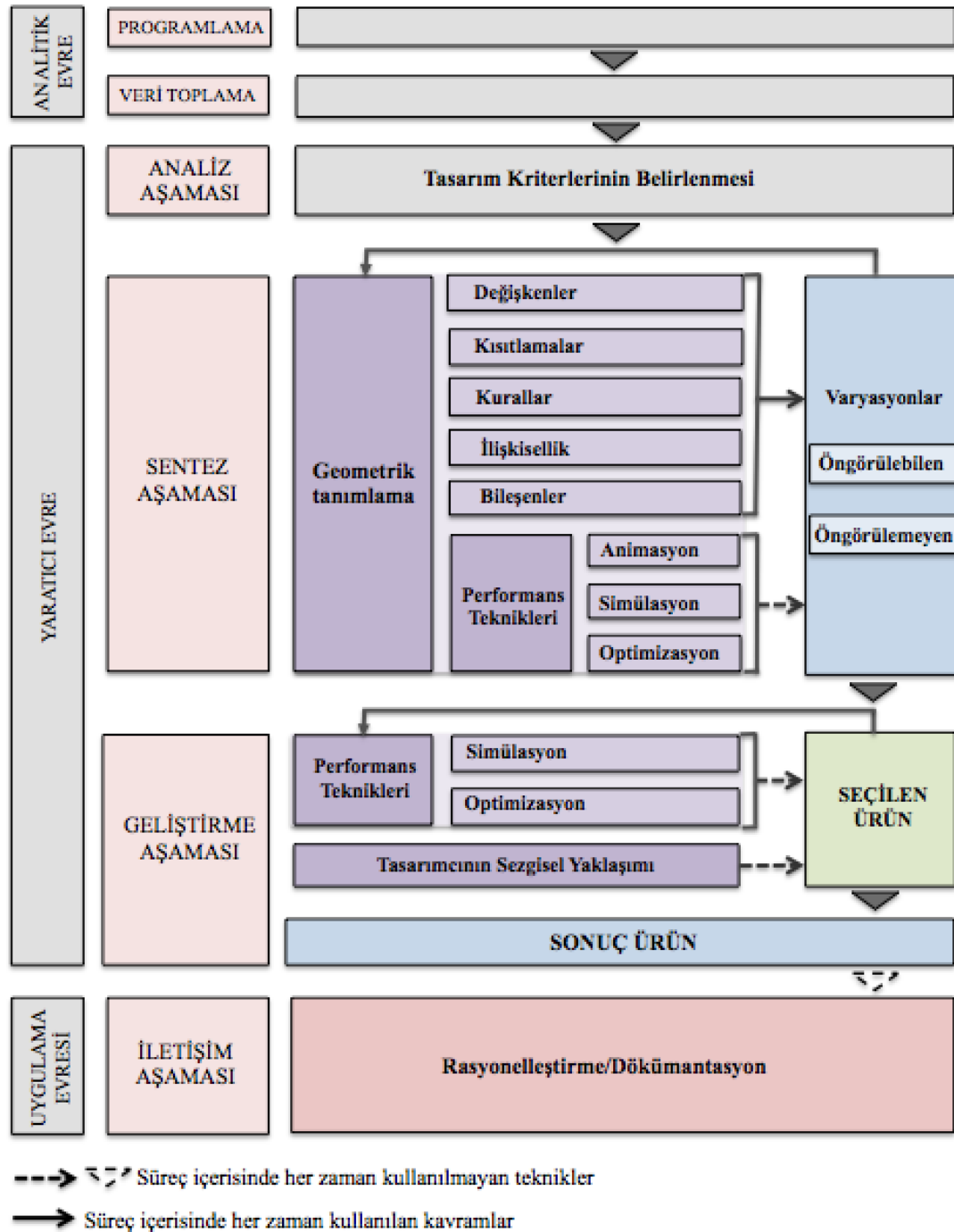
- Tasarımcı, analiz aşamasında konsept, başlangıç amaçları, geometriye ait kararlar, kullanılacak teknikler, yöntemler gibi tasarım kriterlerini belirlemektedir ve bu kriterler doğrultusunda formu oluşturmaya başlarken kısıtlamalar, değişkenler, kurallar, bileşenler, ilişkisellik gibi tasarım içeriklerini geometrik tanımlama için sentez aşamasında kullanmaktadır.

