



Article Info	RESEARCH ARTICLE	ARAŞTIRMA MAKALESİ	
Title of Article	<b>The Ontogenesis of Contemporary Architecture based on Hyperbolic Geometry: Soumaya Museum</b>		
Corresponding Author	<b>İlknur AKINER</b> Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, <a href="mailto:ilknurakiner@akdeniz.edu.tr">ilknurakiner@akdeniz.edu.tr</a>		
Received Date	20.08.2021		
Accepted Date	13.12.2021		
DOI Number	<a href="https://doi.org/10.35674/kent.985041">https://doi.org/10.35674/kent.985041</a>		
Author / Authors	<b>İlknur AKINER</b> <b>Melisa UNVAN</b>	ORCID: 0000-0002-9550-146X ORCID: 0000-0003-4858-9742	
How to Cite	AKINER, İ. and UNVAN, M. (2021). <b>The Ontogenesis of Contemporary Architecture based on Hyperbolic Geometry: Soumaya Museum</b> , Kent Akademisi, Volume, 14, Issue 4, Pages, 1137-1155		

## Hiperbolik Geometriye Dayalı Çağdaş Mimarinin Ontogenezi: Soumaya Müzesi

İlknur AKINER<sup>1</sup>  
Melisa UNVAN<sup>2</sup>

### ABSTRACT:

Humanity has adapted to shifting environmental circumstances and survived in a variety of settings across the world because to its exceptional adaptability. With the triggering effect of the architecture it has built, mankind has reorganized the natural living circumstances to suit its own requirements and has been able to react to change more swiftly. Climate-influenced architecture is a genetic notion affected by climate, materials, and technology. Architecture evolves and develops through time in response to the environment and the user, which are the foundations of the cultural notion. Culture evolves over extended periods of time due to its cumulative nature, and therefore its impacts may be seen on a wide scale. A region, a nation, or a word expresses itself via its culture and utilizes architecture to communicate its roots. Architecture is a dynamic and ever-evolving creative process. Within the framework of the research, the award-winning Soumaya Museum is used to examine the development of architecture, which we see as a cultural heritage that benefits from the previously existing bio-architectonic system while leaving behind new values. Mexican architect Fernando Romero's own achievements in the professional area illustrate the boldness of modern architectural compositions with museum design using non-Euclidean geometry, contributing to the development of new dynamic expression patterns in contemporary architecture. The museum building is studied in detail in terms of design and construction production process within the scope of the research, which is believed to be an essential source of knowledge and inspiration in the context of modern architecture innovation. Another goal of this research is to illustrate the ontogenesis and evolutionary analogies of modern architecture based on hyperbolic geometry via the Soumaya museum.

**KEYWORDS:** Contemporary Architecture, Ontogenesis, Cultural Evolution, Hyperbolic Geometry, Soumaya Museum.

<sup>1</sup> Akdeniz University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, [ilknurakiner@akdeniz.edu.tr](mailto:ilknurakiner@akdeniz.edu.tr)

<sup>2</sup> Yıldız Technical University, Graduate School of Science and Engineering, [melisaunvan@gmail.com](mailto:melisaunvan@gmail.com)

## ÖZ:

Eşsiz uyum yeteneği sayesinde insanlık, değişen çevre koşullarına uyum sağlamış ve dünyanın farklı durumlarında varlığını sürdürebilmiştir. İnsanoğlu, doğanın şekillendirdiği yaşam koşullarını kendi gereksinimlerine göre yeniden düzenlemiş ve geliştirdiği mimarinin tetikleyici etkisiyle değişime daha hızlı uyum sağlayabilmiştir. İklim, malzeme ve teknoloji ile şekillenen mimari evrimsel bir kavramdır ve kalıtsaldır. Mimari, zaman içinde kültür kavramının mihenk taşları olan çevre ve kullanıcıya göre kendini değiştirir ve uyarlar. Kültür, birikimli yapısı nedeniyle uzun zaman aralıklarında değişir ve bu nedenle etkileri geniş ölçekte gözlemlenebilir. Bir toprak, bir ulus, bir terim, kültürüyle kendini gösterir ve mimariyi temellerini iletmek için bir araç olarak kullanır. Mimari yaşayan, devam eden yaratıcı bir süreçtir. Hâlihazırda varolan bio-arkitektonik yapıdan yararlanan ve geride yeni değerler bırakan kültürel bir miras olarak algıladığımız mimarinin biçimlenişi, araştırma kapsamında ödüllü yapı Soumaya Müzesi üzerinden tartışılmaktadır. Çağdaş mimaride yeni dinamik ifade kalıplarının geliştirilmesine katkıda bulunan Meksikalı mimar Fernando Romero'nun mesleki alandaki bireysel başarıları, öklidyen olmayan geometriye sahip müze tasarımı ile modern mimari kompozisyonların cesurluğunu sergilemektedir. Çağdaş mimarinin yaratıcılığı bağlamında önemli bir bilgi ve ilham kaynağı oluşturacağı düşünülen araştırma kapsamında, müze yapısı tasarım ve yapı üretim süreci açısından detaylı bir şekilde analiz edilmektedir. Araştırmanın bu çerçevede bir diğer amacı ise hiperbolik geometriye dayalı çağdaş mimarinin ontogenezi ve evrimsel analogisini Soumaya müzesi aracılığıyla açıklamaktır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Çağdaş Mimari, Ontogenez, Kültürel Evrim, Hiperbolik Geometri, Soumaya Müzesi.

## GİRİŞ:

Kültürel evrim teorisinin gelişiminde önemli bir rol oynadığı düşünülen organik evrim fikirleri 19. yüzyılda Lamarck ve Darwin ile popülerlik kazanmıştır. Darwin'in canlıların çeşitliliğini ve değişimini açıklamak için kullandığı evrim ilkeleri, kültürel evrimci yaklaşımların yöntemlerini bilimsel bir zeminde geliştirmelerine olanak sağlamıştır. Özellikle Darwin'in evrim teorisi, mimarlık alanında evrimsel düşüncenin gelişimini ve süreçlerini etkileyen önemli bir belirleyici olmuştur. Doğa ile mimarlık arasında mübadele odaklı, tanımlayıcı ve sınıflayıcı bir ilişki kuran teorilerin kuramcıları, Darwin'den sonraki dönemde daha kapsamlı ve bilimsel bir yöntem oluşturmuşlardır. Evrim kavramı zaman içinde evrim algısı bağlamında farklılık göstermiştir. Bunlardan biri yaşamın kökenini ve değişimini açıklamaya çalışan organik evrim teorileri, diğeri ise sosyal davranışın kökenini ve dönüşümünü açıklayan kültürel evrim teorileridir. Organik evrim, sosyal eylemin kökenini ve gelişimini oluştururken, kültürel evrim, organik evrim sürecinin bir sonucu olduğunu ve onu etkilediğini ileri süren yaklaşımlarla açıklanmaktadır (Pauls, 2020).

Mimarlık kültürünün gelişimini karşılaştırmalı ve sistematik olarak açıklayan genel bir değişim teorisinin olmaması, mimarları ve tarihçileri, olayların ve yapıların ayrıntılı kronolojilerini ortaya koyarken neden-sonuç ilişkilerini ihmal etmeye yöneltmiştir. Bu açıdan kültürün, mimariyi etkileyen herhangi bir dönemde, sosyal, coğrafi, teknolojik, ekonomik ve sayısız amaç arasındaki karmaşık etkileşimi göz önüne alındığında, bunları kronolojik bir mimari liste olarak sunmak yeterli bir açıklama getirmemektedir. Dolayısıyla mimarlık kültürünün zaman içinde yaşadığı bu önemli değişim ve değişimin ürünü olarak ortaya çıkan kültürel çeşitlilik, çevresel ve sosyal dinamiklerin karmaşık ilişkilerini bünyesinde barındırmaktadır. Nedensel bir mekanizma etrafında değişimi anlatan evrimsel analogiler, mimari kültürdeki bu değişimi açıklamak için gerekli potansiyellere sahiptir.

Zamanla değişen fiziksel çevre ve sosyalleşmenin getirdiği kültürel dinamikler, kaçınılmaz olarak mimarlık olgusunu değiştirmiştir. Sanayi Devrimi ile birlikte ortaya çıkan teknolojiler, mimarlık ve mühendislik alanında farklı strüktürel tasarımların, yapı malzeme ve detaylarının gelişimini sağlamıştır. İçinde bulunduğumuz dördüncü sanayi devrimine dek farklı biçim arayışı ve malzeme ile üretilen her yapı ürünü kendinden önce üretilen yapı ürünüyle neden-sonuç ilişkisi içerisindedir. Toplumdan topluma farklı anlamlar taşıyan bu yapıların, her kültürde toplum içi sosyal birleştirici olarak görüldüğü belirtilmektedir (Lang, 1987). Kültür ve mimarlık arasındaki etkileşim, kültürel kimliğin oluşumu sürecinde, çevre ve tasarımcı etkileşimi ile tasavvur edilmektedir. Bu nedenle kültürel kimliğin oluşumunda diğer bir deyişle mimari kültürün gelişiminde iki farklı yaklaşım söz konusudur. Birincisi, kültürün genetik yoluyla ortaya çıkması, birey ve toplum aracılığıyla nesilden nesile aktarılması. Diğeri ise 1970'li yılların başında Dawkins (2019) tarafından öne sürülen bireyin yaşadığı dış dünya ile ilgili evrimsel olarak oluşan memetik kavramdır (Dawkins, 2019).

Basit geometrik biçimlerin kompozisyonu ve matematiksel oranlarla tasarlanan mimari eserlerin kökü antik çağlara kadar uzanmaktadır. Antik Yunan'da, M.Ö. 6. yüzyılda taş duvar ustaları ve mimarların geliştirdiği, inşası sütuna

dayalı tasarım kuralları ve ilkeleri halen birçok mimari oluşum üstünde etkisini sürdürmektedir. Romalı yazar ve mimar Vitruvius'un M.Ö. 1. yüzyılda kaleme aldığı temel mimari özellikleri günümüze yansıtan "De Architectura Libri Decem" (Mimarlık Üzerine On Kitap) adlı kitabı dönemi için kapsamlı bir çalışmadır. Rönesans mimarları ve yazarları için bir mimari inceleme modeli haline gelen eser bugün mimarlık teorisinin anlaşılma şeklini hala etkilemektedir. "Vitruvius benim ustam, Roma ev sahibem, mimarlık ise hayatımdır" diyen tüm zamanların en etkili mimarlarından biri olan Andrea Palladio 16. yüzyıl İtalya'sında geliştirdiği keskin klasik üslubuyla 200 yılı aşkın bir süre Avrupa ve Amerika'da etkili olmuştur. Palladyen binaların ilk örneği olan Villa Capra, Vicenza yakınlarında inşa edilmiştir (Wilkinson, 2018).

