

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARİ TASARIMDA TOPOLOJİ

Mimar Meryem TARIM

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Meral ERDOĞAN (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı.....	1
1.2 Araştırmanın Kapsamı.....	1
1.3 Araştırmanın Yöntemi.....	1
2. TOPOLOJİ.....	2
2.1 Matematikte Topoloji.....	8
2.2 Bilgisayar Bilimlerinde Topoloji ve Tipleri.....	11
2.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Topoloji.....	16
3. TOPOLOJİNİN TASARIM OLGUSU ve MİMARLIKLA İLİŞKİSİ.....	18
3.1 Bilgisayar Teknolojilerinin Mimari Tasarıma Etkileri ve Topoloji İlişkisi.....	22
3.1.1 Animasyon Teknikleriyle Topolojik Tasarım ve Dinamik Mekana Geçiş.....	30
3.2 Mimari Tasarımda Topoloji.....	33
3.2.1 Güç Alanları Altında Topolojik Formların Mimari Mekana Dönüşümleri.....	38
3.2.1.1 Bleb.....	42
3.2.1.2 Blob.....	44
3.2.1.3 Fold.....	46
3.3 H2O Expo, Hollanda, 1997, NOX.....	49
3.4 Deneysel Müzik Evi, Washington, 2000, Frank O. Gehry.....	50
4. MİMARİ TASARIMDA TOPOLOJİK OPTİMİZASYON.....	53
4.1 Optimizasyon Yöntemleri.....	57

4.1.1	Düzgün Dağılım Yöntemi	58
4.1.2	Yoğunluk Yöntemi	58
5.	SONUÇLAR.....	60
	TERİMLER SÖZLÜĞÜ.....	63
	KAYNAKLAR.....	65
	İNTERNET KAYNAKLARI	
	a)Referans İnternet Kaynakları.....	68
	b)Başvuru İnternet Kaynakları.....	69
	ÖZGEÇMİŞ.....	70

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Topolojik olarak eşdeğer şekiller	4
Şekil 2.2 Topolojik dönüşüm	5
Şekil 2.3 Topolojik dönüşümde lineer sıralama	5
Şekil 2.4 Topolojik dönüşümde dairesel sıralama.....	6
Şekil 2.5 Metro duraklarının topolojik yaklaşımla gösterimi	6
Şekil 2.6 Dikdörtgen formundan oluşturulan Klein şişesi ve Mobius şeridi.....	7
Şekil 2.7 Klein şişesi ve Mobius şeridi	8
Şekil 2.8 Topolojik olarak bir dairenin kareye dönüşümü	8
Şekil 2.9 Bilgisayar ağları üzerindeki bus topolojisi	12
Şekil 2.10 Bilgisayar ağları üzerindeki ring topolojisi	13
Şekil 2.11 Bilgisayar ağları üzerindeki star topolojisi.....	14
Şekil 2.12 Bilgisayar ağları üzerindeki mesh topolojisi	14
Şekil 2.13 Bilgisayar ağları üzerindeki fiziksel bus topolojisi	15
Şekil 2.14 Haritayı görüntülenmesinde kullanılan gerekli asgari veri tabloları	17
Şekil 3.1 Sanal gerçeklik ortamı	25
Şekil 3.3 NURBS eğrilerinin oluşturduğu NURBS yüzeyler	28
Şekil 3.4 NURBS bazlı CAD yazılımları.....	29
Şekil 3.5 Araç ve insan trafiğinin animasyon teknikleriyle modellendiği rampalar.....	34
Şekil 3.6 Frank Lloyd Wright'ın yaptığı tasarımlarının topolojik özelliklerini gösteren diyagramlar ve plan şemaları.....	34
Şekil 3.7 Guggenheim Müzesi, Frank O.Gehry	35
Şekil 3.8 Dijital ortamda tasarlanmış topolojik çalışmalar	36
Şekil 3.9 Mobius Ev	41
Şekil 3.10 Berlin Yahudi Müzesi cephesinde kullanılan algoritmik alfabe.....	42
Şekil 3.11 Greg Lynn-Alessi prototipleri.....	42
Şekil 3.12 Bleblerin oluşum şeması.....	44
Şekil 3.13 Ofis iç tasarımı, Greg Lynn, yarışma projesi Mart 2001	45
Şekil 3.14 Blob'un üç boyutlu modeli	46
Şekil 3.15“Blob” ların Stylianos Dritsas tarafından (MIT 2003) yapılmış görsel tanımlaması.....	46

Şekil 3.16 Embriyolojik ev, Greg Lynn	47
Şekil 3.17 Foldların oluşumu	48
Şekil 3.18 Alteka ofis binası süreç çizimleri	48
Şekil 3.19 BMW Merkez Binası Tasarımı, 2001–2002	49
Şekil 3.20 H2O Expo, Hollanda	51
Şekil 3.21 Deneysel Müzik Evi	52
Şekil 4.1 Tasarımda optimizasyon sürecini gösteren şema	55
Şekil 4.2 Çelik bir kirişin form optimizasyonu sonucu elde edilen şekil değişimleri	57
Şekil 4.3 Şekil 4.2’deki çelik kirişin topoloji optimizasyonu (FEA testleri) ile elde edilen yeni şekli	57
Şekil 4.4 Sınır Şartları	60

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Formların topoloji, süreklilik, farklılık kavramları ile ilişkili örnekleri (a, b, c, d, f).....	38
Çizelge 3.2 ‘Topoloji’ kavramına ilişkin incelen diğer örnekler.....	53

ÖNSÖZ

Bilgisayarların mimari tasarıma girmesiyle yeni mekan anlayışları ve yeni kavramlar ortaya çıkmıştır. Bu kavramlardan biri olan ‘topoloji’ kavramı bu tezin ana konusunu oluşturmaktadır. Tez kapsamında mimarlıkta topoloji kavramı incelenmiş ve bu kavram çerçevesinde değişen mimari form ve mekan kurguları örneklerle ortaya konmuştur.

Bu tezi hazırlarken bana destek olan tez öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum sevgili hocam Doç. Dr. Meral Erdoğan ‘a, Bilgisayar Ortamında Tasarım Bilim Dalı üyelerine, lisans ve lisansüstü eğitimimde emeği geçen tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca sevgili ailem ve dostlarıma bana destek oldukları için teşekkür ederim.

ÖZET

Bilgisayarlar mimari tasarımda giderek gelişen teknolojiler ve yazılımlar sayesinde temsil ve görselleştirmenin yanı sıra 1990'lardan sonra tasarımı geliştirme amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Mimariye giren bu yeni teknolojiler mimaride yeni formların ve yeni mekan anlayışlarının doğmasına neden olmuşlardır. Tezin amacı mimari tasarımda giderek gelişen bu yeni mekan anlayışlarını topoloji kavramı çerçevesinde ortaya koymaktır.

Birinci bölüm giriş bölümüdür. Giriş bölümünde tezin amacı, kapsamı ve yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde; topoloji kavramının farklı disiplinlerdeki tanımları üzerinde durulmuştur. Topoloji kavramının alt tanımlamaları yapılmış ve örneklerle açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde; topolojinin tasarım olgusu ve mimarlıkla olan ilişkisi incelenmiştir. Konu, topoloji ve dijital tasarım teknolojileri bağlamında Güç Alanları Altında Topolojik Formların Mimari Mekana Dönüşümleri, Bilgisayar Teknolojilerinin Mimari Tasarıma Etkileri ve Topoloji İlişkisi, Animasyon Teknikleriyle Tasarım ve Dinamik Mekana Geçiş başlıkları altında incelenerek mimarlıkta beliren yeni form ve mekan kurguları bu bölüm altında ortaya konmuştur.

Dördüncü bölümde; mimari tasarımda topolojik optimizasyon kavramı açıklanmıştır. Topolojik optimizasyon süreci, bu süreç boyunca kullanılan analiz programları ve topolojik optimizasyon yöntemleri açıklanmıştır.

Son bölümde; tez bütününden elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: topoloji, topolojik formlar, dijital tasarım teknolojileri, topolojik optimizasyon

ABSTRACT

Computers have been used not only representing and visualizing but also developing the design after 1990s with the improvement of their technologies and design programs. The new technologies go in to the architecture occur new forms and new space comprehensions. The objective of the thesis is to define a framework for new space comprehensions in architectural design with topology.

The first chapter is introduction part. In this part some information about the objective, scope and method of the thesis is given.

The second chapter covers the context of topology in which the other disciplines consist of the conceptual meaning of topology. The sub-definitions of the topology are given with examples in this part.

The third chapter covers an investigation about the relation of design, architecture and topology. With the context of topology and digital design technologies Under Forces The Changes of Topological Forms into Architectural Spaces, Animative Design titles are inspected with the examples of new space comprehensions of the architectural design .

The fourth chapter covers the topological optimization in architectural design. The process of optimization , the analysis programs used in this process and optimization methods are inspected in this part.

In the last part, the results of the thesis are presented.

Keywords: topology, topological forms, digital design technologies, topological optimization

1.GİRİŞ

1.1 Araştırmanın Amacı

İçinde bulunduğumuz bilgi ve teknoloji çağının göstergeleri haline gelmiş olan bilgisayarlar, toplumların sosyal, ekonomik, kültür, sanat ve üretim alanlarında gelişmelerine hız kazandıran araçlardan biridir. Bilgisayar teknolojilerinin mimari tasarıma girmesi ve kullanımının yaygınlaşmasıyla tasarım bilgisi dijital ortama taşınmış ve üç boyutlu dijital modelleme yazılımları ile karmaşık formlardan oluşan yeni mekan anlayışları ortaya çıkmıştır.

Araştırmanın amacı günümüzde mimari tasarımda yeni mekan biçimlenişlerini topoloji kavramı çerçevesinde araştırarak tasarım süreçlerini ortaya koymaktır.

1.2 Araştırmanın Kapsamı

Bu tezde incelenen konu bilgisayar teknolojilerinin mimarlıktaki yeni form anlayışlarına ve formların gelişim süreçlerine etkisidir. Bu nedenle topoloji kavramı esas inceleme alanı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda topoloji kavramının mimari tasarıma getirdiği yeni yaklaşımlar incelenmektedir.

1.3 Araştırmanın Yöntemi

Tez kapsamında topolojik formların mimariye yansımaları halen yürütülmekte olan çalışmalar üzerinden incelenmiştir. Bilgisayar ortamında tasarım yapan mimar ve tasarım gruplarının projeleri kavramsal bağlam içinde sunulmuştur.

Bu süreç içinde:

- Topoloji ve mimarlık ilişkisinin araştırılması için literatür taramasının yapılması (tezler, araştırma raporları, kitaplar, dergiler, internet kaynakları, yayınlanmış proje/yapı, sergi ve mimari gruplar)
- Belirlenen başlıklar altında örneklerin incelenmesine gidilerek verilerin toplanması,
- Verilerin karşılaştırılması, ilişkilendirilmesi ve yorumlanması,
- Sonuçların değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir.

2.TOPOLOJİ

Fransızca “topologie” kelimesinden gelmekte olan topoloji, kelime anlamı olarak, geometrik cisimlerin nitelikleriyle ilgili bağıl konularını biçim ve büyüklüklerinden ayrı olarak alıp inceleyen geometri dalıdır. Topoloji, bilginin kesinlik ilişkileri yerine göreceli ilişkiler içinde tanımlaması metodudur. [1]

Topoloji matematiğin bir dalıdır. Matematiksel olarak topoloji teoriler, grafiklerle ilişkilidir. Aynı zamanda topoloji, modern geometri olarak adlandırılmaktadır.

Topoloji, çağdaş matematiğin en hızlı gelişen ve yaygınlaşan alanlarından biri olarak bilinmektedir. En genel anlamda "esnek madde geometrisi" olarak tanımlanabilecek topolojide sadece noktalar kümesi anlamına gelmeyen ve esnek bir maddeden yapıldığı düşünülen objeler deforme edilerek birbirlerine dönüştürülebilir. Yırtmadan ve kesmeden, ezip büzerek ya da çekip genişleterek yapılan bu dönüşümü bir fonksiyon olarak düşünebiliriz ve buna da *homeomorfizm* denir. Bir karenin daireye, küpün piramide, bir torusun kahve fincanına, daha da ileri giderek bir noktası atılmış bir kürenin reel düzleme (R^2) *homeomorfik* olması gibi...

Topoloji, diğer bir tanımla köşeli olmayan şekillerin geometrisidir. Uzaydaki şekillerle de ilgilidir. Geometri katı formlarla ilgilenirken, topoloji esneyebilen formlarla ilgilenmektedir. Geometride iki form, yer değiştirme sonucunda birinden öbürüne geçebiliyorsa, eşittir; bu durumda nesne aynı kalmaktadır. Oysa topolojide, bir şamandıra ve bir fincan (kulplu) topolojik olarak eşdeğer yüzeylerdir; çünkü iki formdan birisinin kauçuktan yapıldığını varsayalım, ikincinin, kopmadan ya da yırtılmadan sürekli bir dönüşümle elde edilmesi tasarlanabilir. Bunlar, *homeomorf* (eş yapılı) iki şekildir.

1900’lerde Poincaré* (1854–1912) *homotopy* olarak adlandırılan bir objenin topolojik özelliklerini belirleyen formüller bütününe ortaya atmıştır. Özellikle, iki matematiksel formdan biri diğerine dönüşebiliyorsa bunlara da *homotopic formlar* demiştir.

*Matematikçi Henri Poincaré (1854–1912), potansiyel kuramı, ışık, elektrik, ısının iletilmesi, hidrodinamik, gök mekaniği, termodinamik gibi matematiksel fizik konuları ile olasılık teorsisi gibi matematik konularında birçok dersler vermiştir. Ayrıca otomorfik ve Fuchs fonksiyonları, diferansiyel denklemler, **topoloji** ve matematiğin temelleri hakkında makaleler yayımlamış, diferansiyel denklemlerin çözümü için genel bir yöntem bulmuştur. [2].

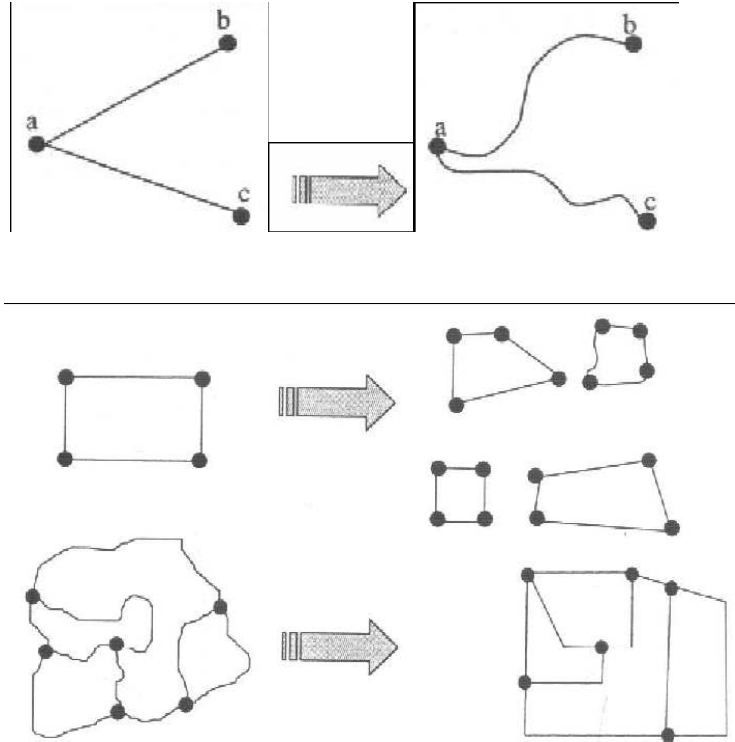
Grafik nesneler arasında temel olarak 3 farklı koordinat dönüşümünden bahsetmek mümkündür. Bunlar benzerlik dönüşümü, afin dönüşümü ve projektif dönüşümdür (Tüdeş ve Bıyık, 1994).

Benzerlik dönüşümünde, dönüşüm sonucunda elde edilen şekil, orjinal şeklin benzeridir. Sadece uzunluklar ölçek faktörü oranında değişerek şekilde büyüme ya da küçülme olur, açılar değişmez. Afin dönüşümde şekil dönüşümden sonra geometrik olarak bozulur ve açılar değişir. Ancak doğrular yine doğrudur, paralellik değişmez. Projektif dönüşüm, diğer dönüşümlere göre daha genel bir yöntem olup, iki düzlem arasında paralellik olup olmama durumuna ve izdüşümün merkezsiz ya da paralel olmasına bakılmaksızın dönüşüm yapılır.

Dönüşüm aynı zamanda geometrik nesneler arasındaki fonksiyonel bir bağıntıdır. Benzerlik dönüşümü için en az 4, afin dönüşümü için en az 6 ve projektif dönüşüm için en az 8 parametre için çözüm yapılması gerekir. Dolayısı ile benzerlik dönüşümünden, projektif dönüşüme doğru, bağıntılardaki bilinmeyen sayısı artmakta, sonuçta metrik geometri gittikçe daha fazla bozulmakta ve form gittikçe daha fazla bozulmaya uğramaktadır. Böylece sözkonusu her dönüşüm grubu ayrı bir geometriyi ortaya koymaktadır.

Bu üç dönüşümün ardından gelen ise topolojik dönüşümdür (Hacısalıhoğlu, 1998). Topolojik dönüşümlerde geometrik şekiller metrik özelliklerinden tamamen bağımsız olarak dönüşüme uğramaktadırlar. Nitekim topoloji, varlıkların metrik özelliklerinden çok birbirleriyle olan ilişkileri ile ilgilenen bir matematik dalı olarak tarif edilmiştir (Yomralıoğlu, 2000).

Geometrik şekillerin topolojik dönüşümler sonucu korunan özelliklerine topolojik özellikler denir. Bu özellikleri inceleyen bilim dalına topolojik geometri ya da sadece topoloji denir. Bir topolojik dönüşüm ile birbirine dönüştürülebilen iki şekil topolojik eşdeğer'dirler veya *homeomorfik*dirler denir ve her birine diğesinin topolojik resmi ya da *homeomorf*u denir (Hacısalıhoğlu, 1998). (Şekil 2.1).

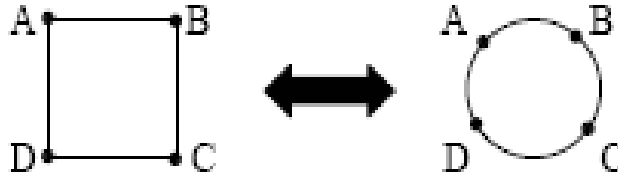


Şekil 2.1 Topolojik olarak eşdeğer şekiller (Batuk, Karaş 2005)

Topoloji, şekillerin büyüklük ve biçim özellikleri ile değil, şekil bozulmaları karşısında değişmeden kalan özellikleri ile ilgilenir (Yomralıoğlu, 2000). Topolojik dönüşümü daha kolay kavramak bakımından “Esnek yüzey” (rubber sheet) örneği verilmektedir. Buna göre geometrik nesnenin bulunduğu yüzey elastik bir sayfa olarak düşünülür. Katlamamak ve yırtmamak kaydı ile bu sayfayı istendiği kadar sündürmek, esnetmek ya da gevşetmek olanaklıdır. Bu işlem esnasında geometrik nesnenin alacağı her bir yeni şekil, bir diğerinin topolojik olarak dönüşüme uğramış halidir (Yaşayan, 2001).