- Süreç katı bir yapıda olmadığı için fiziksel ve dijital deneyler sonucunda bazı çıkarımlar yaparak geri dönüşler, değişimler ve eklemeler yapabilmektedir. Aynı zamanda bu aşamada animasyon, simülasyon ve optimizasyon teknikleri kullanıldığında bunlar geometrik tanımlamanın bileşenleri durumuna gelmektedir.

- Geometrinin oluşturulması için gerekli olan içerikler tüm modellere ait süreçlerde geçerli olmaktadır.

- Formasyon, üretken ve performans modellerine ait süreçlerde tasarımcı, geometrik tanımlama başlangıcında, değişkenleri ve kısıtlamaları belirlemektedir. Belirlediği bazı bileşenler arasında ilişkisellik tanımlamaktadır. Bundan sonra süreç içerisindeki stratejik adımlar olan kuralları oluşturmaktadır. Tasarımcının zihnindeki sürecin ifadesi olan bu kurallar, formun meydana gelmesi için önemlidir.
- Tasarımcının varyasyon elde etmek için kullandığı bir kaç yol bulunmaktadır. Örneğin, değişkenler, kısıtlamalar, kurallar, ilişkisellik ve tüm bileşenleri tanımladıktan sonra varyasyonlar elde edebilir (Biçim gramerleri, parametrik tasarım, performans dayalı tasarım örnekleri) veya bunları tanımladıktan sonra performans tekniklerini kullanarak varyasyon üretebilir (Animasyona dayalı tasarım, evrimsel tasarım, performans dayalı tasarım, performans dayalı üretken tasarım). Geometrik tanımlama için sentez aşamasında belirlenen animasyon, simülasyon ve optimizasyon teknikleri (performans teknikleri) varyasyonların oluşumuna etki etmektedir.
- Geometrik tanımlama verilerini belirttikten sonra, tasarımcı, oluşturduğu süreç kurgusunun sonucunu, varyasyonlar üzerinden okumakta; varyasyonlara göre, istediği zaman geometrik tanımlama verilerine geri dönüş yapabilmektedir. Bu dönüşler kısa sürede yeni varyasyonlar oluşturmaktadır.
- Tasarımcı geometrik tanımlamanın değişkenler, kısıtlamalar, kurallar, ilişkisellik, bileşenler adımı oluşturduktan sonra kullandığı yöntemlere göre performans tekniklerini belirlemektedir. Bütün yöntemlerde bunları tanımlama zorunluğu yoktur. Tasarımcı, animasyon, simülasyon ve optimizasyon tekniklerinden istediğini kullanarak geometrik tanımlamayı bitirmektedir. Örneğin animasyona dayalı tasarım içerisinde animasyonu, performans dayalı yöntem içerisinde animasyon ve simülasyonu, performans dayalı üretken tasarım yöntemi içerisinde simülasyon ve optimizasyon değerlerini formu oluşturmak için girmektedir.
- Hesaplamalı tasarım süreçleri içerisinde yaratıcı evrede yer alan sentez aşamasının karşılığı geometrik tanımlama olarak kullanılmaktadır. Bu aşamada, verilerin yazılıma, sayısal olarak (değişkenler için özel değerler), grafiksel olarak (noktalar, çizgiler, B-Spline, NURBS eğriler) ya da üç boyutlu geometrik elemanlar (kare, dikdörtgen gibi şekiller) olarak girildiği görülmektedir. Analizi gerçekleştirilen tüm projelerde, tasarımcı tarafından yazılıma girilen veri (data)-enformasyon (information)-bilgi (knowledge) ile tasarımcının fikirleri ve belirlediği konsept, üç boyutlu bir geometriye dönüşmektedir. Tasarımcı ve bilgisayar, işbirliği içerisinde ortak gibi çalışmakta; tasarımcı, veri olarak tanımlanan kısıtlamaları, değişkenleri, kuralları, bileşenleri, ilişkiselliği bilgisayara girmektedir. Tanımlanan bu veriler ve uygulanan yöntem sonucunda tasarımcı, varyasyonları oluşturabilir, varyasyonların oluşumunda bilgisayarla birlikte hareket edebilir ya da sadece bilgisayar varyasyon üretebilir (üretken modeller).
- Tasarımcı sentez aşamasında performans tekniklerini kullanmadıysa varyasyonlar arasından seçtiği ürünü, geliştirme aşaması içerisinde genel olarak simülasyon ve optimizasyon teknikleri ile geliştirmektedir. Varyasyonlar arasından seçilen formun eksikliklerinin giderilmesi için ekolojik veriler kullanılarak form en iyileştirilmektedir. Böylelikle gerçekleştirilen tüm analizler sonucunda sonuç ürüne ulaşılmaktadır.
- Geliştirme aşamasında değerlendirmesi yapılan form, iletişim aşaması içerisinde uygulamaya hazır duruma getirilmektedir. Tasarımcı, üretim aşaması için uygulama çizimlerini hazırlamaktadır. Kompleks geometrilerin rasyonelleştirilmesi de bu aşamada olmaktadır. Rasyonelleştirme için, tasarımcı, üretici ile ortak dosya formatını kullanarak geometrinin oluşturulma adımlarını üreticiye aktarmaktadır.