Vitruvius'un fikirleri ve Antik Roma binalarından fazlasıyla etkilenen Palladio, Roma mimarisinde toprak sahibinin malikanesi, Rönesans döneminde kır evi anlamına gelen, günümüz konut mimarisinde ise ayrıık ev veya müstakil ev anlamında kullanılan (Hasol, 1993) "Villa" teriminin, daha çok Kuzey İtalya'da tasarladığı bu yapılarıyla bugünlere taşınmasına, nesilden nesile aktarılmasına neden olmuştur. Simetri ve Armoninin eseri olan Palladio'nun villaları Venedik'in dışında çoğunlukla şehrin soylularının genç oğulları için yapılan kompakt kır evleridir. Palladyen villaların giriş cephesine geniş bir sütunlu portik hakimdir. Wilkonson'a (2018) göre bunun nedeni Palladio'nun, Vitruvius'ta Yunan tapınaklarının ev tasarımına dayandığını okumuş olmasıdır. Bu yüzden Palladio, artık var olmayan Antik Yunan evlerinin, hala varlığını sürdüren Antik Yunan tapınakları gibi görüldüğünü düşünerek kendi klasik evlerinin cephesinde portik olması gerektiğine hükmetmiştir (Wilkinson, 2018).

Yaratıcı mimari arayışların kaçınılmaz temelini oluşturan ve günümüze dek arkitektonik yapılar üzerinde etkisini sürdüren Öklid geometrisi 17. yüzyılda Fransız matematikçi ve filozof René Descartes tarafından geliştirilmiştir. Betonarme ve çelik yapı malzemesinin kullanımı zamanla yeni inşaat teknolojilerinin gelişmesine, içinde bulunduğumuz "Dördüncü Endüstri Devrimi" ise dijitalleşmenin her alanda artmasıyla beraber klasik geometrinin mevcut sınırlarını aşan, eğrisel formda, Öklidyen olmayan geometrilere dayanan mimarinin yaygınlaşmasına sebep olmuştur.

Hiperbolik geometriye dayalı çağdaş mimarinin ontogenezi, araştırma kapsamında kültürel evrim teorisi ve mimarlık analogileri yoluyla açıklanmaktadır. Bugün dijital teknoloji vasıtasıyla tasarımı ve inşaatı gerçekleşen birçok mimari yapı örneğinin kültürel evrim teorisi kapsamında ontogenezi araştırdığımızda köklerinin daha önceye uzandığı görülebilmektedir. Bu tür yapılara örnek teşkil eden Soumaya müzesi araştırmanın amacı doğrultusunda analiz edilmekte ve çağdaş mimarinin ontogenezi müze yapısı üzerinden açıklanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde, tasarım sanatının yalnızca nihai, donmuş etkisini değil, gerçek doğasını da yakalamanın mümkün olacağı hipotezi üzerine odaklanan araştırma, çağdaş mimaride yeni dinamik ifade kalıplarının geliştirilmesine katkıda bulunan öncü tasarımcıları da bu kapsamda ele almaktadır.

Araştırma kapsamında mimari, nesilden nesile aktarılan ve yaşayan, kültürel bir kavram olarak ele alınmaktadır. Yaşamını sürdürdüğü fiziksel çevreyi kendi eliyle yarattığı mimari ürünlerle şekillendiren insanoğlu, geride yeni değerler bırakan kültürel bir mimari mirasın yaşatılmasına da sebep olmaktadır. Yapı üretim sürecinin tamamlanmasında temel paydaşlardan biri olan mimar, bu kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılmasında önemli rol oynamaktadır. Latin Amerikan mimari kültürünün günümüz temsilcilerinden Meksikalı mimar Fernando Romero, Soumaya müzesi tasarımı ile hiperbolik geometriye dayalı özgün bir mimari kompozisyon sergilemektedir. Hiperbolik geometriye dayalı çağdaş mimarinin ontogenezi ve evrimsel analogisi Soumaya müzesi aracılığıyla açıklanmaktadır. Bu nedenle, çağdaş mimarinin yaratıcılığı bağlamında önemli bir bilgi ve ilham kaynağı oluşturacağı düşünülen müze yapısı tasarımı ve yapı üretim süreci, araştırma kapsamında detaylı bir şekilde analiz edilmektedir.

## 1. Kültürel Evrim Teorisi ve Mimarlık Analogileri

Kültürel evrimi, doğa ve insan arasında gözlemediği uyumda arayan Vitruvius (1990), mimari yapıların doğadaki canlılar gibi doğum, gelişme ve ölüm süreçlerinin olduğunu ve yapısal detayların benzer şekilde evrimleştiğini ifade etmektedir (Vitruvius, 1990). Tunuslu tarihçi İbn Haldun (1332-1406), göçebe yaşamdan, yerleşik yaşama; topluluk halinde yaşamdan, şehirleşen yaşam biçimine varan ve sürekli gelişen, kademeli bir kültürel geçiş olduğunu belirterek evrimi toplum ve şehirlerin değişimi yoluyla yorumlamıştır (Issawi, 1994). Rönesans ile birlikte kültürel evrim fikrinin yeniden hareketlenmeye başladığı Avrupa'da, sanayi ve ticaret yaşamında görülen değişimler kültürün durağan bir yapıda olmadığını ve zaman içinde sürekli değiştiğini göstermektedir. Kültürel çeşitliliğin zengin içeriği ve bu çeşitliliğin nedenlerini ortaya çıkarma çabası toplumsal merakı da beraberinde getirmiştir. 18. yüzyılda yapılan

coğrafi keşifler ve arkeolojik bulgulara ek olarak, mimarlık tarihiyle ilgili kuramcılar, yerel ve yabancı mimari üslupların çeşitliliğini sınıflandırarak farklı üsluplar arasında ortak bir dil bulmaya çalışmışlardır (Basalla, 1988). 17. ve 18. Yüzyıllarda hali vakti yerinde Avrupalı ve Amerikalı gençlerin özellikle Avrupa çevresinde gerçekleştirdiği kültürel keşif yolculuğu “Grand Tour” Roma’nın ve Batı dünyasının kültür merkezi olarak tanınmasına, fikirlerin yayılmasına yardım ederken, mimarlığı da ciddi anlamda etkilemiştir. Günümüzde devam eden kültür turizmi geleneğini bu sayede başlatan Grand Tour gezginleri ve mimarları Antik döneme ait yapıları ve onlardan ilham almış İtalyan ustaların binalarını görüp, inceleyerek mimariyi etkisi altına alan kültür tarihine dair günümüze dek gelişen bir izlek oluşturmuşlardır (Wilkinson, 2018).

Evrım teorisine dayanan analogik yöntemler, teknoloji, sanat, edebiyat, mimari gibi birçok kültürel alanda kullanılmıştır. Darwin’in organik dünyadaki değişime yönelik tanımlayıcı ve karşılaştırmalı yaklaşımı, farklı alanlardaki sistemlerin karmaşık ilişkilerini ortaya koyması için ilham vermiştir. Çevreye uyum sağlayan organik bir yapının yaşama şansının daha yüksek olacağını belirten Darwin’in doğal seleksiyon mekanizması, biyoloji dışındaki sistemlerde de sıklıkla kullanılan analogik bir yöntem haline gelmiştir (Griffiths, 2016). Evrimsel analogiyi, biyolojik analogi olarak tanımlayan Steadman (2008) ve Basalla (1988), modern yüzünü genetik bilimi sayesinde kazanan evrım teorisinin, kültürel evrım analogilerinin içeriğini zenginleştirdiğini iddia etmektedir.

Kültürel özelliklerin tarihsel sürekliliğini ortaya çıkarmak için kullanılan yöntemlerden biri kültürel kalıtım mekanizmasıdır. İnsana ait nesnelere kalıtımsal olarak sınıflandırarak, tarihsel süreçte yaşanan biçimsel ve işlevsel değişimleri neden-sonuç ilişkisi altında değerlendiren Richard Dawkins, kalıtım ve doğal seleksiyona dayalı çeşitliliği savunan kültürel evrimcilerden biridir. İlk baskısı 1976’da yayınlanan Gen Bencildir (The Selfish Gen) başlıklı kitabında, organik evrim ile kültürel evrim arasında güçlü bir bağ kurmaktadır. Ona göre insanlar kültürün, yani öğrenilen ve sonraki nesillere aktarılan etkilerin egemenliği altındadır. Dawkins için kültür, insan doğasını anlamak açısından genlerden çok daha önemlidir. Dawkins (2019) organik evrimde, yavruların ebeveynlerine benzer özellikler taşımaya izin veren kalıtım mekanizmasının, kültürel yapıların mirası için de mevcut olabileceğini savunmaktadır. Bu kültürel mekanizmayı, kültürel bir kopyalayıcı olarak tanımladığı ve İngilizce memory (hafıza) kelimesinden türettiği memler ile açıklamıştır. Memleri, maddi kültür mirasını sağlayan ve onları organik mirasın altında yatan genler ile karşılaştıran “eşleştirici bilgi birimleri” olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, daha da önemlisi memlerin, müzikten moda, giyim ve beslenme alışkanlığından, törenlere, geleneklere, çömlek yapımından, sanat, mimarlık, mühendislik ve teknolojiye kadar pek çok alanda kültürel bir kopyalayıcı rol üstlendiğini ortaya koymaktadır (Dawkins, 2019). Buna göre kültürel kalıtım mekanizması ilkel dönemlerde daha yavaş ve uzun bir süreçte gerçekleşmektedir. Sonrasında, Endüstri Devrimi ile beraber nüfusun artışı, savaşlar, ulaşım imkânları ve ekonomik krizler gibi ortaya çıkan birçok toplumsal dinamikle birlikte çok hızlı bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Öte yandan, maddi kültürün teknolojik gelişmenin bir ürünü olduğunu ve evrimleştiğini öne süren Basalla (1988), buhar makineleri veya otomobil gibi insan yapımı arkitektönik kültürel değişkenler arasında kalıtsal bir bağlantı olduğunu ifade etmektedir. Ancak bu kalıtımın doğadaki eşzamanlı doğal süreçlerin aksine, insanın amaçları doğrultusunda gerçekleştirdiği eylemler olan ekonomik, askeri, sosyal ve kültürel dinamiklerle ilişkili olduğunu belirtmektedir.