Topolojik dönüşümler ile bir şeklin noktalarına başka bir şeklin noktaları karşılıklı getirilir; fakat metrik özelliklerin değil, metrik olmayan özelliklerin korunması önemlidir. Böylece şekiller değişmeye uğrarlar, ancak topolojik özellikleri korunur. Örneğin, bir karenin bir çember üzerine resmedilmesi veya tersine bir çemberin bir kare üzerine resmedilmesi birer topolojik dönüşümdür (Şekil 2.2). Burada dönüşüm birebirdir ve uzunlukları korumaz. Şekil deforme olmakta, bununla beraber şekiller üzerindeki noktalara ait sıralama korunmaktadır. Basit kapalı bir eğri olma

özelliği de korunur, nitekim kare ve çember kendi kendilerini kesmeyen birer eğridirler. Bütün topolojik dönüşümlerde basit kapalı şekiller yine kapalı şekil olarak kalmaktadırlar (Batuk, Karaş 2005).



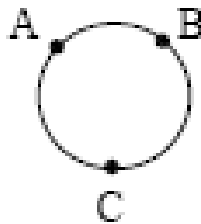
Şekil 2.2 Basit geometrik şekillerin topolojik dönüşümü (Batuk, Karaş 2005)

Şekil 2.3’de birbirinin topolojik eşdeğeri olan her iki çizgide de görüldüğü gibi, topolojik dönüşümlerde üzerindeki noktaların sırası, yani lineer sıralama korunur. Burada noktalar ABC ya da CBA sırasındadır denir. Fakat noktalar kesinlikle ACB, BCA, BAC, CAB şeklindeki sıralamalara uymazlar.



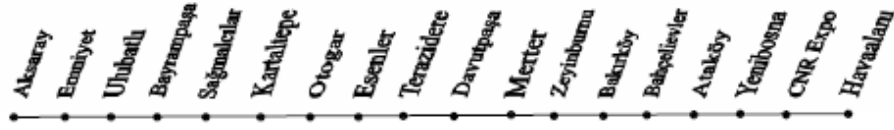
Şekil 2.3 Topolojik dönüşümde lineer sıralama (Batuk, Karaş 2005)

Bu kez aynı yürütme Şekil 2.4’de çember için yapılırsa, noktaların sıralamaları için ABC, BCA, CAB, CBA, BAC, ACB önermelerinin hepsi de doğru olacaktır. Dolayısıyla bir doğru ya da topolojik eşdeğeri olan bir şekil için üzerindeki 3 nokta için sadece iki sıra söz konusu olmasına rağmen, çember üzerindeki üç nokta için altı sıra söz konusudur. Lineer sıradan farklı olarak bu sıraya dairesel sıra denir ve tüm basit kapalı şekillerdeki sıralama daireseldir.



Şekil 2.4 Topolojik dönüşümde dairesel sıralama (Batuk, Karaş 2005)

Basit bir örnek olarak, yolcuları bilgilendirmek amacı ile metrolarda çıkış kapılarının üstündeki, durakların dizilişini gösteren şemalar aslında tamamen topolojik bir yaklaşımla oluşturulmuştur. Şekil 2.5'de de görüldüğü gibi, söz konusu olan sadece durakların sıralanışdır ve şema durakların aralığı ya da önceliği konusunda bilgi verir.



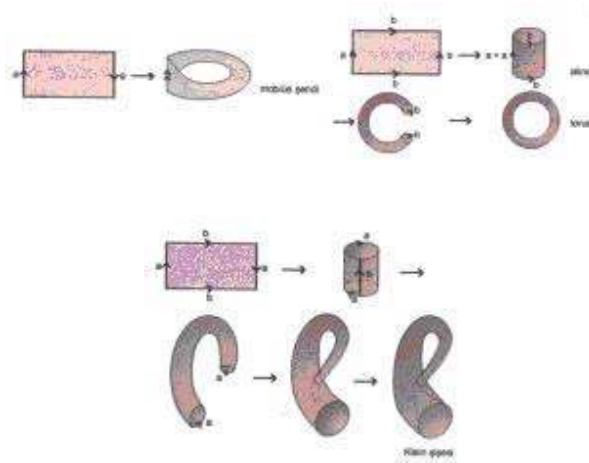
Şekil 2.5 Metro duraklarının topolojik yaklaşımıyla gösterimi (Batuk, Karaş 2005)

Bu şemada duraklar arasındaki mesafe, birbirlerine göre doğrultuları, yönleri yani metrik bilgilerin tamamı ihmal edilmiş ve metronun yol haritası topolojik bir dönüşüm geçirerek yukarıdaki hale getirilmiştir. Yine benzer şekilde, kapalı şekiller üzerindeki noktaların sıralanışı ile ilgili olarak, ring seferi yapan bir otobüs örneği göz önüne alınabilir.

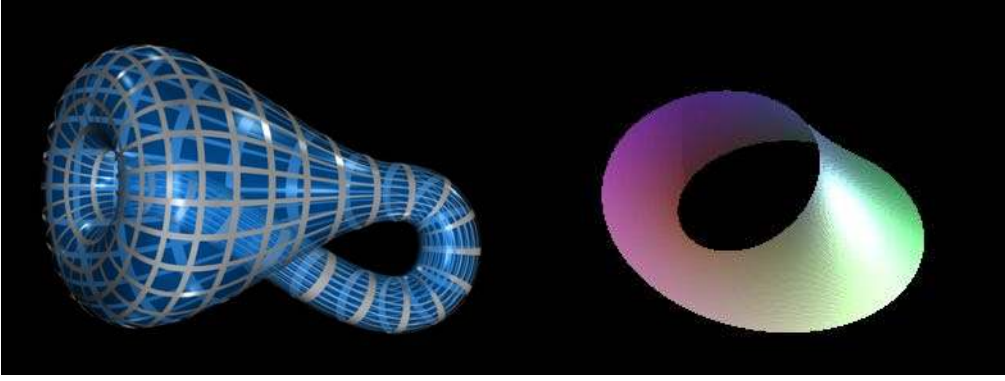
Topolojinin farklı ve birbirini tamamlayan iki görünümü vardır. Genel topoloji süreklilik, kenar, sınır gibi kavramlardan sorumludur; bu nedenle noktaların çevresinde bulunan nesnelerin, yani bunların komşuluğunun incelenmesini gerektirir. Bu genel topoloji kavramları, cebirsel yapılarla betimlenebilir, bu durumda cebirsel topolojiden söz edilmektedir.[3]

Topolojinin ne olduğunu kavramak için verilen tipik örnek saplı bir kahve kupasının dış yüzeyiyle bir *torus*un (simit biçimindeki form) dış yüzeyinin bir anlamda aynı olduğudur. Eğer kahve kupası ıslak kilden yapılmış olsaydı, sapına fazla dokunmadan kalan kısmını rahatlıkla eğip büküp ovalayıp düzleştirerek kupanın tümünü bir *torus* formuna sokulabilirdi. Topoloji için önemli olan nokta, karşılaştırdığımız bu iki yüzeyin her ikisinde de sadece bir delik olmasıdır. (Elbette tüm çamuru bir topak haline getirip bu delikten kurtulabilinir ama bu hareket sürekli olmadığı için topolojik değildir.) Burada kupanın içine doğru olan derinliğin ya da eğriliğin topolojik olarak hiçbir önemi yoktur.

Topolojik bakış insan algısını farklılaşmaktadır. Ele alınan nesneler ve bunların elde edilme yöntemleri bu yolla olağan dışı özellikler göstermektedir. Şekil 2.6’da görünen dikdörtgenler ok yönünde yapıştırıldığında altlarında yazılı olan formlar elde edilmektedir. Fiziksel anlamda bu işlemleri sonuçlandırmak genel olarak olanaksızdır. Bu yüzden düş gücünün yardımı çağırılması gerekmektedir. Bu yöntemle oluşan Möbius Şeridi, içi dışı olmayan bir nesnedir. Yani içi ve dışı aynı yüzeydir. Bir diğer örnek ünlü Klein Şişesi, iki Möbius Şeridi’nin yapıştırılmasıyla elde edilir; burada ‘iki Möbius Şeridi kenarlarından yapıştırılabilir mi?’ sorusu sorulabilir. Klein Şişesi için şekilde verilen yapıştırma yönüne dikkat edilirse şişenin kendini kesmemesi gerektiği görülmektedir. Fakat bunu üç boyutlu uzayda göstermek olanaksızdır. Klein şişesi dört boyutlu içi dışı olmayan bir nesnedir. Çizimde kendini keser gibi görüldüğü için algılaması zor olan bu durumu dikkatlice bakıldığında çözülebilmektedir.



Şekil 2.6 Dikdörtgen formundan oluşturulan Klein şişesi ve Möbius şeridi [3]

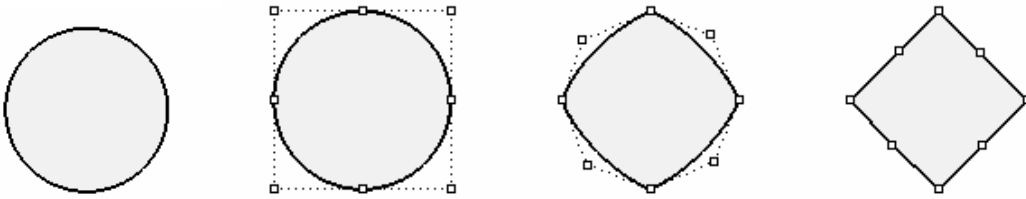


Şekil 2.7 Klein şişesi ve Mobius şeridi [3]

2.1 Matematikte Topoloji

Euklides geometrisine göre biçimleri döndürebilmek ya da hareket ettirebilmek olanaklıdır. Ancak biçimleri uzatmak veya bükmek o biçimi farklı bir biçime sokmak anlamına gelmektedir.

Euklides geometrisi içinde esnek olmayan (rijid) nesneler topolojik olarak esnek özelliklere sahip olabilirler. Bir daire, kare veya üçgen topolojik olarak eşit sayılmaktadır. Çünkü dairenin eğrisel yaylarını açarak köşeler ve kenarlar oluşturulabilir. Aynı zamanda bu kenarların tekrar eğriselleştirilmesiyle daire elde edilebilir. Bu iki aşama başta ve sonda birbirini ardına devam eden bir süreci göstermektedir.



Şekil 2.8 Topolojik olarak bir dairenin kareye dönüşümü (daire ve kare topolojik olarak eşittir) [4]

Alman matematikçi Gauss (1777–1855), son çalışmalarında dikkatini Dünya'ya çevirmiştir. Dört bin yıldır Dünya'nın kusursuz bir küre olduğu düşünülmüştür. Ancak Isaac Newton* (1643–1727), Dünya'nın yörüngesel hareketi gereği ekvator düzleminde bir bombenin var

olduğunu göstermiştir. Gauss**, Dünya'nın şeklini nasıl ölçebileceğini araştırırken 'Herhangi bir yüzeyin şekli, geometrinin normal kuralları ona hâlâ uygulanabiliyorsa ölçülebilir.' teoremine ulaşmıştır.[6]

2.000 yıl önce Yunanlı matematikçi Eukleides*** (M.Ö 365–275), bu kuralları belirlemiştir. Bunlardan biri, paralel doğruların uzunlukları ne olursa olsun kesişmeyeceğidir. Ancak Gauss, Eukleides'in paralel doğruların kesişmeyecekleri teoremini düz yüzeyleri göz önünde bulundurarak açıkladığını fark etmiştir. Top ya da gezegen gibi kıvrımlı yüzeylerde Eukleides yasası geçerliliğini yitirmekteydi. Zaten boylamların ekvatorda paralel olarak başlayıp daha sonra kutuplarda kesişmesi bunun en açık kanıtıdır.

Gauss'un bu yaklaşımı, Eukleides-dışı geometriye doğru giden yolda ilk adımıdır. Dolayısıyla, o güne kadar yürütülen tüm çalışmalar bir anlamda değerini yitirmiştir. Örneğin, Eukleides-dışı yüzeylerde, bir üçgenin iç açılarının toplamı artık 180 derece değildi ya da bir çemberin çevresi, çapıyla Pi sayısının çarpımına eşit değildi.

Gauss, bütün bunları içeren formülleri belirlemiştir. Bu bağlamda, haritacıların neden dünyanın mükemmel bir haritasını çizemeyeceklerini açıklamıştır. *Bir kürenin yüzeyi gerçek bir eğime sahiptir, dolayısıyla bu doğal eğimleri bilmeden haritanın ayrıntıları belirlenemez. Buna karşılık, bir silindirin eğimli yüzeyi mükemmel bir şekilde düzleştirilebilir.* [6]

*Isaac Newton (1643–1727) , matematik ve fizikte çok önemli buluşlar gerçekleştirmiştir. Matematikte $(a+b)^a$ ifadesinin üstel seriye açılımını veren genel iki terimli teoremini bulmuştur. Newton'un bilime en büyük katkısı mekanik alanındadır. Merkezkaç kuvveti yasası ile Kepler yasalarını birlikte ele alarak kütle çekim yasasını ortaya koymuştur. Newton hareket yasaları olarak bilinen eylemsizlik ilkesi, kuvvetin kütle ile ivmenin çarpımına eşit olduğunu ifade eden yasa ve etki ile tepkinin eşitliği fiziğin en önemli yasalarındandır. [5]

**Alman Matematikçisi Johann Karl Friedrich Gauss(1777–1855), Öklid'in aksiyomlarını değiştirerek bir Öklid dışı geometri geliştirmiştir. Matematiğin hemen her dalında çalışmalar yapmıştır. 1801'de aritmetiğin temel teoremini kanıtlamıştır[6].

***Eukleides (M.Ö 365–275) matematikçilerin içinde adı geometri ile en çok özdeşleştirilen kişidir. Geometrinin başlangıcından kendi zamanına kadar olan teoremleri Öğeler(Elementler) adını taşıyan kitabında toplamıştır. Eukleides derlemesinin tutarlı bir bütün olmasını sağlamak için, kanıt gerektirmeyen apaçık gerçekler olarak 5 aksiyom ortaya koymuştur. Eukleides geometrisi 19. yüzyılın başına kadar rakipsiz kalmıştır. Hatta 20. yüzyılın ortalarına kadar bile orta öğretimde geometri, Eukleides 'in öğelerine bağlı olarak okutulmuştur[7].

Bu nedenle, dünya haritalarında çok farklı modeller denenmekte ve aslında dünya yüzeyi eğimli olmasına karşın, düz yüzeylerle temsil edilmektedir.

Bu kilit buluşlara rağmen Gauss, Eukleides-dışı geometriyle ilgili çalışmalarını büyük bir gizlilik içinde yürütmüştür. Yıllar sonra, farklı araştırmacılar da benzer sonuçlara ulaşmışlar ve bunları açıklamışlardır. Bu bilim adamları arasında Albert Einstein* (1879–1955) da vardır. Einstein, 1915 yılında yeni geliştirdiği Genel İzafiyet Teorisi'nin merkezine Eukleides-dışı geometriyi oturtmuştur.[6]

Einstein araştırmalarında, geometrik şekillerin veya üç boyutlu cisimlerin bazı durumlarda değişmeyen özelliklerini inceleyen matematik dalı olan "topoloji" üstünde yoğunlaşmıştır. Einstein'a göre topoloji, bükülen, eğrilen cisimleri incelemekteydi. Gauss da bu dalın evreni kavramakta çok önemli bir yere sahip olduğunu düşünüyordu. Topoloji, bugün de teorik fiziğin temelini oluşturmaktadır.

Evrendeki parçacıkların özellikleri ve aralarındaki güç ilişkisi, topolojinin yardımıyla topolojik uzay içinde açıklanmaktadır.

Topolojik uzaylar, matematiğin topoloji dalının temel konularıdır. Topolojik uzay, daha önce tanımlanan tüm uzaylardan daha genel bir yapıdadır. Örneğin metrik uzayda tanımlanan metrik yardımı ile uzayın açıkları oluşturulabilir. Bu durumda, örneğin reel eksen üzerinde açık aralıklar açık olarak alınırsa, bir topoloji oluşturulabilir, bu topoloji uzayın alışılmış topolojisidir [3].

*Albert Einstein (1879–1955, 20. yüzyılın en önemli kuramsal fizikçisi olarak nitelenmektedir. Görecelik Kuramını geliştirmiş, kuantum mekaniği, istatistiksel mekanik ve kozmoloji dallarına önemli katkılar sağlamıştır. Kuramsal fiziğe katkılarından ve fotoelektrik etki olayına getirdiği açıklamadan dolayı 1921 Nobel Fizik Ödülü'ne layık görülmüştür.

Fizik alanındaki çalışmaları modern bilimi büyük ölçüde etkilemiştir. Kendisi özellikle zaman ve uzay için düzenlenmiş bağlılık (izafiyet) teorisiyle tanınmıştır. [8]

Topoloji, uzayın yapısını belirler. Fizikte kullanılan uzaylarda da (Eukledies uzayı, konfigürasyon uzayı, faz uzayı, hilbert uzayı gibi) uzayın yapısını bilmek sistemi açıklayabilmek adına önemlidir. Örneğin genel görecelikte sistem, içinde bulunduğu uzayın yapısını belirler ve uzayın yapısı da sistemin dinamiğini belirler. Uzayın yapısı ise gravitasyon* ile tanımlanmaktadır. Bu nedenle uzayın yapısını bilmek önemlidir [3].

2.2 Bilgisayar Bilimlerinde Topoloji ve Tipleri

Topoloji değişik ağ teknolojilerinin yapısını ve çalışma şekillerini anlamada başlangıç noktasıdır. Topoloji bilgisayarların birbirine nasıl bağlandığını ve nasıl iletişim kurduklarını tanımlamaktadır.[9]

Her bilgisayar ağı verinin sistemler arasında gelip gitmesini sağlayacak bir yola ihtiyaç duymaktadır. Aradaki bu yol çoğu zaman bir çeşit kablodur. Bununla beraber kablosuz çözümler gittikçe yaygınlaşmaya başlamıştır. Ancak kablosuz çözümler henüz kabloya her noktada rakip olmaktan uzaktır. Belli bir sayının üstünde sistem barındıran ağlarda alt yapı hala kablo şeklindedir.

Bilgisayar bilimlerinde topoloji, fiziksel ve mantıksal topoloji olmak üzere iki bölümde incelemektedir

Fiziksel topoloji, aralarında ağ kurulu bir grup bilgisayara bakıldığında görülen şeydir. Kablonun bilgisayarlar arasında nasıl dolaştığı ve bilgisayarların birbirlerine nasıl bağlandığı görülen kısmı fiziksel topoloji ile ilgilidir.

Mantıksal topoloji ise kabloların bağlantı şeklinden bağımsız olarak bilgisayar ağlarının veriyi nasıl ilettiklerini açıklar.

*Gravitasyon, doğada bilinen dört etkileşmeden biri ve en zayıf olanıdır. Diğerleri, kuvvet sıralarına göre, kuvvetli etkileşmeler, zayıf etkileşmeler, elektromagnetik etkileşmelerdir. Gravitasyon dahil tüm etkileşmeler alan denklemleri ile tanımlanabilirler. Ayrıca ilk üç etkileşim için sorumlu birer parçacık da vardır. Bunlar kuvvetli etkileşmeler için 'gluon', Zayıf etkileşmeler için 'W' ve 'Z' parçacıkları, elektromagnetik etkileşme için 'foton'dur. Gravitasyon için de bir parçacık aranmaktadır. Ancak henüz bulunamamış ve 'graviton' olgusu ile açıklanmaktadır[8].

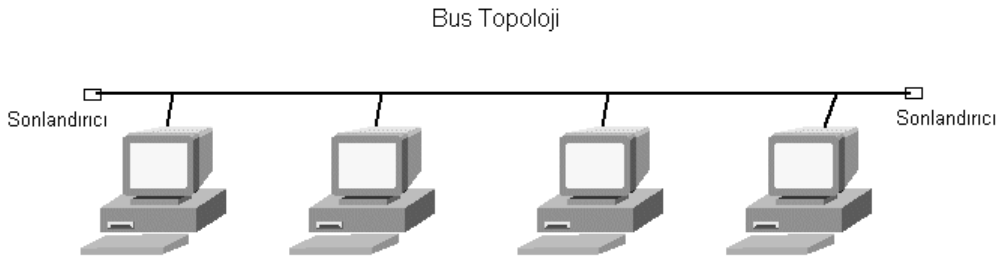
Topoloji aslında tek başına ağ ile ilgili birçok konuya açıklık getirmez. Örneğin kullanılan kablounun tipi, maksimum uzunluğu, bilgisayarların kablounun kullanımda olup olmadığını tespit etmeleri gibi konular sadece topoloji ile açıklanamaz.