Tüm bu kavram ve teknikler, kullanıldığı aşamalara ve kullanımlarına göre değerlendirilerek oluşturulan hesaplamalı tasarım süreci modeline aktarılmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan Hesaplamalı Tasarım süreç modeli önerisi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Oluşturulan Hesaplamalı Tasarım Süreci Modeli

4. TARTIŞMA

Hesaplamalı tasarım süreci içerisinde tasarımcının disiplinler arası ve veriler arasındaki ilişkiyi düzenleyen bir koordinatör görevi üstlendiği görülmektedir. Hangi yöntem, teknik ve verileri kullanacağına karar veren tasarımcı, süreç içerisinde gereksinimler, kısıtlamalar, değişkenler gibi tasarım ürününün çözümüne ait bileşenleri tanımlamaktadır. Aşamalar içerisinde tanımlamış olduğu tüm bileşenleri yazılım ekranında görmektedir. Bu konuya eleştirel yaklaşan Kilian (2012: 47); "Bu isabetli durumun belki de daha yaratıcı bir sürece engel olduğunu, çünkü unutkanın aynı zamanda elde olanları, yeniden yaratmayı veya yeniden birleştirmeyi gerektirdiğini" söylemektedir.

Konvansiyonel tasarımda, tasarım ürünü, tasarımcının düşüncesi ile temsil (çizim, maket gibi) arasında karşılıklı ilerleyen, doğrudan tasarımcı-temsil etkileşiminin yaşandığı bir süreçtir. Hesaplamalı tasarım sürecinde bu etkileşim, sürece dahil olan bilgisayar ile kurulmaktadır. Dolayısıyla tasarımcı ile temsil arasına ortam, araç ve ortak girmiştir. Temsil, fiziksel ortamdaki dijital ortama geçmiş; tasarımcı, fare-klavye-ekran aracılığıyla iletişim kurmaya başlamıştır. Geleneksel tasarım sürecinde tasarımcı, bulunduğu aşamada düşünür. Hesaplamalı tasarım sürecinde ise tasarımcı, tasarım ürünü ile ilgili tüm verileri, bilgileri yazılıma kodladığı için tüm aşamaları ekranda görebilir. Bu durumda tasarımcının, kara kutusunda neyi düşündüğü veriler ve bilgileri aracılığıyla belirgin hale gelerek saydamlaşmaktadır. Bu veriler ve bilgiler sistematik bir şekilde, parametrelere ya da algoritmalara tanımlanmaktadır.

Tüm aşamaların ekranda yazılı olarak görülebildiği hesaplamalı tasarım sürecinde, tasarımcı, tasarım ürününü oluşturmak için girdiği değişkenler, kısıtlamalar, kurallar, ilişkiler ve bileşenler arasında sayısal örüntülü bir dil oluşturmaktadır. Bu şekilde, tasarımcının yöntemi görünür kılınmıştır. Bir nevi tasarımcı düşündüğünü sayısal olarak dile getirmiştir. Geleneksel tasarım sürecinde ise tasarımcı formu sayısal olarak düşünsede bu genellikle dışarı yansımamaktadır.