Darwin’in evrım ilkeleri, mimarlık alanında, özellikle mimarlık tarihi ile ilgili çalışmalarda benimsenmektedir (Leach, 2013). Mimarlık tarihçisi ve mimar Bannister Fletcher’in 1895 yılında ilk baskısını kaleme aldığı; kendisiyle aynı ismi taşıyan oğlu Sir Banister Fletcher tarafından 1905 yılında yeniden düzenlenerek yayınlanmasını sağladığı, “A History of Architecture on the Comparative Method” başlıklı eserinde mimari üslupların tarihsel üretimini evrimsel bir bakış açısıyla ortaya çıkarmaktadır. Diğer mimarlık tarihi çalışmalarından farklı olarak Fletcher, mimari üslupların tarihsel bir görünümünü ortaya koymaktan ziyade bu üslupların birbirleriyle olan benzerlik ilişkilerini incelemektedir. Fletcher (2010), farklı dönemlerde gerçekleşen mimari yapıların karakteristik özelliklerini içeren üslupları tarihsel çerçevede, coğrafi, jeolojik, iklimsel, dini ve sosyal dinamikler ekseninde karşılaştırmaktadır. Çin, Hindistan, Orta Amerika ve İslam ülkelerinin mimarisi ve gelişim hikâyesi küresel ölçekte sistematik olarak analiz edilmektedir. Fletcher’in (2010) Mimarlık Ağacı diyagramı, beş farklı kültürel dönemle (Peru, Mısır, Yunan, Asur, Çin ve Japon) başlayan ve Amerikan kültürüyle biten mimari tarzların evrimini temsil eden bir diyagramdır. Örneğin, Meksika ve Hint mimarisi de dahil olmak üzere Doğu mimari geleneklerini modern dönemden önce sona erdiğini anlatan ağaç diyagram, Batı mimari geleneklerinin ana gövdeden sayısız nesiller boyunca sürdüğünü ifade etmektedir.

Jencks (2000) kültürel ve kozmolojik evrenin evrimini, Darwinci bir bakış açısıyla açıklamanın yeterince tanımlayıcı olmayacağını, oluşturulan mekanik modellerin tahmin edilenden daha dinamik ve karmaşık olabileceğine değinmektedir. Dolayısıyla, 1960’lı yıllara gelindiğinde, bilgisayarların karmaşık hesapları çözme yeteneği, evrensel

analojilerin yeni bir cephesini yaratmıştır. Dijital uzayda yapılan ilk evrimsel analogi denemelerinden biri Holland (1992) tarafından yapılmıştır. Çalışma kapsamında, doğal seçim ilkelerini taklit eden bir evrim süreci yaratılmaktadır. Doğadaki evrim mekanizmasını taklit eden bilgisayarlar, bu evrim sürecini algoritmalar kullanarak sanal ortama aktarmış ve bu yöntemle yeni mimari formlar üretmek mümkün olmuştur. Holland'ın (1992) evrimsel analogilere örnek oluşturan bu çalışması John Frazer tarafından Mimarlık alanına taşındı. Frazer (2002), gen ve DNA'nın biyolojik özelliklerini matematiksel kodlara indirgeyerek, evrim sürecinin doğal bir görünümünü oluşturmuştur. Bu yöntemle hayatta kalan başarılı genlerin içinden geçerek ve mutasyona uğratarak, farklı mimari formların sanal olarak tasarımcı olmadan üretilebilmesini sağlamıştır.

Bu nedenle, evrimsel analogiler, kültürel sistemlerdeki karmaşık süreçleri ortaya çıkarmak için önemli bir potansiyel olarak görülmektedir. Mokyr (1991) ve Basalla (1988) gibi kültürel evrimcilerin teknoloji güdümlü ilerici kültürel evrim modelleri çeşitli şekillerde mimarlık alanına taşımışlardır. , Evrimin temel ilkelerinden biri olan ve hayatta kalabilmek için değişen ortamlara uyum gerektiren seçim mekanizması, Dawkins'in (2019) tanımladığı gibi kültürel bir mirasa ihtiyaç duymaktadır. Ekonomik sınırların hemen hemen ortadan kalktığı, iletişim teknolojilerinin dünyayı küçük bir küresel köye dönüştürdüğü çağımızda (McLuhan ve Powers, 1989) kültürel mirasın bu mekanizması ilk dönemlere oranla yeni toplumsal dinamikle birlikte çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Tıpkı canlı türlerinin hayatta kalmasını sağlayan başarılı özelliklerin zamanla biriktiği gen havuzundaki çeşitlilik ve etkileşim gibi mimari teknolojilerin ve mimari kültürün farklı form ve işlevlerini kapsayarak zaman içinde çeşitlenmesi, ortak bilgi paylaşımı ile mümkündür. Çeşitli doğal ve kültürel değişkenlere uyum sağlayan başarılı mimari çözümlerin toplu seçim sonucunda geleceğe aktarıldığı ve bilince dönüştürüldüğü de varsayılabilir.

Belirli bir bağlamda taklit sayılabilecek bir döngüde beyinden beyne atlayarak kopyalanabilen memler, tıpkı genler gibi vücuttan vücuda sıçrayarak ortak bir havuzda artabilmektedir (Dawkins, (2019). Bu ilkedan yola çıkarak yaratıcılığa ihtiyaç duyan mimarlığın ontogenezi oluşturulan memlerin de tıpkı şarkılar, fikirler, kıyafetler veya arabalar gibi küresel bir havuzdan kaynaklandığı ifade edilmektedir (De Botton, 2010). Dünya çapında bir tasarım kültürünün geliştirilmesini öneren Julier (2000) konuyu şöyle bir örnekle açıklığa kavuşturmuştur. Herhangi bir tasarımcının iyi bir fikri varsa, bunu meslektaşlarına, rakiplerine veya öğrencilerine aktarabilir. Tasarladığı konsept kapsamında herhangi bir arkitektonik ürününde, bir makalesinde veya bir derste bu fikrini karşı tarafa aktardığında fikir tutunursa beyinden beyne geçerek kendini kopyalayacaktır (Julier (2000). Falbel (2018) mimari ve sanatın gelişiminde, insanoğlunun geçiş ve göçlerinin yanı sıra kültürel sistemlerin de önemli bir rolü olduğunu savunmaktadır. Falbel'e (2018) göre, modern mimarinin yayılmasında rolü olan uluslararası göçmen mimarlar, kültürel geçiş süreçlerinin yönleri, artan insan değişimi ve mesleki deneyimleri geleneksel mimarlık tarihinin gidişatını yönlendirmektedir.

### 1.1. Parametrik Tasarım ve Öklidyen Olmayan Geometrilere Dayanan Mimari

Parametrik, sosyal ve matematiksel içeriğe sahip, ölçülebilir bir kavramdır. Mimaride parametrik tasarım, yapıyla ilgili geometrik uygulamalar arasındaki ilişkileri tanımlamaktadır. Yapıların strüktürel ve biçimsel çözümlerine ilişkin tasarım kararları, parametrik tasarım teknolojilerinden faydalanarak oluşturulabilmektedir. Özgün geometrik biçimlerin sergilendiği mimari ürünlerin gerek tasarımında gerekse yapı üretim sürecinde, parametrik tasarım modelleyicisi, tüm kararları mantıksal bir ilişki çerçevesinde çözümlenmektedir. Yapıların topolojik yapısına dayanan parametrik tasarım mimarlık pratiğinde hızla yayılmaktadır. Parametrik tasarım, üç boyutlu bilişsel modeller oluşturmak için bilgisayarları ve algoritmaları kullanan bir tasarım yöntemidir. Parametrik tasarımın en önemli avantajı, algoritmanın giriş parametrelerinin değiştirilmesiyle bir modelin farklı versiyonlarını elde etmeyi mümkün kıldığından dolayı çok kullanışlı olmasıdır. Bu nedenle, geleneksel mimari araçlarla işlenmesi çok zor olan biçimler ve formlar oluşturmak mümkündür. Parametrik Tasarım, mimari ve kentsel tasarımın yanı sıra enerji simülasyonları veya yapının statik tasarımına yönelik olarak tasarımcıların birçok yeni şekil ve form kullanmasını sağlamaktadır. Konvansiyonel tasarım sürecinin tersine parametrik tasarımın yaratıcı süreci, istenen şekilleri oluşturmak için kural sisteminin, parametrik şemanın kendisinin oluşturulmasıdır. Parametrik tasarım düşüncesini öğrenmenin ilk adımı, kuralların tasarımı değil, tasarımın kuralları etkilediğini anlamaktır.

Parametrik tasarımı kullanmak için özel bir yazılım gereklidir. Farklı parametrik tasarım yazılımları birçok yönden farklılık gösterebilir ancak genellikle bir grafik algoritma düzenleyicisine sahiptirler ve bunların temel mantığı hemen hemen aynıdır. Oluşturma ve dönüştürme için matematiksel ve geometrik araçlar kullanırlar. Serbest biçimli yüzeyler, düzensiz desenler oluşturmak, hesaplama ağırlıklı çözümler ve özel algoritmalar kullanmak mümkündür. İleri



teknoloji bilgisayarlar gerektiren “Parametrik tasarım” tipik bir kurulum, yazılım ve donanım gerektirmektedir. Bilgisayar destekli tasarım aracı olan parametrik tasarım yazılımı, temel olarak makine mühendisleri, inşaat mühendisleri, endüstriyel tasarımcılar ve bütünün çok sayıda ilişkili ve uyarlanabilir parçaya çözümlenmesini sağlayan ürünlerden iyi şekilde yararlanan ulaşım endüstrisi için geliştirilmiştir. Tasarımcıların parametrik tasarımı uygulayabilmeleri için gerekli olan, çoğunlukla matematik ve bilgisayar bilimlerinden olmak üzere farklı bilim alanlarından bazı teorik bilgiler de yer almaktadır. Erişilebilir tasarım araçlarının evrimi, mimari tasarım sürecindeki değişimi de tetiklemiştir. Bu değişimi takip etmek için yeni bilgi edinmek kaçınılmazdır ancak geleneksel yöntemleri anlamak da vazgeçilmezdir. Mimaride parametrik tasarımla ilgili öncü projeler gerçekleştiren Frank Gehry'nin kullandığı Gehry Teknolojilerinin (Gehry Technologies) odak noktası, parametrik modelleme, geometri, komut dosyası oluşturma ve analiz yazılımındaki becerileri kullanarak ön tasarım sürecini geliştirmek için araçlar yapmak ve inşaat ile ilgili dijital modeller, rasyonelleştirilmiş bilgisayar modelleri oluşturmaktır (Glymph vd., 2004). CATIA programı ile Gehry Teknolojileri tarafından geliştirilen parametrik modelleme teknikleri kullanılmaktadır.

Mimaride öklidyen olmayan geometriye dayalı organik formlar tarih boyunca mimari tasarım sürecinin çeşitli aşamalarında ve alanlarında duyulan çözüm ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu görüş doğrultusunda doğa biçimlerin en büyük mimarı olarak tanımlanmaktadır. Tasarımcılar, form kararları, statik hesapları, bağlantı detay çözümleri gibi birçok alanda ihtiyaç duyulan bilgiyi doğada aramaktadırlar. Matematik ve geometri ile açıklanabilen mantıksal çözümlerinin, doğada yaşayan canlılarda aranması fikrinden yola çıkan İskoç biyolog D'Arcy Wentworth Thompson (1860-1948), biyolojide var olan organik formların rastgele olmadığını ve hepsinin bir mantık çerçevesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Werrity, 2010). Yaşayan organizmalara dair incelemelerinden ilki; forma dair keşfettiği kabukların logaritmik spirali, bitki hücre duvarlarındaki jeodezik çizgiler, peteklerin altıgen geometrisi gibi örnekler üzerine olmuş ve sonrasında canlıların büyüme hızı ile belirli bir türün gelişim sürecindeki ilişkilerinin tanımlaması ile ürettiği dönüşümler teorisi olmuştur (Werrity, 2010). D'arcy Thompson tarafından başlangıç noktaları belirlenen doğa, matematik ve mimari ilişkisi üzerine çalışmalar tasarım alanında artarak devam etmiştir. Antoni Gaudi'nin eserlerinde kullandığı çemberler ve çokgenler; Thompson'ın teorilerine dayanan biyolojik canlıların iki boyutlu kesitlerinde karşılaşılan matematiksel çözümlerden oluşmaktadır (Park, 2005).