Ancak zaman içinde piyasa şartlarının da etkisi ile standartlar oluşmuştur. Değişik topolojileri kullanan değişik ağ sistemleri vardır. Bu teknolojiler *ethernet* (Ethernet ağı, Xerox Corporation tarafından 1976 yılında DEC ve Intel ile yapılan işbirliği sonucunda geliştirilen bir yerel iletişim ağı (LAN) protokolüdür) *Token Ring* (IBM tarafından geliştirilmiş ve desteklenen jeton (token) geçişli yerel ağ) ya da FDDI (Fiber Distributed Data Interface-İki yöllü halka topolojiye sahip türevine göre 100 ile 2 Mbps'e kadar band genişliği sunan ve temelde fiber optik kablo kullanılmasına dayanan bir ağ teknolojisidir.) olarak adlandırılırlar. [10]

Her ağ teknolojisi kullandığı topolojiyle beraber kullanılacak kablo tipi, maksimum uzunluk, bant genişliği gibi konulara da açıklık getirir.

Bus (Sıra) topolojisi

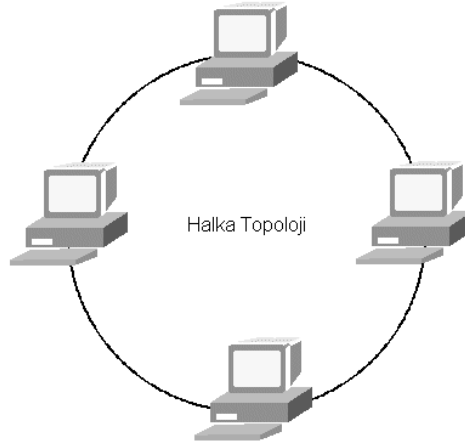
Fiziksel *bus*, tüm bilgisayarların aynı kabloya bağlı oldukları sistemdir. Kablounun her iki ucuna sonlandırıcı adı verilen dirençler takılıdır. Bu topoloji hem mantıksal hem de fiziksel olarak varlığını sürdürmektedir. Kurulumu kolaydır. En büyük olumsuz yanı kablounun bir noktasında oluşan kopukluğun tüm sistemi çöktürmesidir. Mantıksal *bus* ise, gönderilen bir verinin tüm bilgisayarlara ulaştığı bir sistemdir [9].



Şekil 2.9 Bilgisayar ağları üzerindeki *bus* topolojisi [9]

Ring (Halka) topolojisi

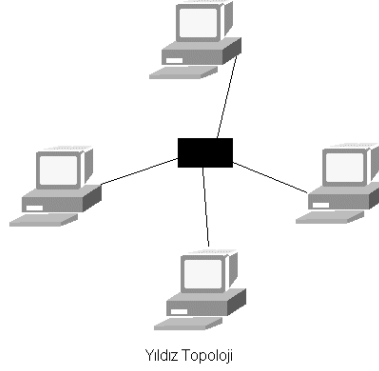
Ring topolojisi *Token-Ring* adı verilen ilk başta IBM'in geliştirdiği, sonraları IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers- elektrik, elektronik, bilgisayar, otomasyon, telekomünikasyon ve diğer birçok alanda, mühendislik teori ve uygulamalarının gelişimi için çalışan, kar amacı olmayan, dünyanın önde gelen teknik organizasyonudur.) ve ISO (International Organization for Standardization-dünya standartlar örgütü) tarafından da geliştirilmeye halen devam edilen ağ sisteminin kullandığı sistemdir. *Token-Ring*'de bilgisayarlar kablolarla ortadaki merkez bir kutuya bağlıdır(fiziksel yıldız). Ancak sistemde veri aktarımını sağlayan bir sinyal sürekli olarak sırayla tüm sistemleri dolaşmaktadır. *Token* adı verilen bu sinyal tek tek tüm sistemlere uğramaktadır. [9]



Şekil 2.10 Bilgisayar ağları üzerindeki *ring* topolojisi [9]

Star (Yıldız) topolojisi

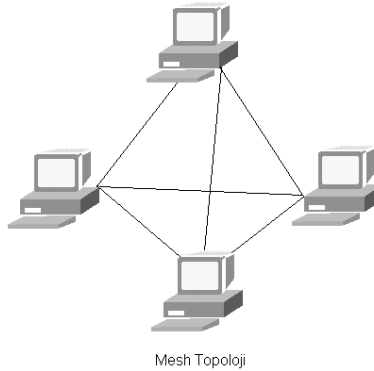
En yaygın kullanılan fiziksel topolojidir. Her bilgisayardan çıkan bir kablo merkezdeki bir kutuya(hub) girer. En büyük olumlu yanı bir kabloda oluşan problemin sadece o kabloya bağlı bilgisayarı etkilemesidir. Mantıksal *star* topoloji söz konusu değildir [9].



Şekil 2.11 Bilgisayar ağları üzerindeki *star* topolojisi [9]

Mesh(ağ) topolojisi

Bu topolojide tüm bilgisayarlar diğer bilgisayarlara ayrı bir kablo ile bağlıdır. Teorik olarak ideal bağlantı tipidir. Ancak aradaki kablo ve terminal sayısı katlanarak arttığı için sadece çok özel durumlarda ve az sayıda bilgisayar arasında kullanılmaktadır.



Şekil 2.12 Bilgisayar ağları üzerindeki *mesh* topolojisi [9]

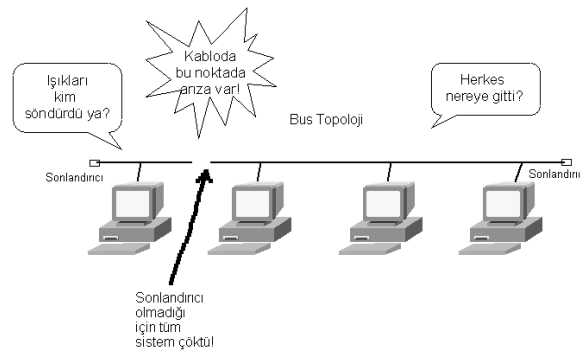
Hybrid (Melez) topolojiler

Bu topolojileri başlangıç noktası olarak alıp geliştirilen değişik ağ teknolojilerinden bahsedilmektedir. *Token Ring* ve *ethernet* bu teknolojilerden en önemli olanlardır. *Token Ring*'in bir ağ görme ihtimali çok az olduğu için onun yerine *ethernet* kullanılmaktadır. Bugün ağ kurulumundan söz edildiği zaman *ethernet*ten bahsedilmektedir. [9]

Ethernet ilk başta *bus* topoloji olarak tasarlanmıştır. Koaksiyel bir kablo sırayla tüm bilgisayarları dolaşmaktadır. *Ethernet* ağında bilgisayarların bu tek kabloya bağlı olduklarını düşünülmektedir. Bir diğer sisteme veri yolladıklarında veri aslında aynı kabloya bağlı tüm sistemlere ulaşır. Tüm bilgisayarlardan sadece "doğru" olan veriyi alır ve işler.

Ethernet ağında her bilgisayar, daha doğrusu her ağ kartı farklı bir adrese sahiptir(MAC adresi). Veri kablo üzerine yerleştirilirken veri üzerine alıcı ve gönderenin MAC adresleri yazılır. Böylece veriyi alan tüm sistemlerden sadece "doğru" olanı veriyi alır ve işleme koyar. Diğerleri kendilerine gelmeyen veriyi göz ardı eder. Bu noktada ilk *ethernet*in hem mantıksal, hem de fiziksel olarak *bus* yapıda çalıştığı anlaşılır. *Ethernet* ağında kullanılacak kablo tipi, maksimum uzunluk ve diğer değerleri de tanımlamıştır. [9]

Zaman içinde fiziksel *bus* yapı ihtiyaçlara cevap veremez hale gelmiştir. Fiziksel *bus* yapıda, yani tüm bilgisayarların aynı kabloya bağlandıkları sistemde kablonun bir noktasında oluşan kopukluk veya kısa devre tüm ağı çökertmektedir. Ağa yeni bir makine eklemek, kablonun bir bölümüne ek yapmak demektir ve bu işlem sırasında ağ çalışamaz durumundadır. Ağ'da arıza olduğu zaman tüm sistemleri dolaşan tek bir kablonun herhangi bir yerindeki arızayı bulmak zordur.



Şekil 2.13 Bilgisayar ağları üzerindeki fiziksel bus topolojisi [9]

Yapısal kablolama denilen, çok fazla sayıda bilgisayarın kullanıldığı binalarda veya kampüslerde gerçekleştirilen kablolama ve kurulumlarda fiziksel *bus* yapı kullanmak olanaklı değildir. Çünkü *bus* yapı ağacın dalları gibi merkezden binanın katlarına, oradan da odalara dallanan bir yapıya izin vermez.

Sonuç olarak fiziksel *bus* topolojisinin ihtiyaçları karşılamaktan uzak olduğu anlaşıldığında yeni bir sistem arayışına gidilmiştir. Çözüm *ethernet*'in mantıksal topolojisini koruyarak, fiziksel topolojiyi, yani kablolama yapısını yıldız topoloji ile değiştirmektir. *Star* topolojide her bilgisayardan ayrı bir kablo merkezi bir kutuya(hub) gider. Kablolardan birinde oluşan arıza sadece o bilgisayarı etkiler. [9]

Ethernet'in kullandığı bu melez topoloji *star-bus* (yıldız-sıra) topoloji olarak da anılır.

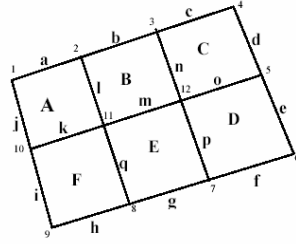
Tek melez topoloji *star-bus* değildir. IBM'in geliştirdiği ve günümüzde kullanım yaygınlığını kaybeden, ancak zamanında geniş bir kullanım alanı bulmuş olan *Token Ring* ağ teknolojisi de *star-ring* melez topolojisini kullanır. Bu sistemde de dışarıdan bakıldığında aynı *ethernet*'in *star-bus*'ı gibi kablolama yıldız şeklindedir. Her terminalden ayrı bir kablo *ethernet*'teki hubın benzeri bir kutuya girer. Ancak bu kutunun içinde *Token Ring* ağlarının kullandığı mantıksal bir halka(ring) yapısı mevcuttur. [9]

Günümüzde en yaygın kullanılan ağ tipi *ethernet*'tir. Ethernet ilk başta hem fiziksel hem de mantıksal olarak *bus* yapıda tasarlanmıştır. Zaman içinde fiziksel *bus* ihtiyaçları karşılamayınca, fiziksel yıldız topolojisini kullanan, yani *hub* ve UTP (Unshielded Twisted Pair- kaplamasız dolanmış kablo çifti) kablo kullanan *ethernet* geliştirilmiştir. Ancak bu yeni *ethernet* hem geriye doğru uyumluluk göstermesi açısından hem de *ethernet*'in temel çalışma mantığının bunu gerektirmesi açısından mantıksal *bus* kullanılmaya devam edilmektedir.

Günümüzde yeni bir ağ kurarken tek seçenek olarak UTP kablo ve *hub* ile *star* topoloji *ethernet* bulunmaktadır. Bununla beraber fiziksel *bus* kullanan *koaksiyel ethernet* kullanımdan kalkmamıştır. Bu iki sistem de bir arada çalışabilmektedir.

2.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Topoloji

Bilgisayar grafik teknikleri açısından bir haritayı “görüntülemek” için gerekli olan asgari veri, köşe noktalarına ait koordinatlar ve bu noktaları birleştirecek olan doğrulara ait bilgilerdir. Örneğin Şekil 2.14’deki imar adası bilgisayar ekranında görüntülenmek istendiğinde, (b) ve (c)’deki veriler şekli çizmek için yeterli olacaktır. Buna göre çizgilerin başlangıç ve bitiş noktalarını (c)’den, koordinatlarını ise (b)’den alarak imar adası görselleştirilebilir.



NN	Y	X
1	..	..
2	..	..
3	..	..

Çizgi No	Başlangıç NN	Bitiş NN
a	1	2
b	2	3
c	3	4
...		

a) İmar Adası

b) Koordinatlar Tablosu

c) Doğrular

Parsel No	Çevreleyen Çizgiler
A	a, l, k, j
B	b, n, m, l
C	c, d, o, n
..	...

d) Alanlar

Şekil 2.14 Harita görüntülemesinde kullanılan gerekli asgari veri tabloları (Batuk, Karas 2005)

Kullanıcı, ekranda bu çizime baktığında “Bu imar adasında kaç parsel var?”, “Belirli bir parselin komşusu hangi parsellerdir?” gibi soruların cevaplarını kolayca verebilir. Fakat şekli görüntüleyebildiği halde, (b) ve (c)deki bilgileri kullanarak yukarıda geçen soruları, bilgisayarın cevaplayabilmesi olanaklı değildir. Cevaplayabilmesi için, (c)’de görülen ek verilerin de bilgisayara girilmesi gerekir. Böylece, (c) ‘deki poligonlardan, sınır çizgileri ortak olanları belirleyerek komşu parseller hakkında bilgi verebilir ya da “Bu adada kaç parsel var?”, “Şu parselin sınır çizgileri hangileridir?” gibi analizleri sonuçlandırabilir. Yine,

parsellerin çevre ve alanlarını hesaplayabilmek için (d)'deki verilerin girilmiş olması zorunludur.

(b)'deki verilerin metrik bilgiler, (c)'deki ve (d)'deki verilerin ise topolojik bilgiler olduğu görülmektedir. “Esnek yüzey” tekniğine göre şekil elastik bir yüzeye çizilip, esnetilerek, form bozulmasına uğratılırsa, koordinatların değiştiği, fakat (c) ve (d)'de belirlenen topolojik ilişkilerin korunduğu görülecektir. Alansal detaylar, yine aynı çizgilerle çevrili kapalı alan olarak kalacak ve çizgilerin uç noktaları da kesinlikle değişmeyecektir.

Topoloji, aslında şekle bakanın “aşık” olarak gördüğü şeylerin matematiksel olarak ifadesinden başka bir şey değildir. Sonuç olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri açısından bir tanım yapmak gerekirse: “Topoloji, coğrafi varlıkların birbiriyle nasıl ve ne şekilde ilişkilendirildiğini geometriden bağımsız şekilde gösterme biçimidir.” denebilir (Yomralıoğlu, 2000).

Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarını çizim ve görüntüleme amaçlı yazılımlardan ayıran en önemli fonksiyon topolojik yaklaşımdır. Herhangi bir bilgisayar destekli harita yazılımı için zorunlu olmasa da bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı, coğrafi veriyi gerektiği gibi analiz edebilmek için topolojik ilişkileri içermeye mecburdur.

Bununla birlikte değişik Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarının analiz yetenekleri ve performansları arasındaki farkların, seçilen veri modellerinden ya da yukarıdaki örnekte olduğu gibi, ilişkileri topolojik veri yapısı ile “saklamak” ve işlem zamanında ortaya çıkarmak tercihindən kaynaklandığını da belirtmek gerekir.

Sonuç olarak coğrafi bilgi sistemlerinde konumsal ilişkileri topolojik veri yapısı ile saklamak;

- Konumsal analizlerin (etkin bir şekilde) gerçekleştirilmesine,
- Çakışıklık (detay tanımlarında ortak hat ve düğümlerin yer alması) bir kez tanımlandığından ortak detayların bir yerde toplanması yoluyla veri tekrarının önüne geçilmesine,
- Geometrik verilerin kendi içinde tutarlı kalmasına,
- Veriye çok daha hızlı erişilmesine sebep olur.

3. TOPOLOJİNİN TASARIM OLGUSU VE MİMARİ TASARIMLA İLİŞKİSİ

İngilizce’de anlamı tasarım olan ‘design’ kelimesi, Latince’deki anlamı göstermek, işaret etmek olan ‘de signare’ den gelmektedir (Baykan, 2002). Bir şeyin biçimini zihinde canlandırıp tasarını ya da modelini hazırlamak olarak kullanılan *tasarımlamak* ise *tasarımın* ana etkinliğidir. Tasarım mimarlığın ana etkinliğidir. Tasarım sırasında kullanılan modelleme yöntemleri tasarımın gelişmesi ve sonuç tasarıma ulaşılması için ara basamakları oluşturmaktadırlar.

Mimarlıkta kullanılan çizim ve maketler ikonik modeller olarak tanımlanır. İkonik modeller, gösterilmek istenen bir özelliği aynı özelliği kullanarak gösterir. Örneğin maketteki dolu boş yüzeyler binadaki kapalı ve açık yüzeyleri gösterir. Çizimdeki çizgiler binadaki çizgileri, gösterir. Sonuçta model gösterdiği şeye benzer fakat ölçek farklı olur. Fotoğraf da bir ikonik modeldir. (Baykan, 2002)

Bir haritada üçüncü boyut gösterilmek istendiğinde ya da renk kullanıldığında bir özellik başka bir özellikte gösterilmiş olur. Bu tür modeller analog modellerdir. Zamana karşı fiyatların değişimini gösteren bir grafik, analog modeldir. Aynı ilişki matematikte formüle edildiği zaman sembolik model kurulmuş olur. Sembolik modeller en soyut ve manipüle edilmesi en kolay olan modellerdir (Baykan, 2002).

Bilgisayar modelleri semboliktir. Örneğin bina modellemek için kullanılan üç boyutlu geometrik modeller kartezyen uzayda koordinatları verilerek tariflenen noktalar kümesi, noktaları birleştiren çizgiler, çizgilerin oluşturduğu yüzeyler ve yüzeylerin tanımladığı katı cisimleri belirten ilişkilerden oluşur. Değişik soyutlama düzeylerinde model, 0 ve 1 ler veya sayılar ve ilişkilerinden oluşur (Baykan, 2002).

Mimari tasarım modellerinin temeli Alexander Chomsky’nin dil kuramı çalışmalarına dayanmaktadır. Dilde kelimelerin düzenleme kuralları olduğu gibi mimari dillerde de elemanların düzenlenmesiyle ilgili bazı kurallar vardır. Mimarlık ve geometri bağlamında biçimsel kurgularla ilgili araştırmalar tarihte yoğun olarak yapıla gelmiştir. Bir mimari dile ait bir tasarım ürünü ve mimari elemanlar, bu elemanlardan ürünün oluşturulmasında kullanılan kuralları içeren söz dizimi, anlam, bağlam ve biçim çerçevesinde ortaya konulur (Schmitt,

1988). Chomsky'nin dilde var olduğunu belirttiği sözdizimsel ve anlamsal özelliklere paralel olarak, Steadman da, mimari dil bilimi, olası mimari biçim ve düzenlemelerin oluşturulmasıyla ilgilenen sözdizimi ve bu düzenlemelerin anlamı ile ilgilenen anlam bilim olarak iki bölümde incelemektedir (Steadman, 1983). Bilgisayar ortamında mimari tasarımların üretilmesinde kullanılan modellerde bu iki özellik iki farklı yaklaşımla modellenmektedir:

- Tasarımın topolojik ve geometrik tanımlarını üreten modeller,
- Tasarım tanımları ile performans gereklilikleri arasındaki uzlaşımı sağlayan modeller.

Bu çalışma kapsamında “geliştirilen üretken yaklaşımın” mevcut bir mimari dile ait kurguya dayalı mimari formların üretilmesinde yaratıcılığı destekleyecek yönde kullanılması amaçlanmıştır. Bu yönüyle model, tasarımların topolojik ve geometrik tanımlarını üretmektedir. Üretilen formlar bağlamla bütünleştirilerek işlevsel özelliklerin atanması ve performans gerekliliklerinin değerlendirilmesiyle mimari tasarım ürünü olarak yorumlanabilir [11].