Süreç içerisinde, tasarım sisteminin herhangi bir zaman aralığında aldığı formdan çok, form ve bilginin işletilmesinin dikkate alındığı dinamik bir süreç olarak dönüşmekte ve bu durum aynı zamanda mimari tasarım yöntemi olarak yeni bir yaratma sürecini meydana getirmektedir (Arıdağ, 2018: 45). Bu bağlamda hesaplamalı tasarım süreci içerisinde tasarımcının imgelem gücünü ve sayısal düşünme yönünü geliştirdiği söylenebilir. Çünkü tasarımcı, etkileşim halinde bulunduğu araçlar, ortamlar ve temsiller aracılığıyla düşünmektedir. Bu bağlamda kullandığı ortam ve araçlar sayısal olarak düşündüğü için, tasarımcı da iletişim kurmak için sayısal bir dili tercih etmek durumundadır. Bu konuda Gürer ve Alaçam (2015: 61), "... sayısal teknolojiler ile mimarın kurduğu diyalogda, mimarın bilişsel süreçlerinin ve bu bilişsel süreçleri deneyimler biçiminde inşa eden bir arayüz olan "bedenin" rolünü unutmamak gerektiğini" vurgulamaktadır.

Bu bağlamda Coşkun, Gür ve Toğay (2018: 107) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, el eskizinin özgünlük ve esneklik bağlamında olumlu sonuçları olduğu gözlemlenirken, bilgisayar destekli modellemenin ise katılımcıların bir çoğunun projelerini detaylandırma konusunda becerilerinin artırdığı saptanmıştır. Aynı zamanda sayısal ortamda gerçekleştirilen modellemelerin yaratıcılığı hem olumlu hem de olumsuz yönde etkileyebileceğini ortaya konulmuştur.

Bilgisayarın "memur", "ortak", "sihirbaz", "vekil", "muhassebeci", "elektronik ilham perisi", "asistan" betimlemeleri, bugün yeniden değerlendirildiğinde, süreç içerisinde tasarıma hangi aşamada, ne kadar dahil olduğu, üstleneceği rolü belirleyeceği için, farklı yöntemler içerisinde farklı roller kazandığı söylenebilir. Bilgisayarın, parametrik tasarımda üstlendiği rol ile evrimsel tasarımda üstlendiği rol farklı olarak düşünülebilir. Fakat bu konuda, bilgisayarın "elektronik kalem", "araç", "ortam", "teknik ressam" gibi betimlemelerin ötesinde tasarım desteği sunduğu açıktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımı problem çözme süreci olarak kabul ettiğimizde, sürecin yapısı problemin çözümü için önem kazanmaktadır. Bu şekilde düşünüldüğünde sürecin kendisi problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü tasarlama eylemini gerçekleştiren her tasarımcı, kendi sürecini tasarlar. Süreci tasarlarlarken çözülmesi gereken problem doğrultusunda düşünür. Aynı zamanda problemin çözümü için hangi teknolojileri kullanması gerektiğini sorgular. Sürece başlarken problemin çözümü için kullanacağı, yöntem, teknik, ortam, bileşenler, strateji ve araçlar üzerine düşünür. Bir çok varyasyon arasında uygun olanı keşfeder.

Hesaplamalı tasarım süreçleri, kullanılagelen konvansiyonel tasarım süreçleri ile karşılaştırıldığında; düşünsel (sayısal düşünme, hesaplama), tasarımcı-temsil etkileşimi,

tasarımcı-mekanizma etkileşimi, tasarımcı-ortam etkileşimi ve araç gibi değişimler görülmektedir.

Konvansiyonel tasarımda, tasarım ürünü, tasarımcının düşüncesi ile temsil (çizim, maket gibi) arasında karşılıklı ilerleyen, doğrudan tasarımcı-temsil etkileşiminin yaşandığı bir süreçtir. Hesaplamalı tasarım sürecinde ise bu etkileşim, sürece dahil olan bilgisayar ile kurulmaktadır. Dolayısıyla tasarımcı ile temsil arasına ortam, araç ve ortak girmiştir. Temsil, fiziksel ortamdan dijital ortama geçmiş; tasarımcı, fare-klavye-ekran aracılığıyla iletişim kurmaya başlamıştır.

Konvansiyonel tasarım sürecinde tasarımcı, bulunduğu aşamada düşünür. Hesaplamalı tasarım sürecinde ise tasarımcı, tasarım ürünü ile ilgili tüm verileri, bilgileri yazılıma kodladığı için tüm aşamaları ekranda görebilir. Bu durumda tasarımcının, kara kutusunda neyi düşündüğü veriler ve bilgiler aracılığıyla belirgin hale gelerek saydamlaşmaktadır. Bu veriler ve bilgiler sistematik bir şekilde, parametrelere ya da algoritmalara tanımlanmaktadır.