Esther Raventos Pons (2002), Gaudi'nin mimarisini, doğa ile mimari form ilişkisini anlatan görsel bir analogi olarak tanımlamaktadır. Gaudi eserleri incelendiğinde; bütünün sahip olduğu parçalarla olan ilişkisi, doğada bulunan canlı bir yapının kendini oluşturan birimler ile ilişkisine benzediği görülmektedir. Karmaşık yapıların oluşturulması ve çözümlenmesinde var olan bu ilişkilerin tanımlanması da tasarım süreci için önem taşımaktadır. Organik formların sahip olduğu parça bütün ilişkisi ve karmaşık yapıların tasarım sürecinin çözümlenmesine duyulan ihtiyacı Christopher Alexander ortaya koymuştur. Doğada var olan ilişkilerde D'arcy Thompson'ın keşfettiği parçaların matematiksel olarak bağlı olma durumu, Christopher Alexander tarafından da farklı bir sebeple ortaya konmuştur. Tasarımda bağımsız olarak düşünülen parçaların ve detayların bir araya gelişlerinde var olan birleşim diyagramlarının sistemsal çözümlenmesini matematiksel mantıkla açıklayan Alexander; karmaşık yapıların anlaşılması için öncelikle birimlerinin çözümlenmesi gerektiği fikrini geliştirmiştir (Van der Linden vd. 2011). Mimaride doğanın çözümlerini kullanmanın getirdiği biçimsel çözümlerinin, matematiksel mantığı dışında duygusal dışı vurumu 20. yüzyıl ortalarına kadar Gaudi eserlerinde gözlenmektedir. Bu dönemde, benzer mimari dilin etkisi, doğanın keşfettiği beklenmedik eğrileri kullanan eşsiz modernist mimarlardan Latin Amerikan kökenli Brezilyalı Oscar Niemeyer'in eserlerinde de görülmektedir. Pampulha Kilisesinde tasarladığı cesur eğriler, birlikçe çalıştığı Le Corbusier ile sıkça tekrarlanan düz çizgiler ve yapısal kartezyenlikten uzaklaşmakta, tropikal formlara olan isteğini gözler önüne sermektedir (Phlippou, 2013). Organik formların kullanılmasındaki matematik ve geometrik alt tabanın yanı sıra, yaşanan ve maruz kalınan kültürün de etkisinin olduğunun göstergelerinden bir diğeri de İtalyan mimar Paolo Portoghesidir. Portoghesi'nin mimari dilinde, maruz kaldığı tarihten 'çözüm repertuarı' olarak etkilendiğinden bahseden bir araştırmada, barok mimarisinin dilinden çıkabilmekte zorlanmadığı ve var olan tarzın dilinden bölgesel yeni modern oluştururken faydalandığına dikkat çekilmektedir (Micheli, 2016). İtalyan mimar, modern mimarinin uğraştığı soru işaretleri olan; mekanın kontrolü, eğrinin çizilmesi, köşe tanımı ve açıklıkların kararları gibi soruların çözümlerini sahip olduğu tarihten kazanımları ile özgülleştirmiş ve örnekleri tasarım araçları olarak görmüştür (Micheli, 2016).

Eğrisel çizgilerin ve doğa ile görsel analoginin sağlanması fikrinin kullanıldığı yapısal formlar tarih boyunca merak konusu olduğu ve mimarlar tarafından denendiği gözlemlenmektedir. Çalışmaların hızlanması ve örneklerin artması ise bilgisayar kullanımının mimari tasarım sürecine dahil olması ile gerçekleşmiştir. Bu konuda ilk çalışmaları yapan ve eğrisel formların dayanımsal çözümlerini bilgisayar ortamında hesaplanması ile çalışan mimar Frank O' Gehry'dir.

Gehry, Barcelona'da şehrin önemli sembollerinden olan Balık enstalasyonunun tasarımı ve yapımı sırasında ilk olarak bilgisayardan faydalanmış ve önceki inşaatlarda sayısız somut model ve modelin sayısız kesitlerinin hesaplanması ile elde edilen detay bilgilerini bilgisayar modeli ile çok daha kısa sürede daha az hata payı ile elde etmiştir (Groenendijk, 2019). Sürecin hızının ve kalitesinin arttığına tespit edilmesi üzerine tasarım ve yapım sürecine bilgisayarların dahil edilmesi üzerine çalışmalar hız kazanarak artmış ve keşfedilen söz konusu disiplinlerarası bağ, mimari tasarım ve 21. yüzyıl mimari diline yön veren kararları doğurmuştur.

Eğrisel formların kullanımının sıklıkla karşılaşıldığı başlıca ofislerden biri olan Zaha Hadid mimarlık ofisi gibi Latin Amerikan kökenli Fernando Romero mimarlık firmasının eserlerinde de, eğrisel mimariye dair daha önce söylenmiş olan fikirlerin her birinin çalıştığı gözlemlenebilmektedir. Örneğin; form çözümlerinde doğa ile mimarinin görsel analogisi, yapısal detay çözümlerinde yaşayan organizmaların strüktürel çözümlerinden faydalanılması ya da mimari eserin fonksiyon şeması belirlenirken sürecin doğada var olan yenilenme, büyüme, gelişme algoritmalarından faydalanılması gibi konularda gösterilen hassasiyet, ofisin projelerinden takip edilebilmektedir. Doğrusal olmayan çizgilerin oluşturduğu duygusal formların üretim süreçlerindeki öz gelişim ve mimarinin kendisinde var olan ve günümüzde parametrik mimari ile hız kazanan kendi kendini üretme fikri (mimarinin otopoezi), tarih boyunca kullanılan eğrisel formların mimarisinin modern tanımlaması olarak karşılık bulmaktadır (Schumacher, 2011). Kullanılan cesur geometrilerin mimari tasarımda varlıkları çok uzak geçmişe dayanmıyor olsa da oluşturdukları tarih, gerek formda var olan enerji, gerek üreten mimarların kültürel geçmişlerinde var olan duyguların etkisi ile hem yayılım hem çeşitlilik olarak geniş bir yelpazeye sahiptir.

## 2. Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi

Mimari, sadece insan ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp aynı zamanda kültür ve doğa arasında bir köprü görevi görmektedir. Tobolczyk (2020) tarihöncesinde başlayan, insanın düşünme yeteneğinin ardışık gelişimini takip eden, giderek daha karmaşık uzamsal ve yapısal sorunların kademeli olarak çözülmesini içeren mimari gelişim dönemine, alışılmamış bir bakış açısı ile ışık tutmaktadır (Tobolczyk, 2020). Mimarlığın ontogenezi resmeden araştırmanın amacı, kalıcı yerleşimlerin doğuşuna yol açan süreçlerin yanı sıra tarih öncesi ve antik çağlara uzanan temel barınma ihtiyacını gideren evler, tapınaklar ve şehirlerin kentsel örüntülerinin mekansal organizasyonunu belirleyen evrimsel fenomenleri ortaya çıkarmaktır. Araştırma bu doğrultuda, tarih öncesi çağlarda insanoğlunun sahip olduğu doğal ortamla ilişki kuran yapı pratiğinin kültürel miras olarak rolünü koruduğu varsayımıyla mimarlık teorisi kapsamında yeni bir çalışma alanı olan mimarlık ontogenezi ortaya koymaktadır (Tobolczyk, 2020).

17. yüzyılın ilk yarısından bu yana kullanılan "Ontogenez" terimi, biyolojide, embriyodan olgunluğa kadar meydana gelen tüm değişiklikleri içeren bir bireysel organizmanın veya anatomik ya da davranışsal özelliklerinin evrimsel gelişimini tanımlamaktadır. Ontogenez kelimesinin etimolojik kökeni Latince varlık anlamına gelen "on / ont / óntos" kelimesinden ve doğum, yaratılış anlamına gelen "genesis" kelimesinden oluşmaktadır (Merriam-Webster, Oxford ve Lexico Dictionary). Mimarlığın ontogenezi, mimari fikirleri, yapısal işlevleri ve bina formlarını ortaya çıkaran gelişim süreçleri ve kökenleri ile bağlantılı problemlerle ilgilenmektedir. Ontogenez, insanoğlunun yapı faaliyetiyle ilgili birçok disiplinler arası sorunu çözme ve inşa etme sanatı olarak ele aldığı mimarlık kavramını sürekli değişime uğrayan canlı bir süreç olarak sunmaktadır. Bu bakış açısıyla mimarlık tarihinin izni süren özgün araştırmasında Tobolczyk (2020) canlı organizmalarda meydana gelen süreçlerle, mimarlıkla ilgili süreçler arasında şaşırtıcı bir paralellik gördüğünü iddia etmektedir. Ona göre bir organizmanın embriyo döneminde başlayan farklılaşma süreci tıpkı bir iskelet; kan damarı, kas, sinir sistemleri gibi oldukça karmaşık sistemlerin gelişimine yol açmaktadır. Bu noktada her sistemin benzersiz bir işlevi bulunmaktadır, ancak yalnızca birlikte çalıştıklarında organizma tamamen canlı ve işlevsel hale gelmektedir (Tobolczyk, 2020).

D'arcy Thompson, Antonio Gaudí, Christopher Alexander, Oscar Niemeyer, Paolo Porthoghesi, Alvaro Siza, Patrick Schumacher, Zaha Hadid ve Frank O. Gehry gibi öklidyen olmayan geometriye dayanan mimari eserlerin tasarımında katkısı olan pekçok kuramcı ve tasarımcı gibi Latin Amerikan kökenli mimar Fernando Romero'nun da Latin Amerikan mimari kültürününün sürekliliğine katkısı, mimari tasarımlarında dile gelmektedir. Doğada gözlemlenebilen yaşayan organizmaların yapısal çözümlerleri Fernando Romero'nun mimari eserlerinin algoritmasını belirlemektedir. Eğrisel çizgilerin oluşturduğu biçimsel arayış parametrik tasarım aracılığıyla kültürel geçmişin izlerini mimari yapılara geniş bir yelpazede taşımaktadır.

Meksikalı mimar Fernando Romero tarafından tasarlanan Soumaya müzesi, araştırma kapsamında mimarlığın ontogenezinin temellerine dayanan ve benimsenen bio-arkitektonik bir bakış açısıyla analiz edilmektedir.

Araştırmanın amacıyla doğru orantılı bir şekilde mimarlık, yaşayan, devam eden yaratıcı bir süreç, hâlihazırda bulunan arkitektonik yapılardan yararlanan ve geride yeni değerler bırakan bir süreç olarak algılanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde, tasarım sanatının yalnızca nihai, donmuş etkisini değil, gerçek doğasını da yakalamanın mümkün olacağına inanılmaktadır.