Topoloji kavramı biçimsel anlamından bağımsız olarak tasarım bilgisi uzayı olarak da literatürde kullanılmaktadır. Tasarım bilgisinin okunması için haritalanmalar (database), veri toplama ve verinin organize edilmesi, tüm bunların sonuç ürüne dönüşümü için kullanılan bilgiler bütünü topolojinin bilgi içerikli tasarım uzayı olarak tanımlanmasıyla ilgilidir.

Tasarım bilgisi hem karmaşık hem de basit ilişkilere dayalı bir yapıya sahiptir. Bilgisayarlar nicel bilginin toplanmasında etkindirler. Bir yeryüzü parçasının topolojik haritalanması konusunda çok sayıda kişinin görevlendirildiği bir projede bilgisayar yardımı olmadan en doğru sonuca ulaşmak olanaksız olacaktır.

Topolojik bir bilginin okunması için bilgisayarlar kullanılmaktadır. İnsan algısının bilgisayarın çözümleme kapasitesinden çok daha iyi olduğu bilinen bir nokta olsa da tüm verilerin arakesitinin alınması, incelenen obje ve obje ilişkilerinin açıklanması durumunda bilgisayarları kullanmak zorunlu hale gelmektedir.

Mimari tasarımda bilgisayarların kullanımı “sayısal ortam” gibi kavramların mimari tasarım literatürüne girmesini sağlamıştır.

Mimarlığın kendi pratiğini gerçekleştirmesi için sayısal ortama yaklaşımda iki temel farklı bakış açısından söz edilebilir. Bakışa göre sayısal ortam, fiziksel gerçeklikteki mimari ürünlerin geliştirilmesi ve denenmesi için bir atölyedir. Bu bakış açısına göre sayısal ortam fiziksel dünyanın kurallarına ve yasalarına uyar ve fiziksel dünyayı taklit etmeye çalışan bir deney platformu sunar. Diğer bir bakış açısı ise, bu sayısal ortamı başlı başına kendi gerçekliği olan ve bu yönüyle fiziksel dünyayı taklit etmeye çalışmayan bir dünya olarak ele alır. Mimarlık için sayısal ortam birinci bakış açısına göre araçken, ikincisinde sadece bir araç değil pratiğin gerçekleştirileceği çevrenin ta kendisidir. Bu çerçevede bu çevre için yapılacak mimarlık pratiğini ‘sayısal mimarlık’ olarak adlandırabiliriz (Önder, 2002).

Marcos Novak’ın ‘avatarchitecture’ olarak adlandırdığı, sadece bilgisayar ortamında var olabilecek bir çevre içinde yeralan yeni mimarlık formu büyük olasılıkla sayısal ve soyut mimarlığın en uç örneğidir (Önder, 2002).

Sayısal ortamlar ortaya çıktıklarından beri yapısal değişikliklere uğramaktadırlar. İlk olarak tek boyutlu, yazıya dayalı ara birimler yerlerini, iki boyutlu, görsel grafik tabanlı uygulamalara bırakmış ve giderek günümüzde sanal gerçeklik uygulamalarıyla birlikte üç boyutlu, eş zamanlı, etkileşimli bir ortama dönüşmüştür. Bu sayısal ortam tanımlarının geldiği en son noktada ise siberuzay kavramı yer almaktadır. Günümüzde bilgisayar ağları, telefon, uydu, kablo gibi telekomünikasyon teknolojileriyle erişimin sağlandığı bu ‘n’ boyutlu sayısal ortam siberuzay olarak adlandırılır. İnternet tek başına siberuzay tanımını karşılamazken siberuzay internet teknolojisi ile erişilebilir olan tüm içeriği kapsar (Önder, 2002).

Mimari tasarımda kullanılan karmaşık geometrilere sahip topolojik formlar aslında tasarımın gerçekleştirilmesi yolunda mimarlara daha kontrollü bir süreç sunmaktadırlar. Çünkü karmaşık formlara sahip bir yapının inşasında kullanılan bilgisayar yazılımları formel ve algoritmik bir yapı üzerine kurulmuş oldukları için süreç kontrolünü de beraberinde getirmektedir. Tasarımın üretime dönüşmesi bu süreç içinde veri transferlerine bağlıdır.

Dijital tasarım yöntemlerinin mimariye uygulanması sadece ideoloji, form ve teknoloji kaygılarından çok bilgiyi gerektirir. Dört boyutlu bir tasarım analiz, üretim, inşa ve zamana

bağlı bilgi birikimlerini de beraberinde ister. Sonuç tüm tasarım ve üretim bilgilerini içeren bir modeldir. Bu bilginin tek kaynak haline gelmesi mimarları tasarım ve üretim aşamasında koordinatör (master builder) haline getirmektedir. Bilginin dijital üretimi ve kontrolü mimarlara yapı inşasında anahtar rolü üstelenecek duruma getirmiştir (Kolarevic, 2003).

Günümüz mimari tasarımında kullanılmakta olan CAD/CAM (Computer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım / Computer Aided Manufacturing-Bilgisayar Destekli Üretim) sistemleri diğer endüstri dallarında (uçak, otomotiv, gemi inşası) yaygınlaştıktan sonra mimariye geçmişlerdir. Gemi endüstrisi geçtiğimiz son yirmi yılda bugünkü mimari tasarımdaki dijital süreçleri yaşamıştır. Karmaşık fonksiyon ve formlara sahip olan gemilerin inşalarının kontrolü üç boyutlu modeller üzerinden yapılmaktadır. Benzer süreçler uçak ve otomotiv sektöründe de sürdürülmektedir.

Otomobiller, gemiler ve uçaklardaki karmaşık eğrisel yüzeyler Softimage, Alias, Maya gibi üç boyutlu dijital modelleme yazılımları sayesinde mimarlık alanında da kullanılmaya başlanmıştır. CAD/CAM teknolojileri bu endüstri kollarında ilerlemeye devam ederken mimari tasarım da bu birimlerle işbirliği içinde olarak dijital gelişimini sürdürecektir.

Buna ek olarak bilgisayar destekli tasarımda alternatiflerin üretilmesi ve istenen değişikliklerin yapılması kolaylaşmakta ve hızlanmaktadır. Bilgisayarda tasarım alternatiflerini incelemek, proje önerilerini kağıt üzerinde algılama, geliştirme ve deneme biçimleri değişmektedir. Örneğin Frank Gehry ve ortaklarının 1992 Barselona Olimpiyat Oyunları için gerçekleştirdikleri balık biçimli çelik yapının tasarımı ve üretimi ancak bilgisayar ve veri tabanları yardımıyla olabilmıştır (Şenyapılı, 1994).

Mimari sunuştaki gerçeğe yakınlık ve hassaslık da bilgisayarın sunduğu diğer bir olumlu yandır. Bilgisayar ile ışık, renk, doku, yansıma, form gibi unsurların tasarımların üzerindeki etkisini ve yapım sırasında ortaya çıkabilecek hataları önceden görmek benzetim ile olanaklı hale gelmektedir. Ayrıca bilgisayar yardımıyla yapılan gün ışığı, enerji, strüktürel yükler gibi teknik konulardaki canlandırmalarla tasarımla ilgili öngörüş kazanılmaktadır. Ayrıca uzman sistemler mimarlara tasarımlarını normlar ve standartlara göre kontrol etme konusunda yardım sağlamaktadır. Uzman sistemler yardımıyla tasarımların işlerliğini boyutlar, ısı, akustik, ışık gibi çevre faktörlerine göre değerlendirecek mimarlar giderek kalitesi artan tasarımlar üretecektir (Şenyapılı, 1994).

3.1 Bilgisayar Teknolojilerinin Tasarıma Etkileri ve Topoloji ilişkisi

Bilgisayar destekli tasarım mimariye farklı biçimlenişleri getirmiştir. Karmaşık geometrilere sahip eğrisel hatlardaki mekan kurgulamaları mimaride yeni bir dönemin başladığını göstermektedir.

Sanayileşme sonrası hızla artan teknolojik gelişmeler, toplumun her alanı ile sürekli etkileşim halinde olan mimarlık alanını da etkilemiştir. Teknolojinin hayatın her kesimindeki farklı gelişimi, mimarlık alanına da yansımış, mimarlar tasarımdan uygulamaya her alanda çağın sunduğu teknolojik gelişmelerden faydalanmışlardır (Dalaman, 2003).

Günümüzde hemen hemen her meslek alanında değişik etkenlere bağlı, farklı hızda değişimler yaşanmaktadır. Bu değişimlerin nedenlerinden biri de hiç kuşkusuz bilgisayarların kullanıma girmesi olmuştur. Kimi meslekler bilgisayarın getirdiği hız ve kolaylıktan kazanç sağlarken, kimileri de köklü bir yeniden yapılanma süreci içine girmiştir. Mimarlık mesleği de, bilgisayarın kullanım alanlarından biri olarak bu değişimlerden yararlanmaktadır (Şenyapılı, 1994).

Teknoloji, sanat ve zanaat, el sanatı anlamına gelen yunanca “techne” sözcüğünden gelmektedir; “technologia” ise sanat ve zanaat konularının sistematik bir şekilde ele alınış biçimidir.

Sözlük anlamına bakıldığında teknoloji bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri kapsayan bilgi olarak tanımlanmaktadır (Öz, 2002).

Teknoloji, yapının üretim aşaması, tasarım aşaması ya da yapının inşa edilmesindeki yöntemsel kararlar olmak üzere birçok aşamada kendini farklı bir şekilde ortaya koyar (Öz, 2002).

20.yy sonu 21.yy başlangıcında mimarlıkta büyük değişimler göze çarpmaktadır. Bu dönemde mimarlıktaki teknolojinin zaman içindeki gelişimi malzemedan başlayıp yapım sistemleri, üretim sürecindeki gelişmeler, farklı tasarım ölçütlerini temel alan yaklaşımlar gibi konularda kendini göstermiştir.

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bilgisayarın tasarıma girişini gelişen dört evrede ele almak mümkündür:

1)1960–1980 arasında geçen, sketchpad ile başlayıp yapay zeka çalışmalarına kadar süren iki boyutlu çizimin var olduğu süreç.

2)1980’li yıllarda Alan Turing’in yürüttüğü yapay zeka çalışmaları ile tasarımın birleştirilmesinin hedef alındığı süreç.

3)İki boyutlu tasarımdan üç boyutlu tasarıma geçişin yapıldığı sanal gerçeklik ve bilgisayar grafiğinin hızlı bir gelişime sahip olduğu süreç.

4)Üç boyutlu uzay kavramının bilgisayar teknolojisinin gelişime paralel olarak girmesiyle günümüz tasarım anlayışının oluştuğu süreç [12]

Birinci evre olarak 1960’larda Ivan E. Sutherland tarafından M.I.T ‘de geliştirilen “çizim levhası” (sketchpad) sistemi sayesinde ilk defa ekran üzerinde çizim yapılabilir hale gelinmiştir. 1970’lerde ise noktalardan çizgilere ve sonrasında da yüzeyler ve hacimlere varan gelişmelerle bilgisayarla tasarımın adımları atıldı.

İkinci evre, 1980’lerde geliştirilmeye başlanan ve Alan Turing tarafından araştırmaları devam eden yapay zeka çalışmalarıyla birlikte yürüyen uzun süreli çalışmaları kapsıyordu. Bu evredeki amaç hem tasarımın bilgisayar tarafından yapılması hem de tasarımın bilgisayar ve tasarımcı ile etkileşim halinde olmasıydı.

Bu iki evrede de tasarımın iki boyutlu sunumu ve aşamaların iki boyutlu olarak kağıt üzerine aktarımı söz konusuydu.

Üçüncü evre iki boyutlu tasarımdan üç boyutlu tasarıma geçişin gerçekleştiği süreci içermektedir. Ayrıca bu dönemde tasarım aşamasının yapımla birlikte ele alınması çalışmaları da sürdürülmekteydi. Sanal gerçeklik metodlarının gelişimi ve bilgisayar grafiklerinin hızla gelişmesi gücü tasarımda yeni kavramları da oluşturmuştur.

Son evre olarak günümüzde sanal gerçeklik ve üç boyutlu uzay kavramlarının ilk başta birleşik örneklerini sunan bilgisayar oyunları teknolojisinin sunduğu olanakların tasarımda kullanılmasından söz etmek mümkün hale gelmiştir.

Sanal gerçeklik; herhangi bir “yerde” olmayı hissettiren ve bunun için duyu organlarımıza çeşitli bilgiler (ışık, ses ve diğerleri) sağlayan üç-boyutlu bir bilgisayar benzetimi olarak tanımlanmaktadır. [12] Bir başka tanımda sanal gerçeklik, karmaşık bilgisayar sistemlerini ve verilerini görselleştirme, manipüle etme ve etkileşimde bulunma için kullanılan yollardan biri olarak tanımlanmaktadır [13].



Şekil 3.1 Sanal gerçeklik ortamı (Çavaş, 2004)

Bilgisayarlar, ilk ortaya çıktığı yıllarda “bilgi saymak” için kullanılırken hızlı gelişen teknolojileri sayesinde mimarlık alanına yeni biçimlenişleri, yeni strüktürleri ve yeni mekan kurgularını da beraberinde getirmiştir. Geleneksel tasarım sürecinden farklı olarak sayısal parametrelere ve algoritmik olarak tanımlanmış ilişkilere dayanarak bilgisayar teknolojileriyle yapılan tasarımlar mimariye yenilik getirmişlerdir.

Mimarlık alanındaki kullanımları 1960’lardan bu yana söz konusu olan bilgisayarların kısaca geçmişine baktığımızda bu alanda gerçekleştirilen gelişmeleri aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkün olmaktadır: (Şenyapılı, 1994)

- 1)Tasarım sürecinde çizim ve makineleşme
- 2)Rengin katılımı
- 3)Üç boyutlu modelleme ve hareketli görselleştirme

4)Uzman sistemler, yapay zeka ve sanal gerçeklik

5)Kalem tabanlı sistemler

NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines / tek biçimli olmayan rasyonel B-eğrileri)’lere bağlı üç boyutlu dijital modelleme yazılımları ve animasyon tekniklerinin gelişmesiyle daha önceden endüstri tasarımında kullanılan eğrisel formlar son on yıldır mimariye girmiştir. Yeni formlar topolojik uzay, isomorphoic yüzeyler, dinamik sistemler, animasyon, parametrik tasarım ve genetik algoritmalar gibi dijital tasarım yöntemlerine bağlı kalınarak üretilmeye başlanmıştır. Dijital ortamda tasarlanmış olan bu karmaşık formların tasarım bilgilerinin doğrudan fabrikaya gönderilmesi ile üretim de dijital süreçlere bağlı kalınarak yapılmaktadır. Tasarımın ve üretimin dijital ortamda yapılması dijital sürekliliği sağlamaktadır (Kolarevic, 2003).

Topoloji kapsamındaki mimarlıklar Euklides geometrisinde değil, dijital dünyada kullanılan topoloji ve vektörel geometri gibi ‘yeni’ bir matematiksel alt yapı üzerinde yer almaktadır (Kolarevic, 2003).

Mimari tasarımın dijital modelleme yazılımlarıyla tanışması mimariye Euklides geometrisindeki hacimsel biçimlerden ayrıştı getirirken geometrinin sürekli eğrilerden oluşan yüzeyleri kullanılmasıyla farklı bir mimarlık dili oluşmaya başlamıştır.

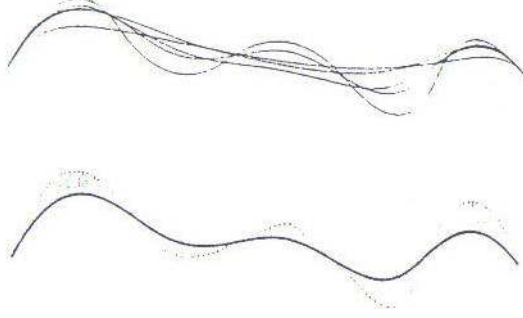
Dijital mimaride eğri yüzeyler matematik dilinde NURBS olarak tanımlanmaktadır (Kolarevic, 2003).

NURBS kontrol noktaları (control points), etki merkezleri (weight) ve düğümleri (knots) sayesinde oluşturdukları yüzeyleri kontrolü kolay nesneler haline getirebilmektedirler. Dijital mimaride NURBS’ler heterojen fakat buna rağmen tutarlı formlar oluştururken aynı zamanda bu formların CNC (computer numerically controlled cutting device) makinelerinde üretilmesi için tanımlı değerini de barındırmaktadırlar.

Bir NURBS eğrisinin şekli, etki alanına ve düğümlerine bağlı kalınarak kontrol noktalarından değiştirilebilir. Her kontrol noktası etki alanıyla ilişkili olarak eğri üzerinde ne kadar etkiye sahipse o ölçüde eğriyi değişime uğratabilir. Her kontrol noktası ana fonksiyona refere eden bir polinomial denkleme sahiptir. (NURBS’deki B ve B-eğrilerinin genelinde) rasyonel bir

B eğrisi matematiksel olarak iki polinomial denklemin oranı olarak ifade edilir. Her ana fonksiyon kontrol noktasının civarındaki eğri bölümünü etkiler ve bu bölümler ‘düğüm’ler (knots) ile sınırlandırılır (Kolarevic, 2003).

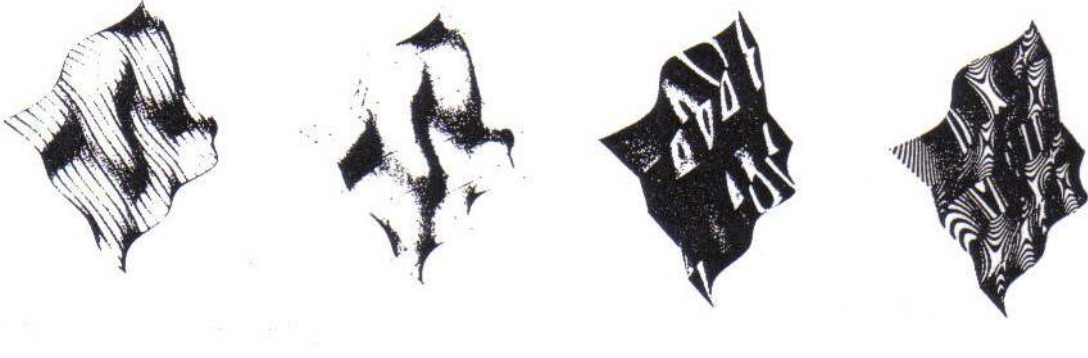
NURBS eğrilerinin şeklini değiştiren bir başka parametre de derecedir. En az polinomial açısı, en yakın kontrol noktaları arasına yerleşen eğriyi tanımlar.



Şekil 3.2 NURBS eğrileri ve kontrol noktalarına göre değişimi (Kolarevic, 2003)

NURBS eğrisi üzerindeki kontrol noktalarının yeri de eğrinin sürekliliğini etkiler. Yani farklı basamaklar farklı süreklilik bölümlerine sahiptir. Bir NURBS eğrisindeki iki kesişen kontrol noktası bir eğriliği belirlerken, üç kontrol noktası ise açısız biçimi belirler. NURBS’lerin bu özelliği sürekliliğin çeşitliliğini arttırmaktadır.