Hesaplamalı tasarım sürecinin tasarımcının imgelem gücünü ve sayısal düşünme yönünü geliştirdiği söylenebilir. Çünkü tasarımcı, etkileşim halinde bulunduğu araçlar, ortamlar ve temsiller aracılığıyla düşünmektedir. Kullandığı ortam ve araçlar sayısal olarak düşündüğü için, tasarımcı da iletişim kurmak için sayısal bir dili tercih etmek durumundadır. Tüm aşamaların ekranda yazılı olarak görülebildiği hesaplamalı tasarım sürecinde, tasarımcı, tasarım ürününü oluşturmak için girdiği değişkenler, kısıtlamalar, kurallar, ilişkiler ve bileşenler arasında sayısal örüntülü bir dil oluşturmaktadır. Bu şekilde, tasarımcının yöntemi görünür kılınmıştır. Bir nevi tasarımcı düşündüğünü sayısal olarak dile getirmiştir. Konvansiyonel tasarım sürecinde ise tasarımcı formu sayısal olarak düşünse de bu genellikle dışarı yansımamaktadır.

Konvansiyonel süreçten farklı olarak bilgisayar teknolojilerinin erken tasarım evresinde kullanılması, tasarım sürecini rasyonel ve sistematik, tanımlanan bileşenlere ve sürece bağlı olarak varyasyonların üretildiği, yaratıcılığı barındıran veri-enformasyon-bilgi işleme süreci olarak dönüştürmektedir. Bu durum; süreç içerisinde yer alan kavramları, tekniklerin anlamlarını, amaçları ve kullanıldıkları aşamaları değiştirmektedir. Buradan hareketle, oluşturulan modelde de erken tasarım aşamasından itibaren sürecin konvansiyonel tasarım sürecine göre şeffaflaştığı görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında araştırmacılara öneride bulunmak gerekirse; literatürde bütün yöntemleri kapsayan net bir sınıflamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, üretken yöntemler ve formasyon yöntemleri içerisinde yeni bir sınıflama gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

Süreç; çalışma kapsamında çok net sorgulanmayan tasarımcının bilişsel yönüyle birlikte incelenebilir. Bu amaçla protokol analizi yöntemi ile geleneksel ve sayısal düşünme mantığının süreç içerisinde nasıl etkili olduğu araştırılabilir. Bunlara ek olarak geçmişten günümüze kadar tasarım süreci içerisinde tasarımcıya yüklenen roller araştırılabilir (Örneğin, usta-çırak, koordinatör, araç kullanan tasarımcı (*designer as a tool user*), araç üreten tasarımcı (*designer as a tool maker*) vb.).

KAYNAKÇA

- ARCHER, B. (1984) Systematic Method for Designers, Developments in Design Methodology, Cross, N., John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England, pp.57-82.
- AHRENS, C., SPRECHER, A., NEUMAN, E., (2014) WHITEOUT: Topological evolution of embedded geometries, Design Agency [Projects of the 34th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA) ISBN 9789126724478] Los Angeles 23-25 October, 2014), pp. 87-90.