Dolayısıyla, eşsiz bir kültür, kalıpların yerel dili ile yaratılmaktadır. Dawkins (2019) ve Hofstede (2001) gibi kültürel kalıtım mekanizmalarının varlığını kuramsal çerçevede ortaya çıkaran çalışmaların ardından, günümüz bilgisayar teknolojileri sayesinde dijital bir dünyaya taşınmış olan kültürel eşleyiciler vasıtasıyla mimaride benzer yapı tipolojileri daha sıklıkla görülmektedir. Bu nedenle, araştırma kapsamında incelenen örnek proje, kültürel kalıtım mekanizmasının oldukça hızlı işlediği dijital dönemde tasarlanan diğer bazı yapılardan da örnek vererek mimarlığın ontogenezi açıklanmaya çalışılmaktadır.

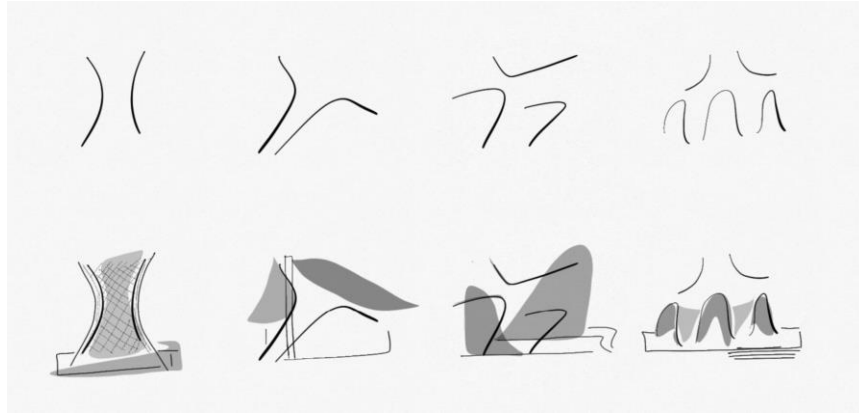
### 3. Mimarlığın Ontogenezi Kapsamında Bulguların Analizi ve Tartışma

Mimarlığın ontogenezi, mimaride kullanılan bazı işlevsel, mekansal ve yapısal kalıpların nasıl ve neden ortaya çıktığını araştırmaktadır. Tobolczyk (2020) bu yöntem doğrultusunda yürüttüğü araştırmasında tarih öncesinden bu yana insanın soyut düşünme yeteneğinin yavaş yavaş nasıl geliştiğini ve insanların deneyimlerinin ve geçmişinin hem tarihsel hem de biyolojik mekân inşa etme ve şekillendirme sanatında ne şekilde kaydedildiğini incelemektedir. Ayrıca, bu tarz araştırmalar, genellikle sadece geçmişin tasarımcılarının ve inşaatçıların niyetlerini tahmin edebilmeye dayalı olduğundan, gergin bir ipte yürümeye benzetilmektedir (Tobolczyk, 2020). Bu bakış açısıyla ve araştırma kapsamında benimsenen yöntem çerçevesinde mimarlık, tasarlamak ve inşa etmek için sonsuz çeşitlilik şansı olan kolektif bir kültürel yaratıcı süreç olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle Soumaya müzesinin gerek tasarım gerekse yapım sürecinin doğası mimarlığın ontogenezinde ele alınmakta ve açıklanmaktadır.

Dijital teknolojinin hızlı gelişimi, özellikle tasarım sürecinde inşaat ortamını etkilemiş, mevcut iki boyutludan üç boyutlu modelleme yöntemine geçiş mimarlara tasarım felsefelerini daha agresif bir şekilde ifade etme fırsatı vermiştir (Choi vd., 2015). Konsept tasarım sürecinden binaların fiziksel üretimine kadar her türlü bilgiyi sağlayan ve koordine edebilen dijital teknolojilerin gelişimi, karmaşık tasarım ve yapı üretim süreçlerini inşaat endüstrisinin tüm paydaşları açısından kolaylaştırmaktadır (Castañeda vd., 2015). Çağdaş mimaride, Öklid dışı, eğrisel formların dijital tasarım teknolojisi aracılığıyla kolayca elde edilebilmesi, bir entegrasyon aracı olarak sadece mimarlara özgür tasarım ortamı sağlamakla kalmayıp, yapı üretiminin hedeflenen doğrultuda tamamlanmasını dolayısıyla yapı ürününün tüm detaylarıyla çözümlenerek inşa edilebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda ikonik biçimiyle dikkat çeken Soumaya müzesi, mimari tasarım ve yapı üretim sürecinin dijital teknoloji entegrasyonu ile koordine edilerek inşa edilmesi nedeniyle öne çıkmaktadır. Tasarım ve yapı üretim süreci imalat detayları özgün bir bina olması nedeniyle araştırmaya değer görülmektedir.

Eğrisel çizgilerin tasarımda kullanılması ve kültürel olgular ile genetik duyguların formlar üzerinde etkilerinin anlaşılması için, basit çizgisel çözümlerinin kullanılabileceği araştırma kapsamında yapılan çizgisel çalışmalar ile önerilmektedir. George Stiny'nin (2006) 'Shape- Talking about Seeing and Doing' isimli kitabında açıkladığı çizgilerin gerek kelimeler gerek tasarım için kullanıldığı arayüzün çözümlenmesi, yapılan eskiz çalışması için öncül olmuştur. Stiny'nin savunduğu basitten karmaşığa olan genel dönüşüm sisteminden faydalanılarak, cesur ve yoğun latin duygularının yazara göre çizgisel karşılıklarının yapısal örnekleri özet niteliğinde derlenmiştir. Latin Amerika kökenli dans pozlarından en bilinenleri çizgisel olarak soyutlaştırılmıştır. Çizgilere ilk bakışta hissedilen keskin dans pozlarındaki kıvrımlı kadın bedeninin cesur duyguları kısmen karşılıklarını buldukları yapılara yine soyut olarak aktarılmaya çalışılmıştır. Stiny'nin bahsettiği gibi; çizgilerin dili, karşılık bulduğu yapılara göre transforme olmuş ve detayları tekrarlanarak tasarımı oluşturmuştur. Soldan başlayarak yapılar; Fernando Romero, Le Corbusier, Zaha Hadid ve Felix Candela'ya ait öncül yapılardır (Şekil 1).





Şekil 1. Yapıların Çizgisel Karşılıklarından Örnekler (Stiny, 2006)

### 3.1. Soumaya Müzesi ve Mimarı - Fernando Romero

Meksikalı mimar Fernando Romero, mimarlık stüdyosu FR-EE'nin (Fernando Romero Enterprise) kurucusudur. 1971 doğumlu Fernando Romero, Universidad Iberoamericana'dan mezun olduktan sonra Paris ve Rotterdam'da Jean Nouvel ve Rem Koolhaas ile çalışmıştır. 2000 yılında Mexico City'de FR-EE'yi kurmuş ve daha sonra New York, Madrid ve Shenzhen'de mimarlık ofisi açmıştır. FR-EE, Mexico City'deki Soumaya Müzesi de dahil olmak üzere kentsel gelişim ve yeşil altyapıdan toplum eğitimine kadar çok çeşitli özel ve kamu girişimlerini ele alan teknolojik gelişmelerle entegre bir dizi ülkede çok sayıda proje gerçekleştirmiş ve önermiştir (Şekil 2). Romero, yakın zamanda, dünyanın en sürdürülebilir havalimanı olmayı hedefleyen Mexico City'de yeni bir havalimanı tasarlamak için İngiliz mimar Norman Foster ile iş birliği yapmıştır. Tasarımları ile birçok uluslararası ödül alan Romero, 2013 yılında Amerikan Mimarlar Enstitüsü' nün (American Institute of Architects - AIA) onursal üyesi olmuştur. 2012'de Fast Company tarafından En Etkili 50 Tasarımcıdan biri seçilmiştir. 2002 yılında Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum) tarafından "Yarının Küresel Lideri" seçilen Romero, çağdaş yapım sistemlerini forma ulaşma ve kentsel kaygıyla bir araya getirmeye çalışan projeleriyle Bauhaus, Architizer ve 'En İyinin En İyisi' Red Dot Ödülü ('Best of the Best' Red Dot Award) gibi birçok uluslararası mimari proje ödülünün de sahibidir (FR-EE).



Şekil 2. Bazı Projelerinden Örnekler (FR-EE)

Bugün çok yüksek bir ticari potansiyel sunan, 1940'lardan kalma eski bir sanayi bölgesinde yer alan Soumaya Müzesi, bölgenin yeniden dönüştürülmesinde ve kültürel açıdan kentsel algının dönüşümünde kilit bir rol oynamaktadır. Avangard morfolojisi ve tipolojisi, Meksika ve uluslararası mimarlık tarihinde yeni bir paradigma tanımlamaktadır (Frearson, 2011). Mexico City'nin kalbinde, mimari bir ikon haline gelen güzel sanatlar müzesi, kentsel ve toplumsal





Şekil 4. Soumaya müzesi maket üzerinde varyasyon çalışmaları (FR-EE)



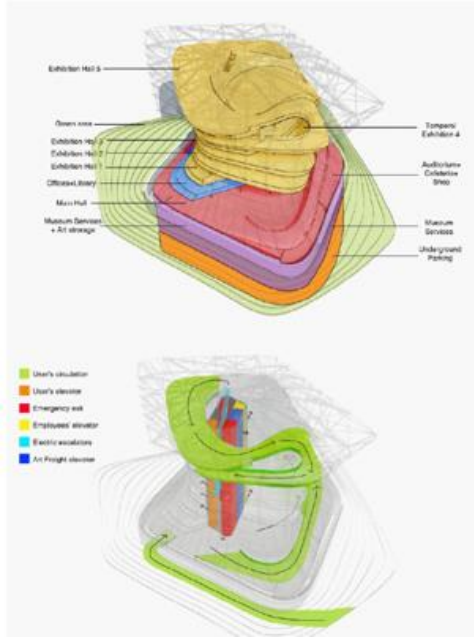
Şekil 5. Yapım sistemi (Sidelko, 2013)