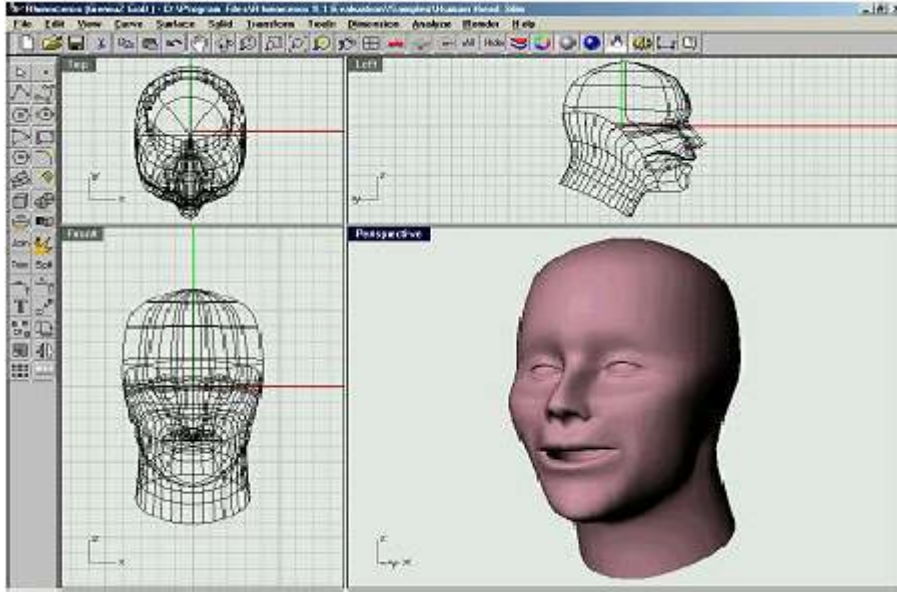
NURBS yüzeylerin tanımı ise NURBS eğrilerinin paralel olarak birleşmesinden oluşur. Kontrol noktalarıyla bağlantılı bir kafes örgüsü (lattice) NURBS yüzeyini oluşturur. Her kontrol noktası bir etki parametresine sahiptir ve eğrilerde olduğu gibi düğümler bölgesel etkiyi belirler. Bir başka değişle bir NURBS yüzeyinin şekli NURBS eğride olduğu gibi kontrol edilebilir.



Şekil 3.3 NURBS eğrilerinin oluşturduğu NURBS yüzeyler (Kolarevic, 2003)

NURBS objelerin bir başka özelliği de üç boyutlu kartezyen uzay içinde yer alan ‘bölgesel’ parametrik uzay içinde tanımlanabilir olmasıdır. NURBS eğrileri üç boyutlu geometrik uzay içinde yer alırken bu parametrik uzay bir NURBS eğrisi için tek boyutludur. Bu tek boyutluluk topolojik bir basamak içinde genellikle ‘U’ olarak tanımlanır. Yüzeyler parametrik uzayda U, V ya da daha sıklıkla X veya Y olarak tanımlanan iki boyuta sahiptir. Isoparametrik eğriler ise U ve V doğrultularında NURBS yüzeyleri tanımlamak için kullanılırlar. Bu eğriler parametrik NURBS matematiğinde sabit U veya V değerlerine sahiptirler. Bu eğriler bir arazi topografyasının tanımlanmasında kullanılan topografik eğrilerle benzerdir (Kolarevic, 2003).

NURBS yazılımları; düzenli geometrik formların dışında kalan eğrisel, organik ve irrasyonel formların yaratılmasında kullanılmaktadır. Eğrisel formlar sürdürülerek form bozulmalarına uğratılabilir. NURBS yüzeyler, torus, küre, silindir formunun parçalanması veya deformasyonu ile elde edilecek formları yaratmada, eğrisel yüzey alanı hesaplamalarında gerekli araçlar niteliğindedir (Yıldırım, 2004).



Şekil 3.4 NURBS bazlı CAD yazılımları (Yıldırım, 2004)

NURBS'lere bağlı CAD algoritmasında, bütünsel bir asal form deforme edilerek yeni formlar türetilmektedir (Yıldırım, 2004).

Bilgisayarın mimarlık ortamına getirdikleri bilgisayar destekli tasarım olarak tanımlanmış ve dijital ortamdaki tasarım bilgileri CAD/CAM teknolojisiyle fabrikada üretim bandına direkt olarak aktarılabilir hale getirilmiştir. Tasarımdaki teknolojik gelişmeler ve üç boyutlu dijital modelleme kullanımı sadece mimarlıkta karmaşık yüzeyleri kolaylıkla oluşturması açısından değil küçük tüketim ürünlerinden uçak yapımına kadar uzanan geniş bir alanı da kapsamaktadır. (Akipek, 2004)

Çağdaş mimari tasarımda dijital medya sadece görsel sunumu desteklemek amacıyla değil formların gelişimi ve dönüşümünü sağlayan bir araç olarak kullanımını sürdürmektedir. Tasarım üzerindeki çalışmalar “form yapmaktan” “form bulmaya” doğru ilerlemiştir. Bunu sağlayan da dijital tabanlı form üretme çalışmaları olmuştur. Temsillere ve imgeleme dayalı geleneksel tasarım sürecinden farklı olarak bu çalışmalar sürecinde sayısal parametrelere ve algoritmik olarak tanımlanmış ilişkilere dayalı işlemler yürütülmektedir. Yapay zeka, parametrik tasarım, üretici tasarım, animasyon teknikleriyle tasarım gibi tasarım yöntemleri dijital tabanlı form üretme çalışmalarının alt inceleme alanlarını oluşturup mimariye karmaşık geometrilere sahip, eğrisel biçimsel kompozisyonlardan oluşan farklı biçimlenişleri

getirmektedirler. Mimaride topolojik yaklaşım bilgisayarın tasarıma girmesiyle birlikte yeni bir kavram olarak ortaya çıkmış olsa bile aslında var olan topoloji kavramı gelişen tasarım anlayışıyla birlikte daha geniş açılımlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Topolojik formlar sadece karmaşık formlar demek değildir. Bileşenlerin birbiriyle olan etkileşiminin mimari kavram içinde forma yansımalarıdır.

Topolojik formların belirmesi estetik, teknolojik ve ideolojik yaklaşımlara dayanmaktadır. Topoloji formdan çok, bağlamla ilgilidir. Bu çerçeve içinde formların daha akışkan olma şartı yoktur. Topoloji, uzamsal farklardan çok uzamsal ilişkilerle ilintili bir olgudur. Topolojiyi yeni formlarla bağdaştırmak değil formlar arasındaki ilişkiyi organize eden bir olgu olarak görmek gerekmektedir. Çoğu zaman topolojik formlar matematikçiler tarafından sadece eğrisel formlar olarak sunulmaktadır. Ancak topoloji sadece eğrisel formlarla ilgili değil çevresel verilerin altında ortaya çıkan bilginin formu biçimlendirilmesidir.

Mimaride topolojik yaklaşım ya da *De-formation*, Dekonstrüktivizm'in izlerini taşıyan, çağdaş bilgisayar animasyon tekniklerine dayanan ve mimari forma esneklik, plastiklik veren mimari akım olarak adlandırılmaktadır. Formun dinamik türevlerinin bilgisayar teknolojilerine bağlı olarak çoğaltılması mimaride topolojik yaklaşımın ana etkinliğidir [14].

3.1.1 Animasyon Teknikleriyle Topolojik Tasarım ve Dinamik Mekana Geçiş

Animasyon, Fransızca *animation* kelimesinin yaygın kullanımı ile Türkçe'ye yerleşmiş bir kelimedir. Sözlük anlamı 'canlandırma'dır. [1]

Canlandırma sıklıkla devinim ile karıştırılır. Devinim, hareketleri ve olayı ima ederken, canlandırma bir formun evrimini ve onu biçimlendiren kuvvetleri ima eder; diriksellik (animalizm), büyüme, devinim, canlılık ve sanallik önerir (Lynn, 1999).

Geleneksel olarak mimari tasarımın soyut mekanı kartezyen koordinatların (x, y, z koordinat sistemi) ideal, tarafsız mekanıdır. Diğer tasarım alanlarında tasarım mekanı yansız bir vakumdan ziyade kuvvet ve deneyimin ortamı olarak kavranır. Örneğin denize ilişkin bir tasarımda, tasarımın soyut mekanı akış, türbülans, viskozite (sıvıların akmaya karşı gösterdiği

direnç) ve suyun direnci ile doldurulur. Böylece bir teknenin formu suyun uyguladığı kuvvetler içinde kavranır. Teknenin formunun bu kuvvetlerin katılmasıyla tasarlanmasına rağmen kalıcı bir biçimi vardır. Form içine yerleştiği aktif bağlamla biçimlenir. Bu yolla topoloji tek bir anı değil, birçok vektörü kapsama olanağı verir ve bu yüzden kesintisiz tek bir yüzeyde zaman katmanları barındırabilir. (Lynn, 1999)

Benzer şekilde, mimarinin formları da dinamik bir kavrayışla, sanal hareket ve kuvvetlerle biçimlenebilir. Gerçek hareket farklı pozisyonların mekanik paradigmalarıdır; sanal hareket bu pozisyonların çok katlı doğasını oluşturmaya ve bir formun içinde süreklilik kılmaya yöneliktir. (Lynn, 1999)

Sanallığın mimarlar tarafından göz ardı edilen tarafı sanal itki ve farklı türevler ilkesidir. Genellikle kartezyen koordinatlarıyla tanımlanan mimari form, idealize edilmiş hareketi durdurulmuş ve belirli sayıda boyutu içeren bir mekan içinde kavranır. Oysa bugün nesne, yörüngesi diğer nesnelere, kuvvetlere, alanlara ve akışlara göre rölatif bir vektör gibidir; hareket ve kuvvetlerin aktif mekan içindeki formunu tanımlar. Statik koordinatların pasif mekanından, sürekli etkileşim içindeki aktif mekana bu geçiş, bağlamın kendi dinamiklerine bakmayı da gerektirir. Bu nedenle çağdaş animasyon teknikleriyle tasarıma bir anlatım aracı olarak değil imgenin tasarımı için gerekli bir araç olarak yaklaşmak gerekir (Lynn, 1999).

Tasarımın bağlamı, tasarımın tarafsız soyut mekanı yerine, formun biçiminde bilgi olarak depolanan kuvvetlerin formu yönlendiren aktif soyut mekanıdır artık. Mimarlık mekan zaman ilişkisi durdurulan sonlu bir çevreden çok dinamik akışlara daldırılmış bir katılımcı gibi modellenebilir (Lynn, 1999).

Bilgisayar animasyonunun görsel ve formel sonuçları farklıdır. En belirgin estetik sonuç kartezyen koordinatlarla tanımlanan hacimleri U ve V vektör koordinatları ile tanımlanan topolojik yüzeylere dönüştürerek elde edilebilir. Bu özel modellerin bir diğer yan estetik yan ürünü de bozma ve nakletme tekniklerinin üstünlüğüdür. Bunlar sadece biçim değil, aynı zamanda topolojik ortamın matematiksel ifadesidir.

Lynn, form türetmede bilgisayarların rolünü zaman, topoloji ve parametreler doğrultusunda yapılan çalışmalarla açıklamaktadır. Zaman, formda *key-frame* animasyonu sağlayan ve formun diğer bir formla etkileşimine izin veren etkidir. Topoloji, formun esneklik

kazanmasına olanak sağlayan ikinci etkidir. Parametreler ise zaman ve topoloji etkenleri içinde kuralların forma uygulanmasını sağlayan son etkidir.

Dijital animasyon teknikleri mimarlıkta bir temsil tekniği olarak kullanılırken, Greg Lynn'in öncülüğünü yaptığı çalışmalarla animasyon bir tasarım teknolojisi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Lynn'e göre mimari biçim sadece kendi iç ilişkileriyle biçimlendirilemez, bulunduğu çevrenin ve sosyo-ekonomik bağlamın dinamiklerine cevap vermelidir. Bu yaklaşımda bağlam aktif bir soyut mekana dönüşür; rüzgar, güneş etkileri, yaya ve taşıt akışları, vistalar gibi çevresel faktörler sanal çevrede şiddeti artıp azalan güçler olarak kurgulanır. Bu güç alanları hareketi oluşturur ve objenin biçimi zaman içinde bu güçlerin etkisiyle dönüşüme uğrar. İstenilen performansın sağlandığı karede sistem dondurulabilir ve sonuç biçimin altyapısı hazırlanmış olur. Kolarevic (2003) animasyon tekniklerinin tasarımı geliştirme amaçlı kullanıldığı animasyon yöntemlerini sınıflandırmıştır:

“Keyframe animation ile biçimdeki belirli değişimler animasyon kurgusunda, belirli karelere yerleştirilir. Bilgisayar bu ana kareler arasına birçok kare ekleyerek istenilen biçimler arasındaki dönüşüm karelerini ve biçimleri oluşturur. Tasarımcı oluşturulan bu ana durumlardan istediğini seçebilir (Akipek,2004).”

“Path animation ya da belirlenen aksta ilerleme yönteminde, bir bütünü oluşturan kütlelere ayrı yönde ve biçimde rotalar belirlenebilir. Ana kütle içindeki farklı bileşenlerin bu rotalarda hareketi sağlanır (Akipek,2004).”

“Forward-inverse kinematics ya da kinematik-ters kinematik yöntemlerinde, iskelet dış güçlere bağlı olarak hareket ettirildiğinde biçimdeki dönüşümler hiyerarşik olarak üst birimden alt birime doğru ya da tersine alt birimden üst birime doğru olur (Akipek,2004).”

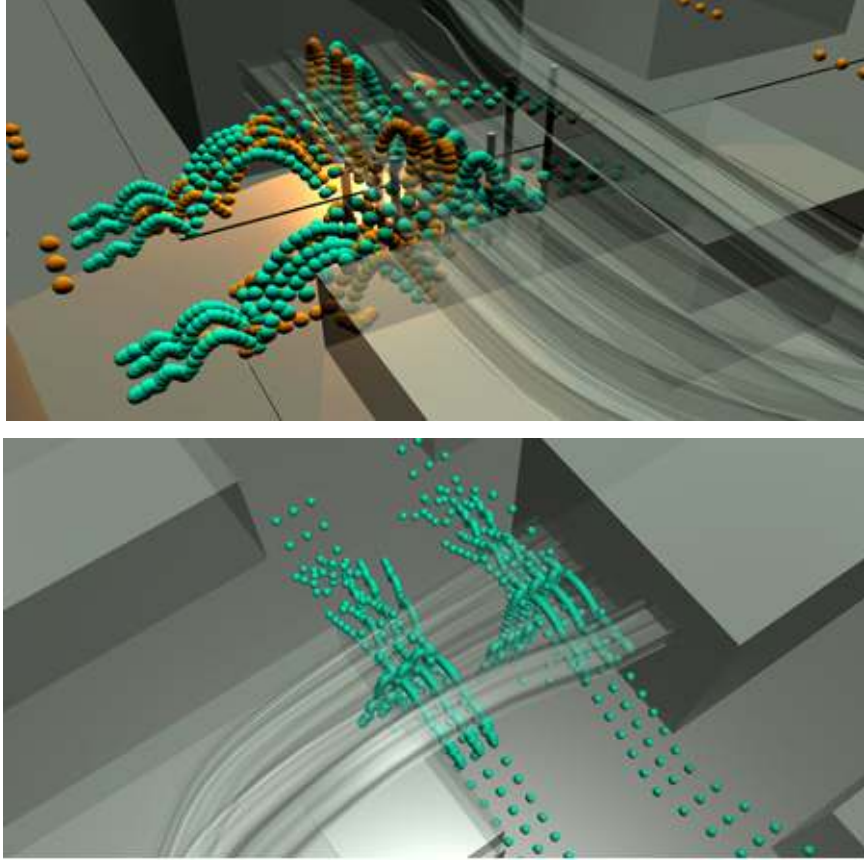
“Particle emissions (parça emilim) yönteminde tasarım çevresindeki artan azalan güçler bir çekim noktası olarak tariflenir. Parçalar, çekim gücünün etkisiyle hareketlenir ve biçimlenir. Parçaların hareketine iskelet ve kabuk giydirilerek çeşitli biçimler elde edilebilir (Akipek,2004).”

Animasyonla tasarım yöntemleri ile tek bir kütle içinde, farklı bölgelerde farklı güçlere cevap veren ve dolayısıyla farklı kesitlere sahip olabilen mekanlar tasarlanabilmektedir. Bir yandan

sürekliğini korurken bir yandan biçim değişikliklerine uğrayabilen topolojik yüzeylerle çalışılır. Daha önceleri film sektöründe, otomobil, gemi, uçak gibi ulaşım araçlarının tasarımında yaygın olarak kullanılan animasyon ve prototipleme teknolojileri mimari tasarım alanında da kullanılmaya başlanmıştır (Akipek,2004).

Animasyon tekniklerini projelerinde sıkça kullanan Greg Lynn, ABD'deki otobüs terminali yarışmasında şöyle bir süreci izlemiştir:

Yarışma, Liman işletmesinin otobüs terminali içinde uzanan otobüs rampaları için aydınlatma şemasının ve koruyucu bir çatı tasarımının yapımı için açılmıştır. Proje alanı, 9.bulvar, 43 ve 42. caddeler, Hudson nehrinden yükselerek gelen dört otobüs rampasının yoğunluğu ve her biri farklı hıza sahip otobüs, araba ve yaya akışlarının modellenmesi ile tasarlanmıştır. Hareketin bu farklı kuvvetleri eğimli bir yüzey ortaya çıkarmıştır. Hareketin bu görünmeyen yapısını keşfetme sürecinde, biçimini ve pozisyonunu kuvvetlerin etkisine göre değiştiren geometrik parçacıklar ortaya çıkmıştır. Bu parçaların etütlerinden hareket döngülerinin bir dizi evre portreleri elde edilmiştir. Bu evre portreleri rampaları, mevcut binaya ve liman işletmesi otobüs terminaline bağlayan borular şeklinde çerçeve strüktürlere götürmüştür. İki yüzey bu tüplere gerilerek koruyucu bir yüzey ve yarı geçirgen bir zar oluşturmuştur.

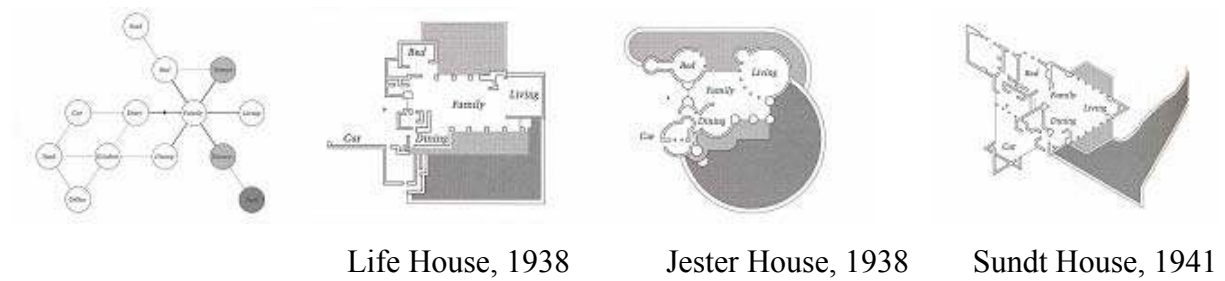


Şekil 3.5 Araç ve insan trafiğinin animasyon teknikleriyle modellendiği rampalar[15]

Greg Lynn, Liman İşletmesi Giriş Kapısı Yarışması, New York, ABD, 1995

3.2 Mimari Tasarımda Topoloji

Mimaride topoloji yeni bir kavram değildir. Çünkü diyagramlar, eskizler direkt veya dolaylı olarak objelerin topolojik özelliklerini ortaya koyar. Akslar ve gridler genellikle objenin özel durumunun tarifini yaparlar. Diyagramlar da aynı zamanda topolojik haritalardır.