- ARIDAĞ, L., (2018). Mimari Tasarımda Rasyonelitenin Yeniden Temellendirilmesi: Polyfold 3.0, Uluslararası Hakemli Tasarım Ve Mimarlık Dergisi, Sayı 15:45-59. Doi: 10.17365/TMD.2018.3.1
- COŞKUN, M., GÜR, B., TOĞAY, A., (2018). Yaratıcılık ve Tasarım Araçları: Ürün Fikirleri Yaratımında Bilgisayar Destekli Tasarım Ve El Eskizi Araçlarının Karşılaştırılması, Uluslararası Hakemli Tasarım Ve Mimarlık Dergisi, Sayı 15: 107-134. Doi: 10.17365/TMD.2018.3.8
- CROSS, N. (2005). Engineering design methods Strategies for Product Design (Fourth Edition), New York: Wiley, pp.35-36.
- ASANOWICZ, A. (1999) Evolution of Computer Aided Design: Three Generations of CAD, Architectural Computing from Turing to 2000, eCAADe Conference Proceedings / ISBN 0-9523687-5-7, Liverpool (UK) 15-17 September, pp. 94-100.
- BOADBENT, G. H. (1968) Mimarlıkta Tasarlama Metotları, Mimarlık, 6(6), çev. Ayla Atasoy, 15-18.
- ÇAĞDAŞ, G., BACINOĞLU, Z., ÇAVUŞOĞLU, Ö. H. (2015) Mimarlıkta Hesaplamalı Yaklaşımlar, Dosya 35 Mimarlıkta 'Sayısal' Fırsatlar; Bilgisayar Mimarlığın Neresinde?, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 33-43.
- GANE, V., HAYMAKER, J. (2007) Conceptual design of high-rises with parametric methods. In Predicting the Future, 25th eCAADe Conference Proceedings, ISBN, 293-302.
- GONÇALVES, A. (2014). A Grammar for Shelters. An exploration of rulebased designs in prefabricated and modular shelters'. Proceedings of the 32th International eCAADe, 327-336.
- GÜRSEL DİNO, İ. (2015) Tasarım ve Hesaplamanın Doğası. Dosya 35, 9-13.
- LAWSON, B. (2005) Route maps of the design process, How Designers Think, Architectural Press, Great Britain, 3, pp. 31-50.
- FASOULAKI, E. (2009) Towards Integrated Design, Proceedings of the 14th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia / Yunlin (Taiwan), 22-25 April 2009, pp. 13-22.
- FRAZER, J. (1995) An Evolutionary Architecture, AA, Londra, pp.8.
- JONES, J. C. (1984) A Method of Systematic Design, Developments in Design Methodology, Cross, N., John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England, pp. 9-32.
- KILIAN, A., (2012) Tasarımın Onayı Yerine Tasarım Araştırmasına Yönelik bir Süreç Olarak Kompütasyonel Tasarım, Dosya 29 Hesaplamalı Tasarım, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 46-49.
- LYNN, G. (1999) Animate Form, Princeton Architectural Press, Newyork, pp. 9.
- MENGES A., AHLQUIST, S. (2011) Computational Design Thinking, in Achim Menges, Sean Ahlquist (eds.), Computational Design Thinking, John Wiley and Sons, West Sussex, United Kingdom, pp. 10-19.
- MILLER, N. (2011) The Hangzhou Tennis Center: A Case Study in Integrated Parametric Design, Parametricism (SPC) ACADIA Regional, December, Lincoln – Nebraska, pp. 203-209.
- NARAHARA, T., TERZIDIS, K. (2006) Optimal Distribution of Architecture Programs with Multiple-constraint Genetic Algorithm, SIGraDi- Proceedings of the 10th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, November, Santiago de Chile - Chile, pp. 299-303.
- OXMAN, R. (2006) Theory and Design in The First Digital Age, Design Studies 27(3), pp. 229-265.
- OXMAN, R. (2009) Performative design: a performance-based model of digital architectural design, Environment and Planning B: Planning and Design 36, pp. 1026-1037.
- PETERS, B., PETERS, T. (2013) The Origins of Smartgeometry. Inside Smartgeometry: Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design, pp. 20-35.
- ROWE, P. G. (1998) Design Thinking, The MIT Press, London, pp. 49.
- SCHMITT, G. (1997) Design Medium—Design Object. In CAAD futures 1997 (pp. 3-13). Springer, Dordrecht, pp. 4.

VARDOULI, T. (2012) Bilgisayarın Bin Yüzü: Bilgisayarın Tasarımda İnsanlaştırılması (1965-1975), Dosya 29 Hesaplamalı Tasarım, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 25-34.

İTERNET KAYNAKLARI

[URL-1]http://idater.lboro.ac.uk/wp-content/uploads/AR_LP2_Bruce_Archer.pdf (E.T. 01.01.2019)

[URL-2]<http://www.matthijslaroi.nl/cnc-manufacturing/frozen-motion-aview4you-competition/#respond> (E.T. 20.07.2018)

[URL-3]

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5c2fb53adbcd5.71928146 (E.T. 04.01.2019)

[URL-4]

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5c2fb540ba3c93.78985405 (E.T. 04.01.2019)

ARCHER, L. B. (1992). The nature of research into design and design education. B Archer, K Baynes and PH. http://idater.lboro.ac.uk/wp-content/uploads/AR_LP2_Bruce_Archer.pdf (E.T. 22.07.2015)

Yazar Notu: Bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bina Bilgisi Anabilim Dalında sorumlu yazar tarafında yapılan "Hesaplamalı Tasarım Süreci Üzerine Bir Araştırma", 2016, (A study on computational design process) başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.