### 3.2. Tasarım ve Yapım Sürecinin Entegrasyonu: Mimari Ontogenezi

Projenin belirlenen hedefler doğrultusunda başarıyla tasarlanması ve inşa edilebilmesi için kullanılan parametrik modelleme ve algoritmik teknikler gibi geliştirilen yeni tekniklerin yanı sıra çeşitli ekiplerin yönetiminin ve koordinasyonunun da büyük önem arz ettiği görülmektedir. Fernando Romero ve tasarım ekibi karmaşık hesaplama tekniklerini benimseyen ikonik müze tasarımı için inşaat aşaması boyunca uygulanan merkezi bir dijital 3 boyutlu model ile entegre ve yüksek düzeyde işbirlikçi bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Soumaya Müzesinin alışılmamış geometriye sahip cephesi üzerine düz altıgen panellerin yerleştirilmesi, Gehry Teknolojisinde geliştirilen bir cephe rasyonalizasyon stratejisi ile gerçekleştirilmiştir (Fischer, 2007). Hava-uzay endüstrisinde yaklaşık 30 yıldır kullanılmakta olan CATIA (Computer - Aided Three Dimensional Interactive Application) bilgisayarda dijital modelleme teknolojisi, mimaride Gehry Teknolojisi (GT) adı altında kullanımı ile ilk 1997'de Frank Gehry tasarımı Guggenheim Bilbao Müzesi ile öncü bir deneyim olmuştur. Karmaşık formda tasarlanmış binaları projelendirmek ve inşa etmek için CATIA gibi dijital bir modellemenin kullanımı farklı düzeylerde yapı üretim sürecinin daha sistematik bir hale getirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, yapım projelerinin tamamlanma sürecinde yer alan tüm katılımcılar için projenin noktasal ölçekte detaylandırılarak analiz edilmesini ve imalat sürecini çok büyük oranda kolaylaştırmaktadır. Önde gelen mimarların tüm dünyada gittikçe yaygınlaşan parametrik tasarımla ilgili bilgi birikimlerini ve tasarım deneyimlerini, bu tür yapılar aracılığıyla mimarlık dünyasına tanıtmalarının ardından memler (Dawkins, 2019) devreye girmektedir. Böylece, seçim mekanizmasını harekete geçiren ve mimarlığın ontogenezi şekillendiren kültürel evrim süreci farklı bir mimarlık ürününde yaşamını sürdürmeye devam etmektedir. Tüm dünyanın neredeyse küresel bir köye dönüştüğü, günümüz iletişim çağında bu süreç geçmişe kıyasla çok daha hızlı işlemektedir (McLuhan ve Powers, 1989). Dördüncü endüstri devrimiyle beraber öklidyen geometriye dayalı mimari tasarımlar yerini kinetik, dinamik ve parametrik sistemlerle karakterize edilen genetik algoritmaya dayalı dijital mimariye bırakmıştır (Kolarevic, 2001). Çağdaş mimaride belirgin bir şekilde öne çıkan ve dijital olarak yönlendirilen tasarım süreçleri Soumaya müzesi gibi hiperbolik eğrisel yüzeylere sahip yapıların mekânsal ve arkitektonik etkilerinin nasıl çözüleceği sorunsalını da öne çıkartmaktadır. Bu nedenle, tasarım ve yapı üretim süreci bütüncül bir bakış açısıyla ele alınan Soumaya müzesinin nasıl tasarlandığının yanı sıra nasıl inşa edildiği noktasında büyük önem taşımaktadır. Hiperbolik geometri ve tektonikten ilham alan akışkan biçimli tasarımlarıyla tanınan mimar Fernando Romero, müze yapısında dinamik çift katmanlı yüzey oluşturan yamuk bir konturu rotasyona uğratmıştır. Tüm kamusal alanlar, giriş lobisinden başlayarak en üst kattaki gün ışığı alan büyük açık kat galerisine kadar uzanan bir dizi spiral rampa ile birbirine bağlanmaktadır.

Gökyüzüne doğru kıvrılarak yükselen yapısıyla aynı mekânsal kurguyu ve mimari kültürü yansıtan Soumaya müzesi tasarımı, Frank Lloyd Wright'ın ustalık eseri Guggenheim Müzesinin mimari ontogenezi ile örtüşmektedir (Şekil 6). Tasarımı 1943 yılında gerçekleşen, yapımı 16 yıl süren ve 2019 yılında 60. Yıl kutlamaları sırasında UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne dahil edilen Guggenheim Müzesi, Frank Lloyd Wright'ın başyapıtı olarak görülmektedir. Gridal kent planına sahip Manhattan'la tamamen zıt olan müzenin dramatik kıvrımları, iç mekanda atriyumu takip eden çarpıcı bir etki yaratmıştır. Geniş bir cam kubbeyle doğru yükselen devasa atriyumu çevreleyen, bir katın diğerine akmasına izin

veren sürekli rampa ve farklı seviyelerdeki insanların etkileşimine izin veren kesit tasarımıyla mimari bir simge haline gelmiştir (Şekil 7).



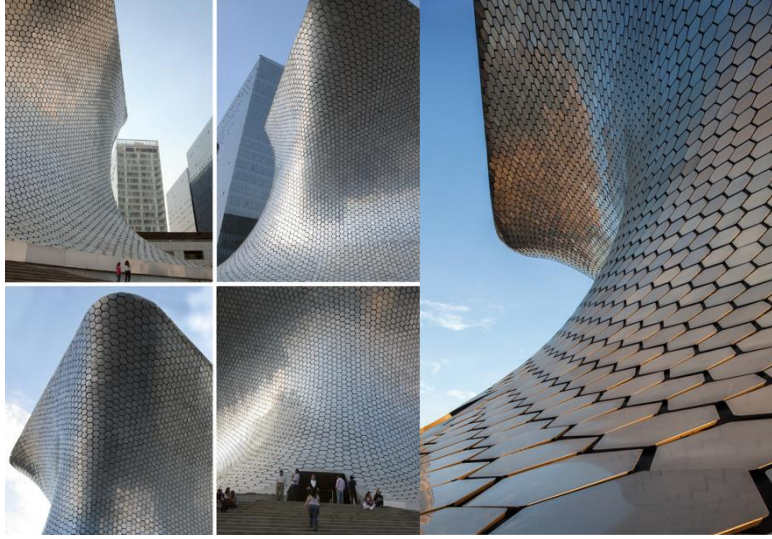
Şekil 6. Soumaya Müzesi (Sidelko, 2013)



Şekil 7. Guggenheim Müzesi (The Frank Lloyd Wright Building)

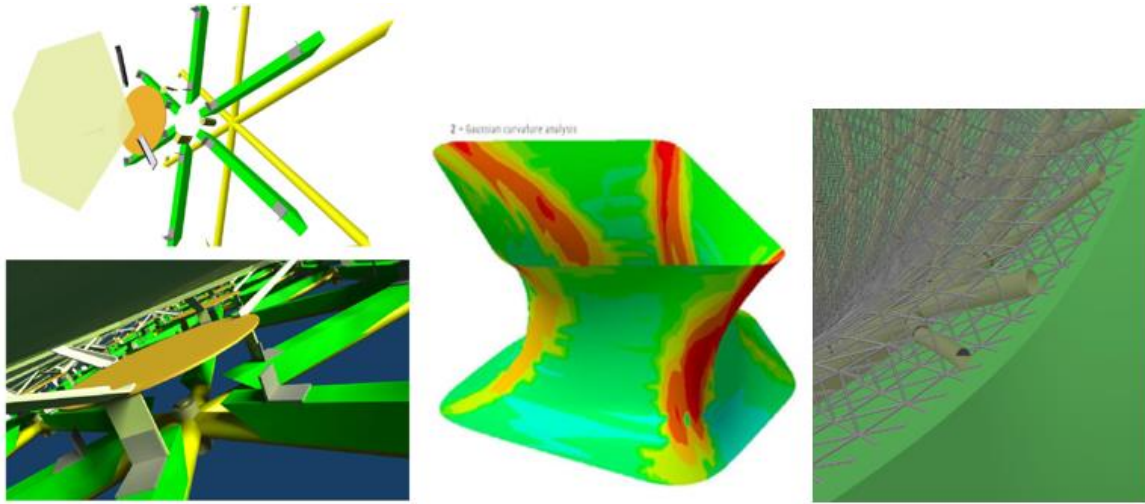
De Leon'a (2012) göre Meksika'lı yapı ustaları geleneksel olarak mekan, ışık ve malzeme konusunda derin bir anlayışa sahiptir. Taş, ahşap ve duvarcılık tarihsel olarak bu dilin temel maddi unsurları olmuştur ve bununla beraber Meksika'nın benzersiz ve zorlu zemin koşullarının bir sonucu olarak, zaman içerisinde karmaşık bir yapı mühendisliği bilgisi gelişmiştir. Fernando Romero için zorluk, yalnızca bir projenin inşasında veya mühendisliğinde değil, aynı zamanda bir iş birliği kültürünün yaratılmasında yatmaktadır (De Leon, 2012). Bu noktada Mimarların, alışılmamış yeni bir bina formunun inşa edilebilmesi için tasarım bilgilerini nasıl organize edebilmeleri ve ilgili taraflara iletebilmeleri çok büyük önem kazanmaktadır. Soumaya müzesinin cephelerini saran altıgen karoların böylesine zorlu bir formun arka planında oluşturulan bir stratejik düzenle gerçekleştirilmesinin Meksikalı bir tasarımcı için tesadüf olmadığı görülmektedir. De Leon'un (2012) belirttiği üzere Meksikalı yapı ustalarının kültürel evrim sürecinin mimarlık alanında gerçekleşme sürecine olan katkılarının sonucudur. Kültürel değerlerin bireyin herhangi bir aileye doğumuyla şekillenmeye başladığını, eğitim süreci ve çalışma hayatıyla beraber direnç kazanmaya başladığını araştırmalarıyla ispat eden Hofstede (2001) ve memlerin kaşifi Dawkins'in (2019) kültürel evrim teorileri, mimarlık eğitim süreci de dahil olmak üzere çoğu yaşamını doğduğu topraklarda sürdüren Meksikalı bir aileye mensup Fernando Romero'nun müze tasarımında oldukça belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Dolayısıyla, Soumaya müzesinin ontogenezinin meydana getiren ve Romero'nun mimari tasarım alanındaki kültürel evrimini gerçekleştiren seçim mekanizması "zorluk" ve "duvarcılık" gibi iki anahtar faktörle beraber doğal olarak Meksikalı yapı ustalarından kaynaklanmaktadır. Romero, müze cephelerini oluşturan altıgen karolar (alüminyum altıgen kaplama paneller) ile Meksika yapı kültürünün temel elemanlarından biri olan geleneksel duvar örgü malzemesine gönderme yaparak kültürel bir köprü oluşturmaktadır (Şekil 8).





Şekil 8. Müze Cephesinden altıgen panellerin görünümü (Cruz, 2013; Zwicker, 2018)

Hiperbolik geometriye dayalı çağdaş mimari yapısıyla Soumaya müzesinin ontogenezini şekillendiren bir diğer faktör Latin Amerikan mimari kültüründen kaynaklanmaktadır. Bir zamanlar Latin Amerika'da yaygın olarak yaşanan mimarideki eğrisel formlar, 1939 New York Dünya Fuarı Brezilya Pavyonu ve ardından 1943 New York Modern Sanat Müzesi (MoMA) Latin Amerikan mimari sergileri ile zaman içinde dünyanın her yerinden tasarımcılarla buluşmuştur (Del Real, 2007). Böylece Latin Amerikan mimarisinin hayranlık uyandıran eğrisel geometrileriyle sanatsal özellikler sergileyen arkitektonik tasarımlar uluslararası mimarlık dünyasına tanıtılmıştır. Latin Amerikan mimari kültürünün kalıtsal izlerini taşıyan ve Latin Amerikan kültürünün önemli bir parçası olan Meksika mimarisinin ontogenezi müzenin alışılmışın dışında bir formda tasarlanmasının arkasında yatan nedenlerden biri olarak görünmektedir.