Life House, 1938

Jester House, 1938

Sundt House, 1941

Şekil 3.6 Frank Lloyd Wright'ın yaptığı tasarımların topolojik özelliklerini gösteren diyagramlar ve plan şemaları [16]

Topoloji, tasarım bilgisini tanımlama çalışmalarıyla daha önemli bir hale gelmiştir. Bundan birkaç yıl öncesinde topoloji-mimarlık ilişkisi farklı tanımlanırken şimdi bilgisayarın tasarımda ilerleyişiyle topoloji kavramı tasarıma yeni bakış açıları getirmiştir. Günümüzde tasarım anlayışı somut ve soyut düşüncenin birlikte ilerleyişine dayanır. Topolojik çalışmaların tasarımdaki etkileri bu çalışmaların görsel olarak tanımlanabilir hale gelmesiyle ortaya çıkmıştır.

Geleneksel mimari tasarımda formlar, Euklides geometrisine bağlı olarak küre, piramit, silindir gibi basit objelerden oluşmaktadır. Ancak günümüzde bu formların dışında mimaride yeni karmaşık formlar belirlemeye başlamıştır.



Şekil 3.7 Guggenheim Müzesi, Frank O.Gehry [17]

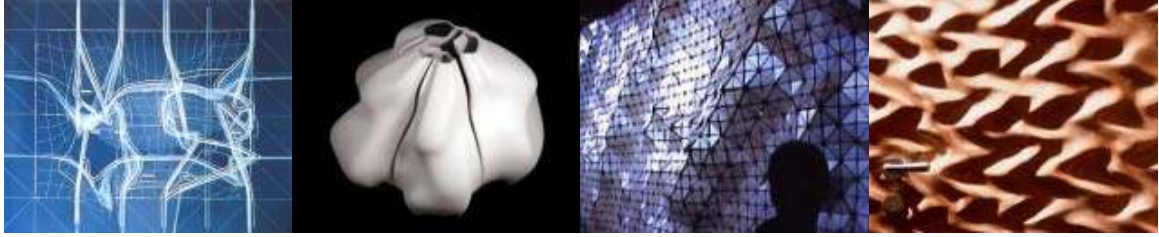
Bu lineer olmayan formlar öncelikle matematikte, 1760'da Langrange'ın minimum alan yüzey hesaplamalarında ve 1865'de Schwarz'ın problem çözümleri için karmaşık fonksiyonlar üzerinde çalışmasıyla belirlemeye başlamıştır.

Günümüzde birçok mimar bu karmaşık formları uygulama çabasına girmişlerdir. Ancak bu formların uygulanabilmesi için yeni yapım sistemlerine ve yeni malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu olanaklıyken onların dışındaki ülkelerde olanaklı olamamaktadır.

Yeni mimari formlar, lineer cebir, ikinci dereceden denklemler, simetri gruplarıyla açıklanmaya çalışılan objelerden oluşmaya başlamıştır (Alsina ve Trillas,1984).

Poincare (1854–1912), matematik ve mimarinin kesiştiği bu noktada matematiksel yaratıcılığı sanatsal yaratıcılıkla benzer tutarak mimari tasarım için bu ikisinin birlikteliğinden söz etmiştir. Mimarların toplum, sanat ve bilimi birleştiren bir role sahip olması nedeniyle mimarlarda bilimsel düşünce sisteminin bulunması gerektiğinden söz etmiştir (Salazar, 1961).

Mimari tasarım ile matematik bilimini ve matematiğin bir dalı olan topoloji ile birleştirmek çeşitli yollardan olabilmektedir. Topoloji, formların durağan yapıları yerine dönüşümlerine de izin verir. Bununla birlikte topolojideki soyut formlar diferansiyel denklemleriyle açıklanabilmektedir (Heyman, 1995). Bu yüzden topolojinin kavramlarını gerçek uzayda görmek örneklerle olabilmektedir. Bu örnekler de çoğu zaman müzeler, alışveriş merkezleri, metro durakları, spor salonları gibi büyük açıklıkların geçildiği kamusal yapılardır. Bu yapılarda topolojik eğriselliklere sahip formlar görebilmemiz olanaklıdır.



a)Peter Eisenman, Virtual house, 1997 b)Greg Lynn, Tea & Coffee Towers, 2003 c)dECOi, Aegis Hyposurface, 1999 d)Bernard Cache, Objectile, 1999

Şekil 3.8 Dijital ortamda tasarlanmış topolojik çalışmalar[16]

Bir mimari projenin form gibi sadece tek bir olgu üzerine kurulu olması düşünülemez. Bir projenin mantıksal ve analitik süreci bir sonucu olması gerekmektedir. Bu nedenle topolojik eğriselliğe sahip projelerde sadece form üzerine kurulu olmayıp bir sürecin sonucu olduğu ortaya çıkmışlardır.

Bu bakış açısı mimari tasarım teoristlerinden Geoffrey Broadbend* ve Cristopher Alexander** ile başlamıştır. Alexander 'a göre tasarlanacak bir ürün bağlam içinde bütünlük taşır ve her zaman çevreyle ilişki halindedir. Böylelikle tasarımın değişme olanaklarının düşünülmesi gerekliliğini ve bütün içindeki uyumuna dikkat edilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır [18]. Bu sistematik metotla sembollerin, ikonların hafızaya alınması ve objelerin birleştirilmesi mimari tasarımda günümüz mimari formlarının anlaşılabilmesi için önemli bir nokta oluşturmaktadır.

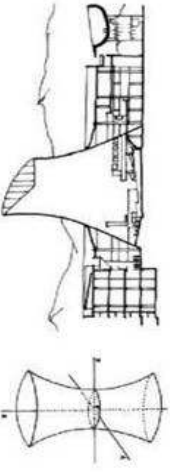
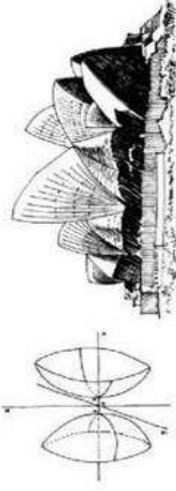
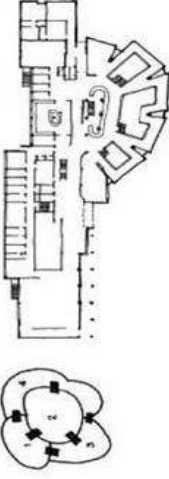
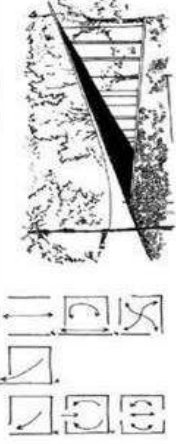
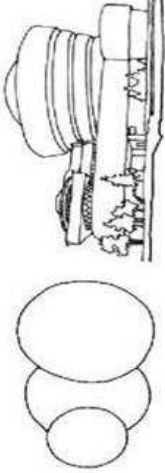
Lizbon Teknik Üniversitesi mimarlık fakültesinde mimarlık öğrencilerinin matematiksel sistematığa dayanan bu düşünce sistemi ile tasarıma yaklaşmaları için eğitim programlarında bir deneme yapılmıştır. Bu denemede formların ilişkileri, topoloji, süreklilik, farklılık gibi kavramlar üzerinde durulmuştur.

Mimari tasarımda topoloji, bilgisayar destekli tasarım ve animasyon yazılımlarına bağlı olarak formun dinamik türevlerinin çıkarılması olarak tanımlanmaktadır (Cristian,1996). Mimari formun dinamik ve karmaşık türevlerini almak tasarıma yenilik ve esneklik getirmektedir. Bu da tasarım problemini çözmede seçenekler uzayının genişlemesini sağlamaktadır.

Bilgisayar, bilgisayarla tasarımda aslında tasarımcının elinde bir araçtır ve bu araç tasarım, düşünme ve yapma arasında kullanılmalıdır. Var olan kısıtlamalar ve zorunluluklar arasında en iyi sonuca ulaşmak için bilgisayar ortamında tasarım önemlidir. Bilgisayarlardaki topoloji odaklı çalışmalar sayesinde tasarım verileri ve bu verilerin sonuca ulaşmada kullanımı daha kolay bir hale gelmiştir. Tasarımda yapılacak bölgesel bir değişiklik aynı anda tüm tasarım kararlarını etkileyecek ve tasarımı geliştirmek adına daha kolay yol alınmasını sağlayacaktır.

*Geoffrey Broadbend, Metodologia del diseño arquitectónico (1971) adlı kitabında 'analiz, sentez ve gelişim' olarak ayırdığı tasarım süreci ve mimari tasarımın yöntemi üzerine çalışmalar yapmıştır.

**Cristopher Alexander (1936-), Cambridge Üniversitesi'nde matematik ve mimarlık okumuş, doktorasını mantıksal programlamaya dayanan formların biraradalığı üzerine yapmıştır. Notes On The Synthesis Of Form (1970) ve A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction (1977) adlı kitaplarında mimarlık ve form oluşturma üzerine durmuştur. [19]

kavram	örnek künyesi	örnek
Hiperbolik tek yüzey	Parliament, Le Corbusier, Kandigarh, Hindistan	
Hiperbolik çift yüzey	Sydney Opera Binası, Jørn Utzon, Sidney, Avustralya	
İçbükey alanlar	Rovaniemi Bibliotheca, Alvar Aalto	
Açık ve kapalı alanlar	Notre-Dame de la Solitude Chapel, Enrique de la Mora, Meksika	
Birleşik kapalı alanlar	Guggenheim Müzesi, Frank Lloyd Wright, New York	
Yüzeylerin topolojik deformasyonu	Olympic Oyunlar Çadırı, Frei Otto and Gunter Behnisch, Münih, Almanya	

Çizelge 3.1 Formların topoloji, süreklilik, farklılık kavramları ile ilişkili örnekleri (a, b, c, d, f)

3.2.1 Güç Alanları Altında Topolojik Formların Mimari Mekana Dönüşümleri

Yeni mimarlık eğilimlerinin tipolojiden topolojiye dönmesi, projelerin yazılım ortamında üretilmesi, matematikle mimari tasarım arasındaki ilişkinin giderek artması mimari tasarımda bilgiye ve sistematik tasarım anlayışına dayanan tasarım yöntemlerinin benimsenmeye başladığının göstergeleridir.

Marcos Novak transmodernite adını verdiği yeni koşulları adım adım saptamaktadır.[18] Ayrı disiplinlerden çok disiplinlik sürecine geçilmesi sonrasında disiplinlerarasılığı bir evrim şeması olarak göstermektedir. Novak 'a göre gündelik yaşamımız transdisipliner hale gelmiştir. Yeni binyılın modernitesi sosyal yaşamı algoritmik kavrayış, sayısal modelleme, robotik inşa faaliyetleri ve anında iletişim olanaklarını getirmiştir. Novak'ın transmodernitesine göre toplumsal yaşam yerel olmaktan çıkıp sanal gerçekliğin hayata karışmasıyla 'transmimarlık' biçimlenmiş olmaktadır (Şentürk, 2005).

Zeminin, duvarın, tavanın klasik anlamlarının değiştiği mimaride tüm hacmin dokunulur hale geldiği tasarımlar hayata geçmektedir. Mekanlar arasındaki süreklilik, duvar, zemin gibi yüzeylerin hem yüz olmaya başlaması akışkan mekan kavramını açıklamaya yardımcı olmaktadır.

1960'lar sonrasında mimariye üretim teknolojisinin yanı sıra bilgi teknolojisinin ve özellikle bilgisayar teknolojisinin girmesiyle tasarım alanında yeni çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Tasarımın kapalı bir kutu olmadığı, tasarım süreçlerinin hem mühendislikle hem de matematikle sistematik olarak açıklanabileceği Alexander gibi bilim adamlarının çalışmalarında açıklanılmaya çalışılmıştır. Yine 1950-60'larda Herbert Simon'ın* yapay zeka üzerine M.I.T (Massachusetts Institute of Technology) de yaptığı çalışmalar tasarımda analizden ayrılmayan bir analitik düşüncenin , formülize edilebilen bir yapının ve matematiksel bakışın hakim olduğu yönündedir.[20] İnsan zekasının çevre ve önceki verilere dayalı anlık algı sıçramalarını bilgisayarlara yaptırmak mümkün olmadığı için daha sonra yapay zeka çalışmalarına ara verilmiştir.

*Herbert Simon (1916–2001), ekonomi, filozofi ve bilgisayar bilimleri ile ilgilenmiştir. 1978 de ekonomi dalında Nobel Ödülü alan H. Simon , 'Problem Solving - The Science Of Artificial' ile yapay zeka üzerine M.I.T'de çalışmalar yapmıştır. [21]

Crystal Palace ve Eiffel Kulesi mimaride çelik kullanımı ve geniş açıklıkların geçilebilmesi yönünde endüstri devriminin bir dönüm noktası olduğunu vurgularken bunlardan 100 yıl sonra yapılan Guggenheim müzesinin sadece karmaşık formları bakımından değil tasarım bilgisinin bilgisayar ortamından doğrudan okunarak üretime geçilmesi açısından bilgi devriminin en bilinen örneği olmuştur.

1988’de A. Johnson tarafından “Museum of Modern Arts” da düzenlenen bir sergide Frank Gehry, Peter Einsenman, Coop Himmelblau, Bernard Tschumi’nin projeleri sergilenmiştir. Bu projelerde yapı elemanları parçalanarak yeni bir biçim dilinde birleştiriliyordu. Böylelikle aslında mimaride var olanı tamamen kabul etme yerine ‘sorgulama’ dönemine girildiğinden söz etmek yanlış olmayacaktır. Mimari kaygıların bir nedensellik içinde sunulması, matematiksel bir tabana oturtulması, verilerin tasarımı oluşturan ana noktalar olarak ele alınması günümüz mimarlığının temelini oluşturmaktadır (İnceoğlu, 2004).

Mimari tasarımdaki bu çağdaş yaklaşımlar her ne kadar teknolojik bir ilerleme süreci geçirse de aslında Leibniz (1646–1716) ve Gilles Deleuze’ye (1925–1995) kadar uzanan matematik teoristleri ve filozoflarından düşünsel arka planı oluşturmaktadırlar (Şentürk, 2005).

Deleuze’ün dile getirdiği açılımlar bugünün mimarisinde kullanılan topolojik yaklaşımlar çerçevesinde “bleb, blob,fold” gibi sözcüklere referans vermektedir. Deleuze’ ün terminolojisinde yer alan “ilişki, bağlantı, esneklik, düzgün uzay” gibi kavramlar günümüz mimari yaklaşımının tabanını oluşturan kavramlar haline gelmiştir.

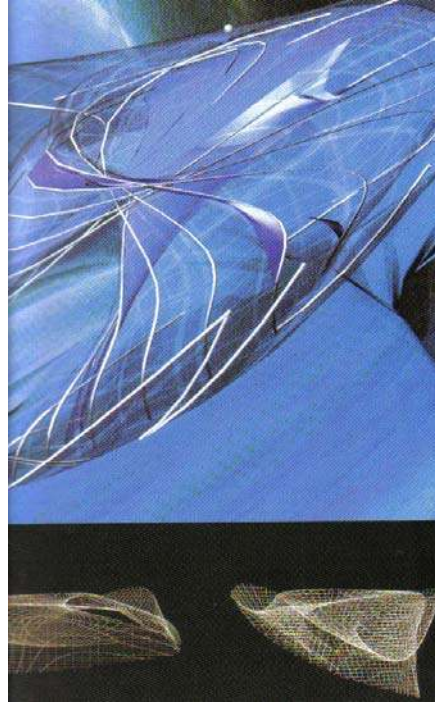
Mimari tasarımdaki topolojik yaklaşımların dayandığı diğer bir nokta Rene Thom* (1923–2002) tarafından ortaya atılan Catastrophe Teorisi (Yıkım Teorisi) ve onun diyagramlarıdır. Catastrophe teorisine göre bir sistemin bir durumdan diğer duruma geçişi çok küçük bir hareketle olabilir. Bu lineer olmayan dinamik sistemlerin (periyodik çemberler) üzerinde denenmiştir. Bir sistem iki ya da daha farklı durumda bulunabilir. Sistemdeki küçük bir değişiklik diğer bir duruma geçişi sağlayabilir ya da istikrarlı olmayan farklı bir duruma neden olabilir.

*Fransız matematikçi Rene Thom (1923–2002), Catastrophe Teorisi (Yıkım Teorisi 1968–1972) ile adını bilim dünyasında duyurmuştur. Bu çalışmasından önce ‘diferansiyel topoloji’ ile ilgilenmiştir. [23]

Lynn, bu teoriden “sürekli devam eden bir yüzey üzerine farklı güçlerin yerleştirilmesi” olarak söz etmektedir. Buradan yola çıkarak form üzerine etki eden çeşitli güçlerin (rüzgar, ışık, çevresel faktörler...) formu şekillendirmesinden söz edilebilir.

Diyagramlar, farklı etkiler altında yeni geometrik formların türetilmesi için kullanılmaktadır. Lynn, Deleuze’e dayanarak Catastrophe Teorisi için, yıkımda meydana gelen tek sabit noktadan ziyade olaylar bölgesinden bahsetmektedir (Lynn,1999). Yani formda yıkımı sadece tek bir etken başlatmaz yıkımı başlatan etkenlerin bütünüdür. Buna bağlı olarak oluşturulan form tek bir etki altında değil etkiler altında türetilmiştir. Jeffery Kipnis**, form üretmekte kullanılan bu diyagramların mimari form çalışmalarında yeni bir basamak olduğundan söz etmektedir [22].

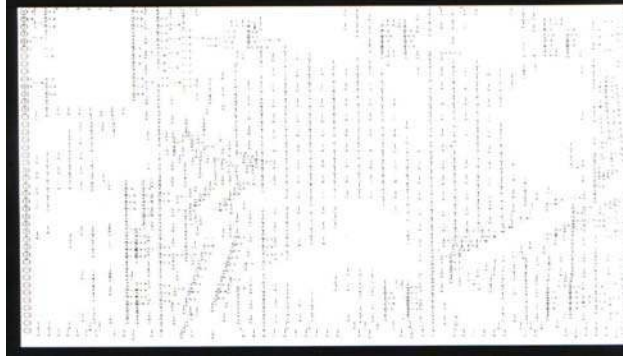
Stephen Peralla ve Rebecca Carpenter ‘ın Mobius şeridini modelleyerek elde ettikleri topolojik tasarım -Mobius Ev- modern mimarlığın temel ikiliklerinden olan iç-dış ayrımını sorgulayan ve giderek iptal eden bir tasarım olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Mobius Ev (Şentürk, 2005)

**Jeffery Kipnis, Ohio Üniversitesi’nde öğretim üyüğü yapmaktadır. ‘Mimari Düşüncede Stratejiler’, ‘Morphosis’ gibi yayınları bulunmaktadır. ‘Towards a New Architecture’ adlı yayınında mimari form ve diyagramlar üzerine çalışmalar yapmıştır [22].

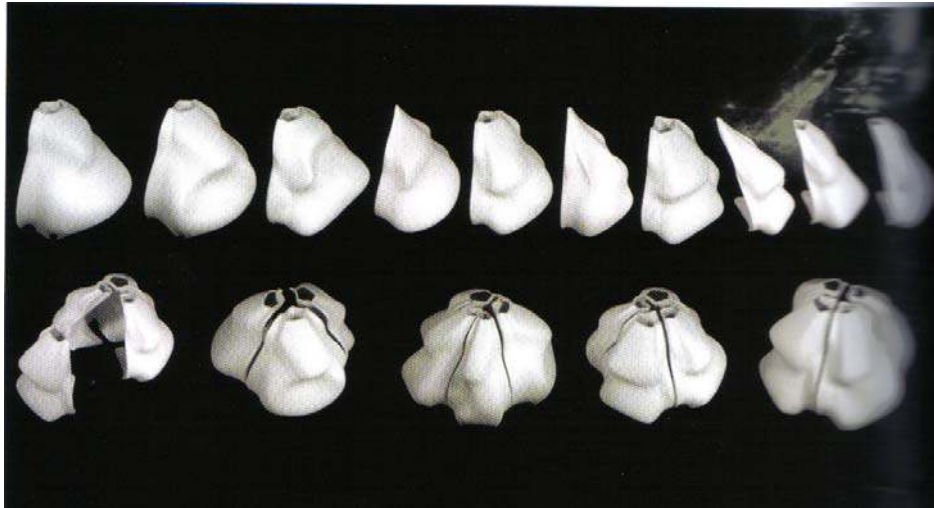
Daniel Libeskind Berlin Yahudi Müzesi cephesinde bir algoritmik alfabe kullanmıştır. Yine Libeskind gibi Tschumi de Park de la Villete tasarımında ürettiği tipolojileri andıran bir başka geometrik alfabe kullanmıştır.



Şekil 3.10 Berlin Yahudi Müzesi cephesinde kullanılan algoritmik alfabe (Şentürk, 2005).

20.yy'ın önemli matematiksel tasarımcılarından biri de Mauritz Cornelis Echer'dir. Mobius şeridi Echer'in üzerinde en çok çalıştığı nesnelerden biridir. Eisenman'ın "singularity" (tekillik) olarak adlandırdığı eğriçizgisel mimarlığındaki katlamalarında, esnemelerinde ve uçlarında Echer'in etkileri görülür (Şentürk, 2005).

Greg Lynn 'in tasarımlarındaki topolojik formlar rastlantısal değil her biri matematiksel fonksiyon olarak açıklanabilen alt kümelerden oluşmaktadır. (blob, bleb, fold) [15]



Şekil 3.11 Greg Lynn-Alessi prototipleri [15]

Mimaride topolojik yaklaşım bilgisayarın tasarıma girmesiyle birlikte yeni bir kavram olarak ortaya çıkmış olsa bile aslında var olan topoloji kavramı gelişen tasarım anlayışıyla birlikte daha geniş açılımlara ulaşılmasını sağlamaktadır.

Greg Lynn (Lynn, 2002) mimari formun sadece içsel parametrelere bağlı ilişkiler dizini olmadığından, çevreden gelebilecek etkilere cevap olabilecek ve aynı zamanda sosyo-ekonomik bağlamla da ilintili bir yapı olduğundan bahseder. Lynn'e göre yeni modern mimaride form, formel konseptte hareketle ve hareketin oluşturduğu güç alanlarıyla meydana gelmektedir. Bu güçler dinamiğini oluşturmakta ve form bu güçler dinamiği altında tekrar şekillenebilmektedir. Form ve formun değişimleri dinamik hareketin bir ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. D'Arcy

Thompson (1860–1948) doğadaki formlar ve formların değişimlerini 'güçlerin hareketi ve etkileri'ne bağlar. Lynn'e göre tasarım uzayı hep kartezyen koordinatları ile sınırlıyken günümüzde tasarım uzayı hareket ve güç alanlarının tanımladığı bir çevredir [16].

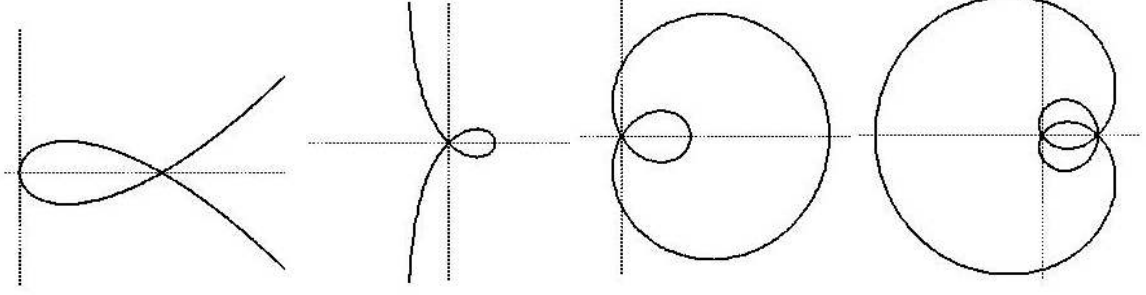
Fiziksel form statik koordinatlarıyla tanımlanırken çevresel güç alanları ise onun şekillenmesini belirlemektedir. Bu mimaride 'form bulmayı' ortaya çıkarmıştır. Lynn, bunu statik koordinatların oluşturduğu pasif uzaydan aktif uzayın oluşturduğu yeni bir alana geçiş olarak tanımlamaktadır.

Bu geçiş mimariye isomorphoic polysurfaces (blob, bleb, fold) gibi yeni topolojik formların girmesini sağlamıştır. Isomorphoic polysurface'ler yeni form değişim olanakları sağlayan, birbiriyle etkileşim halinde olan, parametrelerle belirlenmiş formlardır. Bütün yüzey bu formların hareketinden oluşur. Bu da dinamik geometriyi ve yeni mekan anlayışını ortaya koyar (Kolarevic, 2003).

3.2.1.1 Bleb

Blebler bir yüzeyin sınırlı hacimsel alan oluşturmak için kendisiyle kesişmesinden oluşan hacimsel cepler/çukurlardır. "bleb" terimi tasarımcılar tarafından bir eğriyi, bir eğriler ağı tarafından var edilmiş, kendi kendisiyle kesişen bir yüzeyi tanımlamak için kullanılmaktadır. Birçok bilgisayar yazılımı bu eğrisel döngüleri otomatik olarak yüzeylerden kaldıran fonksiyon tuşlarına sahiptir.

Blebler ilk olarak Greg Lynn'in ofis çalışmaları sırasında döngü kesme fonksiyonunun çalışan program üzerinde kapatılmasından sonra yüzeylerde hacimsel dalgalıkların oluşmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu eksiklik aslında Decartes ve Pascal'ın teorilerini referans kabul eden bir çalışmayı başlatmaktaydı. Daha sonraki çalışmalarda bu hacimsel cepler/çukurlar sürekli devam eden yüzeyler içinde mekansal boşluklar oluşturmak için kullanılmıştır [15].

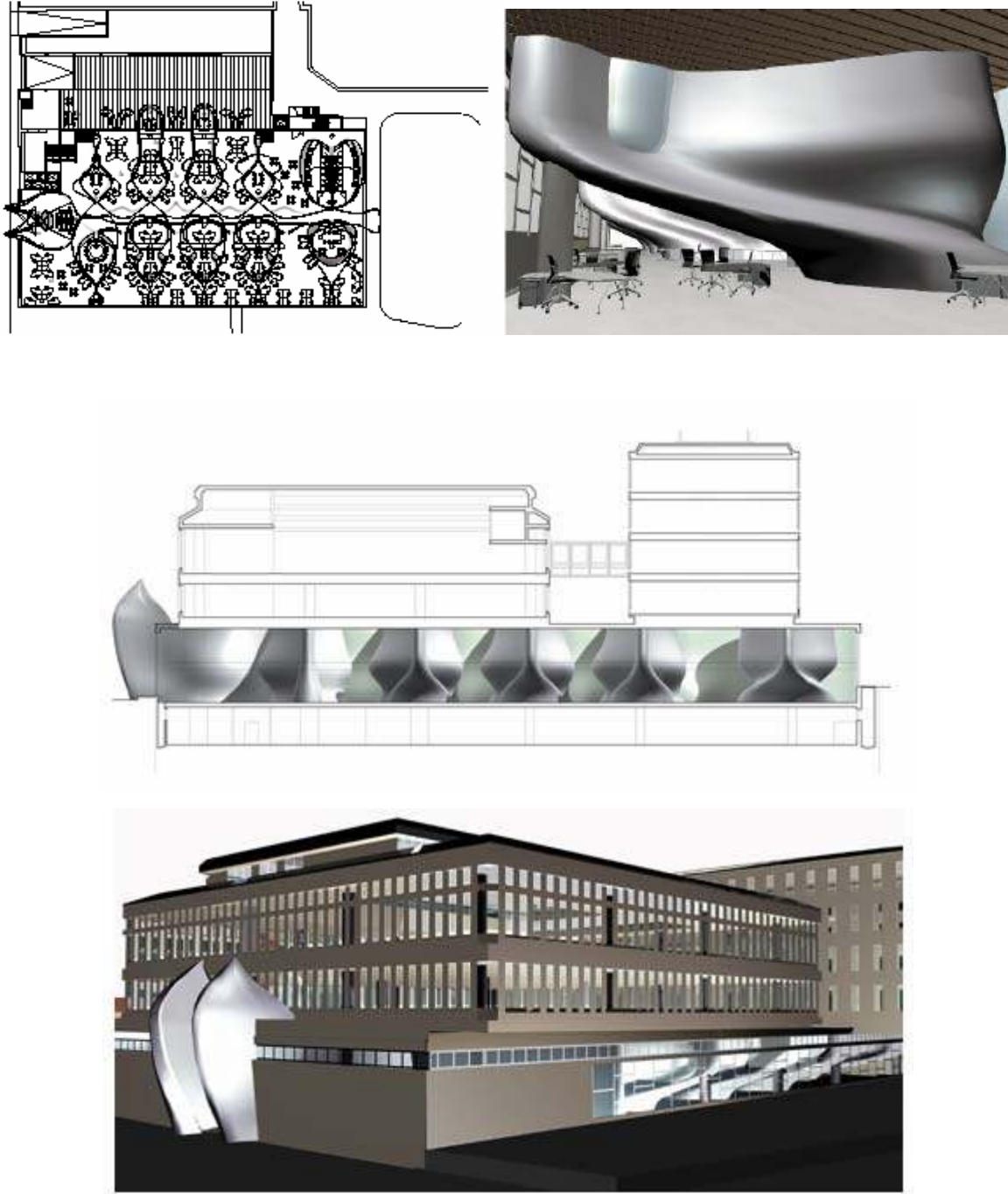


Şekil 3.12 Bleblerin oluşum şeması[15]

Dada Grows tarafından açılan yarışmaya katılan Greg Lynn'in bleb formlarını kullandığı bir iç mekan tasarımı olan proje örnek olarak verilebilir (Şekil 3.13).

Uluslar arası fikir yarışması olarak açılan bu yarışmada iç mekan tasarıma yönelik beş kavram yer almaktadır: yoğunluk noktaları, eğim alanları, çapraşık bağlantı, yoğun karışma, rahat davranış, işbirlikçi uzmanlık. Bu kavramlar, tasarım süreci içinde projenin fonksiyon şeması haline getirilmiştir [15].

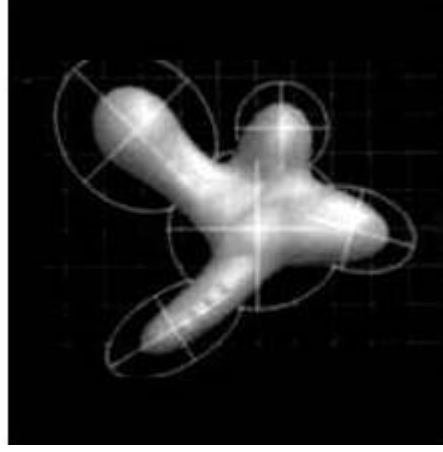
Kullanılan bilgi tabanlı tasarım programları sonucu birinci kavram olan yoğunluk noktalarına bağlı olarak yeni organize yapılar ve yeni iç mekan düzenlemeleri ortaya çıkmıştır. Bütün alan esnek bir biçimde organize edilmiş çalışma alanları, iletişim alanları ve yönetim alanlarından oluşmaktadır. İç mekan düzenlemesi, alışlagelmiş kübik ofis alanları yerine organik formlardan oluşmuş çalışma mekanlarını kapsamaktadır. Eğrisel biçimli iç parçalar iş birliği, iletişim ve yaratıcılığı destekleyen öğeler haline gelmiştir. Kullanılan malzeme iç mekan atmosferini bu akışkanlık ve esnekliğe daha da uygun hale getirmiştir.



Şekil 3.13 Ofis iç tasarımı, Greg Lynn, yarışma projesi, Mart 2001 [15]

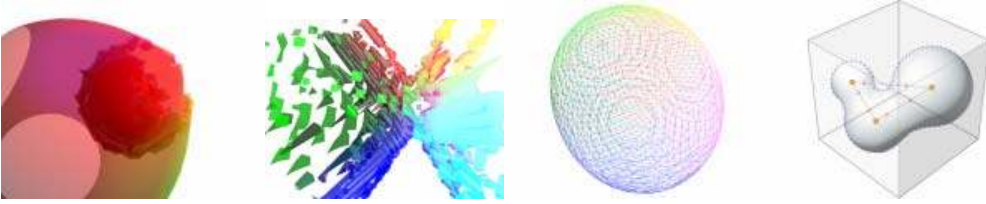
3.2.1.2 Blob

Blob, “binary large objects” sözcüklerinin baş harflerinden oluşan “ikili çift halinde büyük nesneler” anlamına gelen bir kısaltmadır. Blob terimi teknik olarak matematiksel bir fonksiyonun $f(x,y,z)=0$ oluşturduğu bir yüzey olarak tanımlanmaktadır. Blob, nokta güç alanı olarak da tanımlanırken aynı zamanda mimari biçimsel bir tipolojiyi de belirler [15].



Şekil 3.14 Blob'un üç boyutlu modeli [15]

Bloblara bağlı modelleme tekniğinin ilkesi primitif poligon kürelerinin bir etki ve saptırma alanı içinde var edilmesiyle başlar. Bu iki alan, içsel ve dışsal ağıl deformasyonların bir başka yüzeyi büyük bir ağ örüntüsü içine itmesiyle oluşur. Bu yol ile bir yüzey birçok bireysel elemanlarla kesişerek modellenebilir. Tüm yüzey ise bütünü oluşturan elemanların ölçek ve pozisyonlarındaki küçük değişimleri sayesinde oluşturulabilir.



Şekil 3.15 “Blob” ların yapılmış görsel tanımlaması, Stylianos Dritsas, MIT 2003. [16]

Bloblar Lynn'in 'embriyolojik ev' tasarımında da karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.16).Lynn'in yöntemi, evi bir tüketim nesnesine dönüştüren sonsuz bir olanaklar dizgesine sahiptir. Embriyolojik evin strüktürü, çift cidarlı bir kabuk ve şişirilmiş panellerin daire kesitli çelik kirişlere bağlanması ile oluşmaktadır. Kabarcık evler, aşağıdan yukarıya doğru eğriler çizerek hacimleşen bu kabuğun bünyesinden türemektedir. Birinci kabuk çok hassas alüminyum ve cam panellerden oluşur. Yarı saydam bir ekran görüntüsündedir. İkinci kabuk birincisinin üzerinde gölgeleyici bir katman durumundadır. Kabuklar, gün ışığının yoğunluğunu bilgisayar aracılığı ile hesaplayarak istenen açıda bir gölgeye dönüştürebilir bir donanıma sahiptir. Embriyolojik evin içi bir arabanın içi gibidir; mekaniktir. Evin donatıları bir embriyonun

değişim evrelerini gözeterek tasarlanmıştır. Masa, sandalye, küvet, depo ve kabinler bu anlamda mutlak nesneler değil, dinamik karakteri ile çok programlı nesnelerdir. Embriyolojik evin döşemelerinde mantar, yapay deri, paslanmaz çelik, lastik, halı ve seramik önerilmiştir.

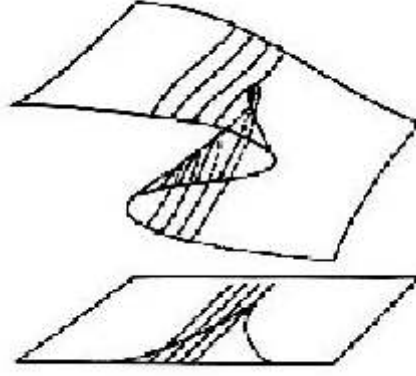


Şekil 3.16 Embriyolojik ev, Greg Lynn [15]

3.2.1.3 Fold

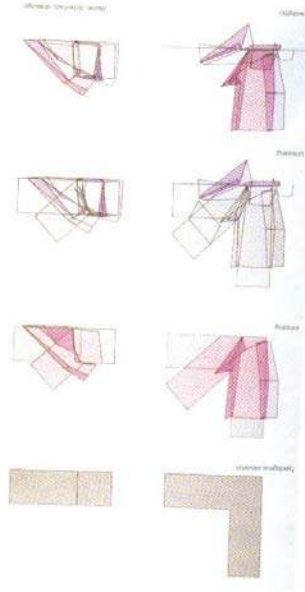
Fold, düzgün ve farklılaşmayan yüzeylerin birbiri üzerine katlanıp bükülmesinden oluşan yeni yüzeylere verilen addır [15].

Gilles Deleuze'un 'Le Pli' de dile getirdiği açılımlardan biri de, bir parça kağıdın topolojik levhanın soyutlaması olarak sonsuza dek katlanıp, eğilip bükülüp, kendi evreni üzerinde bitimsiz bir evren kurabilme esasına dayanmaktadır. Bu katlama sırasında oluşan 'kıvrım'lar bugünkü fold kelimesinin karşılığıdır. (Şekil 3.17)



Şekil 3.17 Foldların oluşumu [15]

Peter Eisenman, Alteka ofis binası projesinde (Tokyo, Japonya) yapının katlanarak, bükülerek ayağa kaldırılmasını anlatan süreç çizimlerine başvurmuştur. (Şekil 3.18)



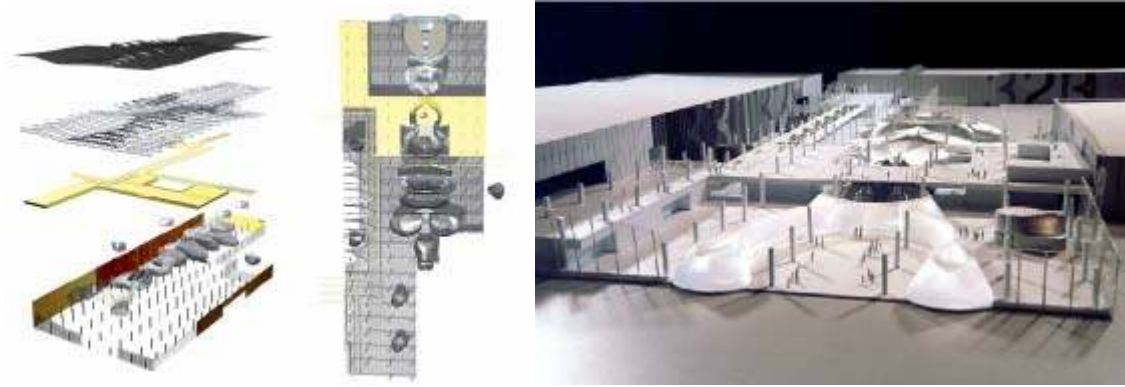
Şekil 3.18 Alteka ofis binası süreç çizimleri, Peter Eisenman (Şentürk, 2005)

Greg Lynn fold biçimlerini BMW Merkez Binası tasarımında tarafından şöyle yorumlamıştır (Şekil 3.19).

BMW araba fabrikasının Leipzig Almanya'daki merkez binasının gövde, boya ve montaj fabrikaları arasında yer alması planlandı. Hem çalışanlara hem de ziyaretçilere açık olacak olan bu yapıda esnek ofis ve fabrika mekanlarına ihtiyaç vardı. Tasarımın öncül ilkesi mekanın uzamsal, sosyal ve estetik özelliklerinin merkez binanın teknik ve fonksiyonelliğiyle

bağdaştırılmasıydı. BMW grubu araçlarını ve motosikletlerini ‘en yüksek sürüş makineleri’ konsepti altında özel bir şekilde sunuyorlardı. Bu konsept altında tasarım da yüksek performans gösteren bir makine olmalıydı.