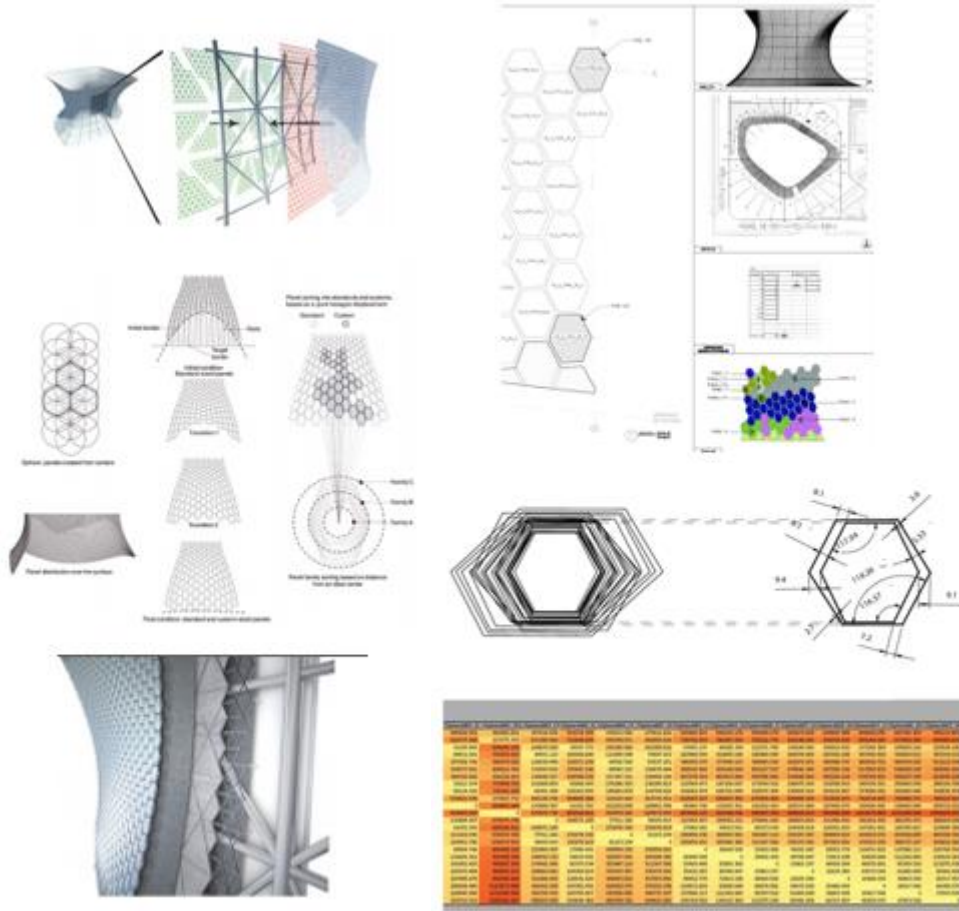


Şekil 9. Çift katmanlı cephe detayı (Sidelko, 2013)

Soumaya müzesinin cephesini oluşturan panelizasyon sistemi, çift eğimli bir yüzey üzerinde düzlemsel altıgen panellerin imalat ve montaj sırasında büyük miktarlarda benzersiz bileşenlerin azaltılması için kümelendirme

yöntemini içermektedir. GT, rasyonel bir geometrik strateji aracılığıyla karmaşıklığın azaltılması ve müzenin inşa edilebilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahip sonlu bir kurallar dizisi tarafından yönlendirilmektedir. Altıgen panelleri destekleyen çift katmanlı üçlü yapıya sahip cephenin en keskin eğimli bölgelerini gösteren aksonometrik çizimde yeşil ve kırmızı renk ayrımıyla ifade edilmektedir (Şekil 9).

Rasyonelleştirme, uzunlukların izometrilere ve açıların uyumunu korurken, altıgen düzlemsel panelleri çift eğri bir yüzey üzerine haritalamak için parametrik modelleyici bir küre paketleme algoritmasının kullanımını içeren bir geometrik strateji kullanılmıştır. Aynı boyuttaki dairelerin üçgen konfigürasyonları altıgen kesişim desenleri üretmektedir. Her düğüm, tek bir altıgen panelin ağırlık merkezini tutmaktadır (Schiftner vd., 2009). Cephe tasarımı için kurgulanan geometrik strateji, mimari ontogenezin kalıtsal izlerini taşıyan dairelerin kesişimi ve altıgen desenleri, doğadaki dokuların veya hücrel kümelerin oluşumuna benzemektedir. Cephenin serbest biçimli yüzeyi ile kesişen analitik küre yüzeyleri sayesinde üretilen iç açılı 60 derece ve kenarları eşit olan altıgen panellerdeki ölçülebilir bozulmalar kabul edilebilir bir eşğin altındadır. Panelden panele boşluk eklenmesiyle boyutsal farklılıkları gizlenen ve üretim karmaşıklığını büyük ölçüde azaltan 16.000 benzersiz panel 49 kümeleme algoritmasının kullanımı ile ana tasarım yüzeyine daha sadık altıgen örgünün uyumlu bir haritalamasını üretmektedir (Şekil 10). K-ortalama kümeleme algoritması, benzerliklerini ölçerek gruplara indirgenen çok sayıda benzersiz bileşeni uygun bir şekilde azaltmak için kullanılmaktadır (De Leon, 2012).



Şekil 10. Küre yarıçapı optimizasyonu ve panel organizasyonu (Romero ve Ramos, 2013; Sidelko, 2013)

Yapılı çevrenin oluşumunda rolü olan tasarımcıların soy kütüğüne mercek tutan Van der Ryn (2013) ekolojik tasarım felsefesini kültürel evrim retrospektifi ile açıklamaktadır. Sürdürülebilirlik kavramına yönelik öncü fikirleriyle tanınan araştırmacı, mevcut ve gelecek nesiller için binaları iklim, toprak ve yerdeki köklerine yeniden bağlamamız gerektiğini savunmaktadır. Tasarım (Teknoloji), kültür ve doğa arasında yaşayan bir bağ olduğunu, mimari tasarımın

en önemli misyonunun kültür ve doğa arasında aracılık yaparak dönüştürücü bir deneyime izin vermek olduğunu ifade etmektedir (Van der Ryn, 2013).



Şekil 11. Farklı açılardan müzenin görünümü (Romero ve Ramos, 2013; Cruz 2013)



Şekil 12. Rodin Heykeli & Soumaya Müzesi (FR-EE)



Şekil 13. Müzenin parıldayan cephesi (Bianchini,2019)

Mimari tasarım ve yapı üretim süreci ile mimarlığın bilinen tasarım paradigmalarının yeniden sorgulanmasına neden olan Soumaya müzesi bugünün mimarisinde teknolojinin ne kadar etkili olduğunu göstergesidir. Plaza Carso'daki sosyal hayatın bir parçası olarak tasarlanan müze, yaygın olarak kullanılan kent ekseninde açık alanlarıyla da kentsel bir mekân deneyimi yaratmaktadır (Şekil 11). İç-dış mekânı birbirinden ayıran kavisli yüzeylere sahip yapı kabuğu, kentin kullanıcılarına her açıdan farklı kesit ve manzaralar sunmaktadır. Latin Amerikan mimarisinin kıvrımlı



çizgilerinden oluşan kültürel mirasına sahip kalan Romero'nun, bu anlamda Soumaya müze binasını sergilenen bir sanat eseri olarak gördüğü anlaşılmaktadır (Şekil 12).

Mimaride eğrisel formların insan psikolojisi üzerinde olumlu etkiler yarattığına dair sonuçların yer aldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Banaei vd., 2020; Vartanian vd., 2019; Madani Nejad,2007). Müze kentsel konumu nedeniyle eğrisel formda cephesine yansıttığı hava durumuna göre değişen görsel etkilerle, insanların günlük rutininin bir parçası olarak ilgi görmektedir. Latin Amerikan mimarisinin yaşayan ve devam eden yaratıcı süreci, Rodin Heykelinden ilham alınarak yola çıkılan tasarım serüveni Gehry Teknolojisi yardımıyla yapıyı tamamlayan ve gelecek kuşaklara yeni değerler bırakan Soumaya müzesinde gözlenmektedir (Şekil 12). Mimarlık teorisi kapsamında, mimari fenomenlerin gözlemlenmesinin kapalı, statik ve soyut olduğu düşünülse de, bu yaklaşım sayesinde, tasarım sanatının yalnızca nihai, donmuş etkisini değil, gerçek doğasını da yakalamak mümkündür. Parıldayan alüminyum altın kaplama ile tamamlanmış Soumaya müzesinin görünümünün ardında (Şekil 13) bütün bunlar, tasarımcının müze yapısını ortaya koyarken kentin kullanıcısı ile kültürel değerleri arasında bir köprü oluşturması gerektiğine inandığının açık bir göstergesidir.

## SONUÇ:

Mimarlığın ontogenezinin temellerine dayanan ve benimsenen bio-arkitektonik araştırma perspektifi ile yürütülen araştırmanın sonuçları, mimarının yaşayan, devam eden yaratıcı bir süreç olduğunu göstermektedir. Halihazırda bulunanlardan yararlanan ve geride yeni değerler bırakan bir süreç olan mimaride, doğrudan organizmanın biyolojik yapılarından ve dünyadaki insan işleyiş biçimlerinden türetilen, daire, sınır, boşluk, iç-dış, parça, bütün gibi göstergebilimsel kalıpların evrensel modelleri yer almaktadır. Bu mimari fenomenler, zamansal ve uzamsal süreklilik içerisinde dönüşüm gösteren yaşayan, dinamik bir sürecin özüdür. Bu süreç zaman içinde basit bir fenomen birikiminden daha çok iki karşıt güç arasındaki sürekli bir çatışmadır - değişimi engelleyen güç (gelenek, rutin, katı kalıplar, korku, yoksulluk vb.) ve değişimi teşvik eden güç (teknolojik ilerleme, merak, açıklık, devrimci görüşler, bir şeye tepki). Bu mücadelenin sonucu, eski alışkanlıkların ya da tarih karşıtlığının yeşermesine dönüşmektedir. Bu değişim çarkının devamında yeni tektonik ürünler devreye girmekte ve diğer benzer süreçlerin bir unsuru haline gelmektedir. Daha fazla veya daha az kültürel plastisite ve değişikliklerin emilmesine karşı duyarlılık ile karakterize edilen topluluklar ve aynı zamanda endüstri devrimi gibi tarihsel dönemler vardır. Mimarlığın diğer bilim dallarıyla olan iletişim yeteneği ve evrensel etkileşimin yanı sıra malzeme ve teknolojik gelişimdeki sonsuz bilginin emilimi günümüz koşullarında eskiye oranla çok daha hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Hızlı iletişim ağ sistemlerinin varlığı, toplumlar arasındaki etkileşim ve bilgi alışverişi nedeniyle mimarlığın ontogenezini etkileyen kültürel evrim de daha hızlı değişen bir çeşitliliğe sahip olmaktadır.

Parametrik tasarım örneklerinin gittikçe yaygınlaşması mimarların malzeme bilimi ve bilgisayar destekli üretim disiplinleriyle daha fazla koordinasyon içerisinde çalışmalarına neden olmaktadır. Mimariyi tarih boyunca şekillendiren önemli unsurlardan biri olan yapı üretim araçlarıyla mimarlık arasındaki ilişki, tasarım, imalat, inşaat süreçlerinin dijital dönüşümünü bu noktada doğal olarak kaçınılmaz kılmaktadır. Yapının biçimsel kurgusu ile taşıyıcı sistem tasarımı arasındaki bu gerilimli ilişki, mimarlık ve mühendislik meslek grupları arasındaki farkın daha da netleşmesine sebep olmaktadır. Soumaya müzesinin tasarım ve yapı üretim sürecinin planlanmasında uygulanan rasyonelizasyon stratejisi strüktürel sistemin üretimini de gerçekleştirmektedir. Havacılık ve otomotiv gibi diğer endüstrileri alanlarında yaşanan disiplinlerle arası dönüşümün, çağdaş mimari tasarım ve inşaat endüstrisinde de mekan tasarımı ile taşıyıcı sistem kurgusu arasında eşgüdüm sağlayacak yeni meslek profillerinin oluşmasına neden olacağı öngörülmektedir.

## Etik Standart ile Uyumluluk

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**Etik Kurul İzni:** Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

**Finansal Destek:** Yoktur.



## KAYNAKÇA:

- Banaei, M., Ahmadi, A., Gramann, K. ve Hatami, J. (2020). Emotional evaluation of architectural interior forms based on personality differences using virtual reality. *Frontiers of Architectural Research* 9.1, 138-147.
- Basalla, G. (1988). *The evolution of technology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bianchini, R. (2019). Museo Soumaya Plaza Carso, Mexico City, <https://www.inexhibit.com/mymuseum/museo-soumaya-plaza-carso-mexico-city/> Erişim 03 Mayıs 2021.
- Castañeda, E., Lauret, B., Lirola, J. M. ve Ovando, G. (2015). Free-form architectural envelopes: Digital processes opportunities of industrial production at a reasonable price. *Journal of Facade Design and Engineering*, 3(1), 1-13.
- Choi, T. I., Na, H. J. ve Kim, J. W. (2015). A Study on Freeform Optimization using BIM Technology. *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*.
- Cruz, D. (2013). Soumaya Museum / FR-EE Fernando Romero Enterprise, <https://www.archdaily.com/452226/museo-soumaya-fr-ee-fernando-romero-enterprise> Erişim 03 Mayıs 2021.
- Dawkins, R. (2019). *Gen Bencildir; The Selfish Gene*. Kuzey Yayınları, ISBN 978-9944-315-79-1.
- De Botton, A. (2010). *Mutluluğun Mimarisi (The Architecture of Happiness)*. Vintage Books: İstanbul, Turkey, ISBN 978-975-570-305-3.
- De Leon, A. P. (2012). Rationalisation of Freeform Facades, in T Fischer, K De Biswas, JJ Ham, R Naka and WX Huang (eds), *Beyond Codes and Pixels: Proceedings of the 17th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA (Hong Kong)*, pp 243–52.
- Definition of genesis noun from the Oxford Advanced Learner's Dictionary. Erişim 12 Temmuz 2021. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/genesis?q=genesis>
- Del Real, P. (2007). Building a continent: MoMA's Latin American Architecture Since 1945 Exhibition. *Journal of Latin American Cultural Studies* 16.1, 95-110.
- Falbel, A. (2018). Immigrant architects in Brazil: old and new tools for a historiographical discussion, *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, <http://journals.openedition.org/craup/479> Erişim: 20 Haziran 2020.
- Fischer, T. (2007). Rationalising bubble trusses for batch production. *Automation in construction* 16.1, 45-53.
- Fletcher, B. (2010). *History of Architecture on the Comparative Method, for the Student*. Nabu Press, ISBN10: 1147027226.
- Frazer, J. (2002). *A natural model for architecture: the nature of the evolutionary model 1995*. Cyber Reader Critical Writings for the Digital Era, Phaidon Press Limited: London, UK, pp.246-255.
- Frearson, A. (2011). Museo Soumaya by FREE Fernando Romero Enterprise, <https://www.dezeen.com/2011/04/28/museo-soumaya-by-free-fernando-romero-enterprise/> Erişim 14 Haziran 2020
- FR-EE, Fernando Romero Enterprise, <https://fr-ee.org/> Erişim 12 Haziran 2021.
- Glymph, J., Shelden, D., Ceccato, C., Mussel, J. ve Schober, H. (2004). A parametric strategy for free-form glass structures using quadrilateral planar facets. *Automation in construction*, 13(2), 187-202.
- Griffiths, D. (2016). *The Age of Analogy: Science and Literature between the Darwins*; JHU Press: Baltimore, MD, USA.
- Groenendijk, R. (2019) *The Digital Influence on Architecture: On how computer aided design and manufacturing technologies influenced architectural design*, 4153588, History Thesis, January 28th 2019, Tutor: Tino Mager
- Hasol, D. (1993). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. YEM Yayınları, Beşinci Baskı, İstanbul.

- Hofstede, G. (2001). Culture's Consequences: Comparing Values, Behaviors, Institutions, and Organizations Across Nations. Sage Publications, London, UK.
- Holland, J. H. (1992). Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Issawi, C. (1994). Ibn Khaldun on ancient history: A study in sources. Princeton Papers in Near Eastern Studies, 3, 127-150.
- Jencks, C. (2000). Jencks's theory of evolution: An overview of twentieth-century architecture. Architectural review 208. 76-79.
- Julier, G. (2000). The Culture of Design. Sage Publications Ltd. London, UK.
- Kolarevic, B. (2001). Designing and manufacturing architecture in the digital age. Architectural Information Management, 2001117- 2001123.
- Lang, J. (1987). Creating Architectural Theory: The Role of the Behavioral Sciences in Environmental Design. Van Nostrand Reinhold: New York, NY, USA.
- Leach, A. (2013). What is Architectural History? John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA.
- Madani Nejad, K. (2007). Curvilinearity in architecture: Emotional effect of curvilinear forms in interior design. Doctoral dissertation, Texas A&M University.
- McLuhan, M. ve Powers, B. R. (1989). The global village: Transformations in world life and media in the 21st century. Communication and society.
- Merriam-Webster.com Dictionary, Merriam-Webster. "Ontogenesis." Erişim 12 Temmuz 2021. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/ontogenesis>
- Micheli, S. (2016). Between History and Design: The Baroque Legacy in the Work of Paolo Portoghesi. In The Baroque in Architectural Culture, 1880-1980 (pp. 207-222). Routledge.
- Mokyr, J. (1991). Evolutionary biology, technological change and economic history. Bulletin of Economic Research 43, 127-149.
- Osmanlı Torunundan Müze", Hürriyet, 04.03.2011, Erişim 14 Haziran 2020, <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/osmanli-torununudan-muze-17181417>
- Oxford English and Spanish Dictionary, "Meaning of ontogenesis in English", Erişim 12 Temmuz 2021. <https://www.lexico.com/definition/ontogenesis>
- Özkartal, M. Z. (2011). "Kökenimle her zaman gurur duydum", Milliyet, 09.05.2011, Erişim 14 Haziran 2020. <https://www.milliyet.com.tr/gundem/kokenimle-her-zaman-gurur-duydum-1387725>
- Park, J. H. (2005). Early Shape Morphing: the Metamorphosis of Polygons in Antoni Gaudi's Sagrada Familia Cathedral and Le Corbusier's Firminy Chapel. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 4(1), 25-30.
- Pauls, E. P. (2020). "Cultural evolution." Encyclopedia Britannica, August 3, 2020. <https://www.britannica.com/topic/cultural-evolution>. Erişim 3 May 2021.
- Philippou, S. (2013). Oscar Niemeyer: 1907-2012. arq: Architectural Research Quarterly, 17(1), 9-14. doi:10.1017/S1359135513000304
- Raventos-Pons, E. (2002). Gaudi's architecture: A poetic form. Mosaic: A Journal for the Interdisciplinary Study of Literature, 199-212. <http://www.jstor.org/stable/44029973>
- Romero, F. ve Armando R. (2013). Bridging a culture: The design of museo soumaya. Architectural Design 83.2, 66-69.
- Schiftner, A., Höbinger, M., Wallner, J. ve Pottmann, H. (2009). Packing circles and spheres on surfaces. In ACM SIGGRAPH Asia 2009 papers, pp. 1-8.

- Schumacher, P. (2011). Architecture schools as design research laboratories. In *Total Fluidity* (pp. 8-131). Springer, Vienna.
- Sidelko, J. (2013). *Museo Soumaya: Facade Design to Fabrication*. Lulu. com, ISBN 9781622098507
- Stiny, G. (2006). *Shape: Talking about seeing and doing*. MIT.
- The Frank Lloyd Wright Building, <https://www.guggenheim.org/the-frank-lloyd-wright-building> Erişim 03 Mayıs 2021.
- Tobolczyk, M. (2020). *The Art of Building at the Dawn of Human Civilization: The Ontogenesis of Architecture*. Cambridge Scholars Publishing.
- Van der Linden, J., De Lacerda, A. P. ve De Aguiar, J. P. O. (2011). The Evolution of Design Methods. Conference: 9th International Conference of the European Academy of Design, Porto (Portugal) [https://www.researchgate.net/publication/273704768\\_The\\_evolution\\_of\\_design\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/273704768_The_evolution_of_design_methods)
- Van der Ryn, S. (2013). *Culture, architecture and nature: an ecological design retrospective*. Routledge, ISBN 9780415839679.
- Vartanian, O. N., Gorka C., Anjan F., Lars B. L., Helmut M., Cristián R., Nicolai S., Martin C. ve Guido Nadal, M. (2019). Preference for curvilinear contour in interior architectural spaces: Evidence from experts and nonexperts. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 13(1), 110–116.
- Vitruvius. (1990). *Mimarlık Üzerine On Kitap - Vitruvius the Ten Books on Architecture*. Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, Çeviren: Suna Güven.
- Werritty, A. (2010). D'Arcy Thompson's 'On Growth and Form' and the rediscovery of geometry within the geographic tradition. *Scottish Geographical Journal*, 126(4), 231-257.
- Wilkinson, P. (2018). *Gerçekten Bilmeniz Gereken 50 Mimarlık Fikri*. Domingo Yayınevi, ISBN 9786054729555.
- Zwicker, D. A. (2018). *Museo Soumaya has a Secret*, <https://www.geometrica.com/en/latestnews/soumaya> Erişim 03 Mayıs 2021.