Tasarımın kalite, güven, araştırma, ölçüm ve görüntüleme gibi fonksiyonel öncelikleri merkez noktada toplanmıştır. Bu özellikler gövde, boya ve montaj teknolojileri arasında sosyal ve teknik ilişkiyi sağlayan unsurlardır. Zemin katın merkez noktasında konumlanan bu fonksiyonları kapsayan mekanlar kıvrımlı metalik formları sayesinde göze çarpan birimleri oluşturmaktadırlar. Bu alanlar bir otomobilin malzeme, bitişler, dil ve teknik donanımları göze alınarak oluşturulmuştur. Kesim ve denetleme odaları, ölçüm teknolojileri, laboratuvarlar ve sanal gerçeklik alanları otomobil yapım sürecinin merkezini oluşturmaktadır. Bu bölümler merkez binanın önemli noktalarını oluşturmaktadır. Eğrisel metal kabuklara sahip ve özel fonksiyonlara hizmet eden bu mekanların bina içinde dolaşan özel ışıklandırma sistemi sayesinde gün ışığından faydalanması amaçlanmıştır. Metal yüzeylerden yansıyan gün ışığı fabrika alanında estetik bir görüntü de sağlarken ofis alanları için de aydınlanmayı sağlamaktadır. Fabrika alanı içinde bir iç bahçe oluşturularak bu alan içinde üretimi tamamlanan otomobillerin sergilenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.19 BMW Merkez Binası Tasarımı, Greg Lynn, 2001–2002 [15]

Bilgisayar teknolojilerinin topoloji ve mimarlıkla kesiştiği noktada mimarların halen yürüttükleri projeler bulunmaktadır. Bu projeler içinde tasarım teknolojiye getirdikleri boyut, kullandıkları teknoloji, tasarım ve yapım süreç aşamaları açısından H2O Expo ile Deneysel Müzik Evi projeleri önem kazanmaktadır. Başlıklar halinde sunulan diğer örnekler yine bu ölçütler açısından irdelenebilir.

3.3 H2O Expo, Hollanda, 1997, NOX

H2O Expo, NOX Mimarları tarafından Hollanda’da tasarlanmıştır. Mimarlar, 65 metreden daha uzun olan mekana suyun akışkanlığını eliptik hareketlerle yansıtmışlardır. Mekanın karmaşık formu içinde dikey elemanlar bulunmamaktadır.

Kavramsal Çıkış Noktası: Yapının önemi teknoloji ve insan etkileşimini birleştirebilmesidir. Suyun katı, sıvı ve gaz hallerinin simülasyonları mekana akışkanlık kazandırmak için kullanılmıştır. Buna benzer bir arayüz Stephen Perella ‘nın Hypersurface Teorisi’nde yer almaktadır. Bu kavramla tasarlanan H2O Expo ‘da duvarlar mekansal sınır oluşturmamaktadır.

Tasarım Teknolojisine Getirdiği Yeni Boyut: H2O Expo’da kullanılan her eğimli yüzey mekana devingen bir form katmaktadır. Projeksiyonlar ve simülasyonlar ile bireysel hareketlerin mekan içine yansıtılması insan algısını tetiklemektedir. Mekan tüm bilgiyi katmanlar halinde sunan bir yapıya sahiptir. Bilginin katmanlaşması LCD (Liquid Crystal Display-likid kristal gösterici) ekranlar, insan hareketine duyarlı almaçlar ve simülasyonlar şeklinde olmaktadır. Böylelikle mimarlık teknoloji ile yer değiştirirken duvarlar arayüzü oluşturmaktadır.

Kullanılan Teknoloji: H2O Expo’nun tasarım ve yapım aşamasında bilgisayarlar kullanılmıştır. Yapının karmaşık formu CAD modellemesinin bilgilerinden faydalanılarak ortaya çıkmıştır.

Tasarım Süreci: RIBA konferanslarında ‘*çizgi, eksik bilgilendirilmiş eğridir*’ başlıklı proje olarak sunulan H2O Expo’ya tasarım sürecinde kullanılan animasyon teknikleri ve diyagramlar açıklanarak yeni açılımlar katılmıştır. Bu süreç içinde belirli noktalarda durularak diyagramlar ve maketler yapılmış, bu diyagram ve maketlerden elde edilen verilerin tekrar bilgisayar ortamına aktarılmasıyla yapım aşamasına geçilmiştir. NOX mimarları bu projeyi ‘*yüksek bilgiyle buluşan malzeme*’ olarak tanımlamaktadırlar.



Şekil 3.20 H2O Expo, Hollanda ,NOX,1997 (Migayrou ve Brayer., 2003)

3.4 Deneysel Müzik Evi, Washington, 2000, Frank O. Gehry

Kavramsal Çıkış Noktası: Projenin çıkış noktası Gehry’nin Santa Monica’daki ofisinin yakınlarındaki bir gitar mağazasının çöp kutusuna atılan buruşuk kağıtlardır. Müzik Evi’nin formu Gehry’ye göre bazı klasik Amerikan düşüncelerine de referans vermektedir. Müzik Evi konumlandığı alan bakımından birçok fütüristik yapı ile beraberdir. Seattle’ın merkezinde bulunan yapı Space Needle, Pasific Science Centre ve The Key Area gibi yapılarla çevrelenmiştir. Gehry bu konumlanma için; “bu yerleşim birçok özgürlükler doğurmuştur” sözlerini kullanmıştır.

Tasarım Teknolojisine Getirdiği Yeni Boyut: Geleneksel mimarlık anlayışına meydan okuyan bir tavırla Müzik Evi, çok renkli bir dış cephe sunmaktadır. En etkili beş tonun kullanıldığı (kırmızı, mavi ve metalin farklı davranışlarını ifade eden altın sarısı, gümüş ve metalik mor) bu yapıda her bir renk farklı bir bölümü ifade etmektedir.

Müzik Evi dış kabuk olarak endüstrileşmiş, gerçeküstü ve ironik bir görüntü sunmaktadır. İç kısımları ise “snakewall” adı verilen eğrisel hatlara sahip duvarlarla bölümlenmiştir.

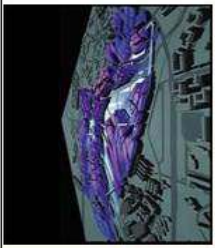
Kullanılan Teknoloji: Yapı için yaklaşık olarak 100 adet fiziksel model yapılmış olsa da sonuç ürün bilgisayar yazılımları sayesinde ortaya çıkmıştır. Bir yapıyı dış kabuktan başlayarak tasarlamak Gehry’nin ofisinin kullandığı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu süreci geliştirmek için üç boyutlu modelleme teknikleri kullanmıştır Anahtar yazılım bir Fransız şirketin Mirage savaş uçakları için geliştirilen CATIA’dır. CATIA daha çok uçak ve otomotiv sektöründe kullanılan bir yazılımdır [24].

Tasarım Süreci: Elektronik modelde kullanılan 21.000 eğrisel yüzey parçasının bilgileri doğrudan bilgisayar dosyasından fabrikaya iletilmiş lazer kesiciler sayesinde kesilerek üretimi sağlanmıştır. Oluşturulan çelik çerçeveler üzerine püskürtme beton kullanılarak iç kabuk oluşturulmuştur. Daha sonra bu kabuk kesilen eğrisel panellerle kaplanmıştır.

Yapının eğrisel biçimlenişi bir yığın görüntüsü vermektedir. Topoğrafik modeller bu yığın görüntüsünün kimi özelliklerinin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır.



Şekil 3.21 F.O.Gehry, Deneysel Müzik Evi, Washington, 2000 [24].

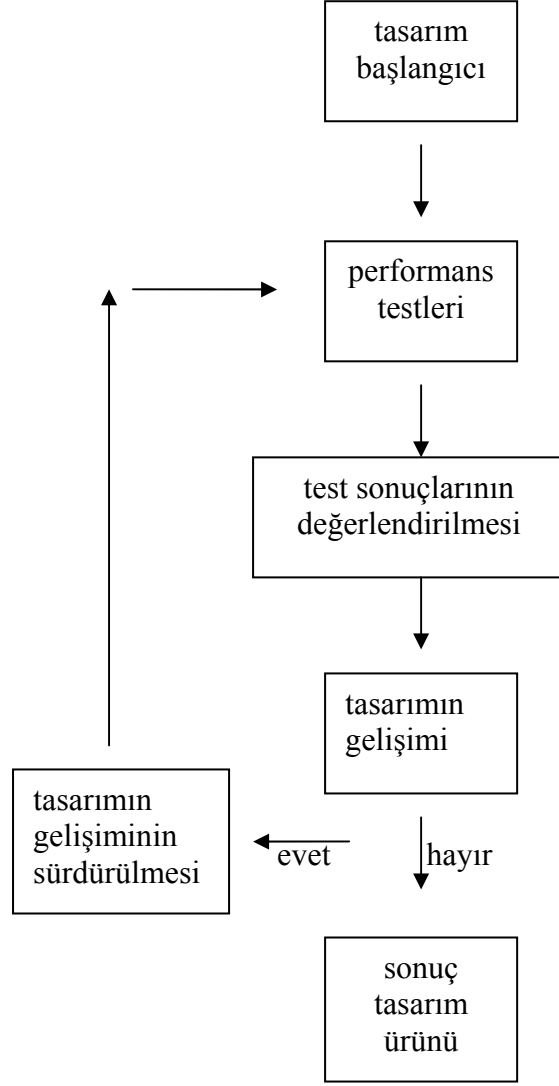
Projeler	Proje kitıyesı	Kavramsal Çıkış Noktası	Tasarım Teknolojisine Getirdiği Yeni Boyut	Kullanılan Teknoloji	Tasarım Süreci
	Bilin ve Güzel Sanatlar Enstitüsü, New York, 1997, Peter Eisenman	Yapı, New York feribot terminalinin oldukça hareketli ana ekseninde yer almaktadır. Bu eksen boyunca devrimci sağlayan anaç ve insuların farklı hareketleri Eisenman tarafından yapıya aktarılmak istenmiştir. Suyun hareketi de bu devrimci yapıya eklendiği zaman ortaya çıkan biçim hareket eksenlerine teğetler çizen yeni bir zemini-yüzeyi üretimi ile katılan bu topolojik form olmuştur.	Zemin düz ve göbi bileşenlerinin henüz oluşuğu bu projede yapının formu bilgisayar ortamında NURBS eğrileri kullanılarak oluşturulmuştur.	Yapı formu bilgisayarların (tasarım girme) ile ortaya çıkmıştır. Üç boyutlu modelleme yazılımını sayesinde tamamen sanal ortamda üretilen proje daha sonra fiziksel ortama taşınmıştır.	Celebelsel tasarım süreçlerinden farklı olarak yapıya etki eden güçler (insan ve anaç hareketleri ile suyun akış hareketi) birer bileşen olarak ele alınıp bilgisayar ortamında yapının topolojik formunun oluşumunu sağlamıştır.
	West Side Convergence Parkı Tasarımı, New York, 1999, Reiser + Umemoto	Kentler, hareket, kültür ve bilgünün karsınından oluşan bir yapıdır. 21. yüzyıl kentleri insan etkileşimlerini, yeni buluşma alanlarını ekonomik, sosyal ve kültürel anlamda yansıtmalıdır. Bu bağlam çerçevesinde ortaya çıkan proje 'infrastructure' yani kentin içi seferini oluşturan kaynaklar olarak tanımlanabilir.	Bir açık alan projesi olan bu yapıda çevre verileri çatı formuna yansıtılarak bir topolojik çatı örtüsüne neydena getirilmiştir.	Manhattanda bulunan parkın çatı kabuğunu birleştirilen faktörler parkın eğebei azaltıcı, çatı konstrüksiyonunda kullanılan masif ve saydam malzemenin oluşturduğu aydınlık ve gölgelik alanlar ile bunlara rüzgar gibi atmosferik olayların katılmasıdır.	Tasarım süreci tamamen bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleme yazılımını sayesinde gerçekleştirilmiştir.
	Flexible Zonun, New York, 1998, Dagmar Richter Studio	New York, Manhattan'da 16. ve 18. caddeler arası bilgisayar yardımıyla üç boyutlu uzamsal bölgelere ayrılarak çevresel verilerin şekillendiği üç boyutlu haritası oluşturulmuştur.	Botyuk bir organzama olarak görülen kent, iç ve dış etkilere karşı kasıyıcı kalmaktadır. Bölgenin modeli yapılandırılarak kent üzerindeki bu etkiler modelin şekillenmesini sağlamışlardır. Çerçeve ve sanal olanın birbiri üzerine künidilmesiyle elde edilen topolojik formların bileşkesi yeni mekan anlayışının snusuzluğunu belirtmektedir.	Yeni üç boyutlu modelleme tekniği kent keşfinde daha karmaşık programatik ilişkilerin kurulmasını ve bunlar arasında daha eteşli geniş alanların oluşturulmasını sağlamıştır. Çekirdeğine doğru uzanan yeşil alanlar bunlardan sadece biridir.	Tasarım süreci tamamen bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleme yazılımını sayesinde gerçekleştirilmiştir.
	One North Master Planı, Singapur, 2001, Zaha Hadid	Düzenlenen yarışma sonucunda seçilen projede anaç sadece büyük kütüphane oluşturmamak değil bu kütüphane içinde küçük (mikro) kent mekanları ortaya çıkmaktadır.	Kentin eğebei arazisinde modern kent görünümlü yapılar adna yapı formları yerine eğiselsel formlar kullanılmıştır. Bu eğiselsel formlar tasarlama esnekliği katarak bir sonraki aşamada adaptasyonu kolaylaştırmıştır.	Master plandaki eğiselsel dokü kent içinde devamlılığı sağlanmış ve yeni ile eski kenti birleştirilmiştir. Bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleme teknikleriyle elde edilen modeller CNC tezgahlarında ölçekli maketlere dönüştürülerek projenin gelişimini sağlamıştır.	Projenin tasarım sürecinde yenilikçi bilgisayarda toplanarak adım adım ilerleme sağlanmıştır. Formel bir tasarım sürecine sahip olan bu projede gelişimin dijital ortamda sağlanmış öneriler dijital bilgilerin somut maketlere dönüştürülmesiyle ortaya konmuştur.
	Sanal Guggenheim Müzesi, Asymptote	Proje internet üzerinden ulaşılabiliğiğin sağlanığı ve interaktif olarak eürekli yenilenen sanal bir müze tasarlamayı hedeflemiştir.	Sanal Guggenheim Müzesi projesinin mimaride farklı bir boyut ve formda sunan bir proje olarak açıklanmaktadır.	Günümüz mimarisi fiziksel dünyada var olan ve soyut dünyada var olan mimarlıklar olarak üzere iki farklı uzayda varlığını sürdürmektedir. Obyeler, alanlar, yapılar fiziksel ağırlarından izlenebilir, deneyimlenebilir ve manipüle edilebilir hale gelmiştir. Soyut dünyada var olan bu mimarlıklar akışkan, devrimci, topolojik formlara ötülmüşüğü bilgiye dayanan fiziksel dünyadaki yeni mimarlığın bir parçası olarak da algılanabilir.	Bilgisayarda üç boyutlu modelleme teknikleri ile sanal ortamda geliştirilmiş interaktif olarak izlenebilen bir projedir.

Çizelge 3.2 'Topoloji' kavramına ilişkin incelenen diğer örnekler

4. MİMARİ TASARIMDA TOPOLOJİK OPTİMİZASYON

Günümüzde tasarımlar geleneksel tasarım yöntemlerinden farklı olarak bilgisayarlar ile algoritmik süreçlere bağlı olarak yapılmaktadır. Tasarım süreci projenin ilk aşamalarını kapsayan süreçler ile başlayıp son ürün projesinin ortaya çıkışını sağlayan sürece kadar devam etmektedir. Bilgisayar ortamında devam eden bu süreç ‘dijital süreç’ olarak tanımlanmaktadır. Mimari tasarımda topolojik optimizasyon ise dijital sürecin son aşamalarında sonuç projenin seçilmesi ve bu projenin ‘en iyilenmesi’ için kullanılan yöntemler dizisidir.

Optimizasyon, sözlük anlamı olarak azaltarak veya çoğaltarak en iyiye ulaşma anlamına gelmektedir.[1] Optimizasyon iki tip tasarımı içermektedir; fonksiyonel tasarım ve optimum (optimize edilmiş) tasarım. Fonksiyonel tasarım önceden saptanan tüm tasarım ihtiyaçlarına cevap verebilen ve tasarımın çeşitli aşamalarında gelişime açık olan tasarımdır. Tasarımda optimizasyonun her zaman maliyet, dayanıklılık, boyut, ağırlık, performans gibi kriterlere bağlıdır. Seçilen ürün yapısal modeli, üretim maliyeti ve ürün performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Optimum yapısal modele sahip olmayan taslak model ile tasarım çalışmalarına devam edildiğinde sonradan yapılacak optimizasyon çalışmalarıyla istenen amaçlara ulaşmak yeterli olmayacaktır. Eğer tasarımın ilk aşamasında optimum topolojiler belirlenmezse bu durum üretim maliyetini ve ürün performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Ürün tasarım aşaması, ürün ömrü içinde maliyet açısından en etkili olan aşamadır. Ürünün toplam yaşam çevrimi maliyetinin %80-90’ının tasarım aşaması sırasında belirlendiği düşünülürse, etkin imalat açısından amaçlanan nokta, tasarım aşamasında istenen kriterleri sağlayan ürünlerin tasarlanmasıdır. Tasarımın optimizasyonu seçilecek olan bu kriterler üzerinden devam edecektir. Seçilen bir kritere bağlı olarak yapılan optimizasyon süreci tüm tasarımın optimuma ulaştığı anlamına gelmez. Tasarımın bütün olarak optimuma ulaşması için her kriter için ayrı optimizasyon süreçlerine ihtiyaç vardır. Bu da bazı kriterler için en uygununu sağlarken bazıları için hedeften sapmayı getirmektedir.



Şekil 4.1 Tasarımda optimizasyon süreci

Tasarımın bu aşamasında disiplinlerarası çalışma gerekmektedir. Kullanılan interaktif tasarım araçları tasarımcıyı süreçten çıkarmamaktadır. Sadece tasarımcı ve diğer disiplinler (mühendislik, matematik) arasında ilişkiler kurulmasını ve tasarımcının tasarım bilincini yeniden sorgulamasını sağlamaktadır. CAAD sistemleri “zeki kullanıcılar için yapım araçları” olarak (Olhoff,1998) da adlandırılmaktadır. 3D CAAD sistemleri mimarlar ve mühendisler için ortak noktayı oluşturmaktadır. CAAD sistemleri tasarımcıya;

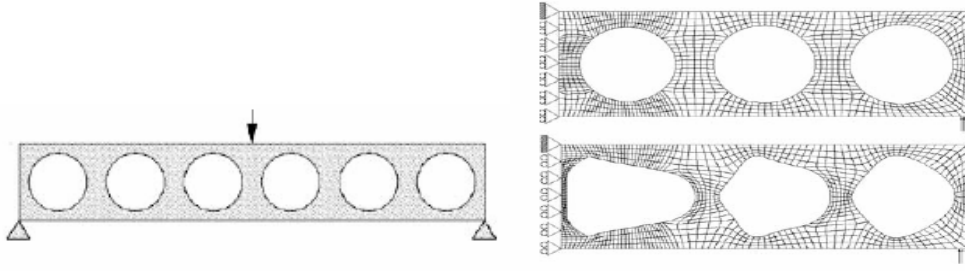
- 1)Tasarım süreci boyunca sürekli gelişim,
- 2)Mimari öğelerin ve çevresinin canlandırılması,
- 3)Tüm fonksiyonel ve mekanik davranışların hesaplanabilir ve simüle edilebilir olması,

- 4)Yapı bileşenlerinin ilgili endüstrilerle ilişkilerinin kurulmasında yapım ve yaratıcılığın otomatikleştirilmesi,
- 5)Çevre verilerinin tasarımıyla bütünleştirilmesinin kolaylaştırılması,
- 6)Tasarım süreci boyunca yapının kontrolü için tüm bilgileri içermesi gibi sistematik tasarım anlayışını getirmektedir.

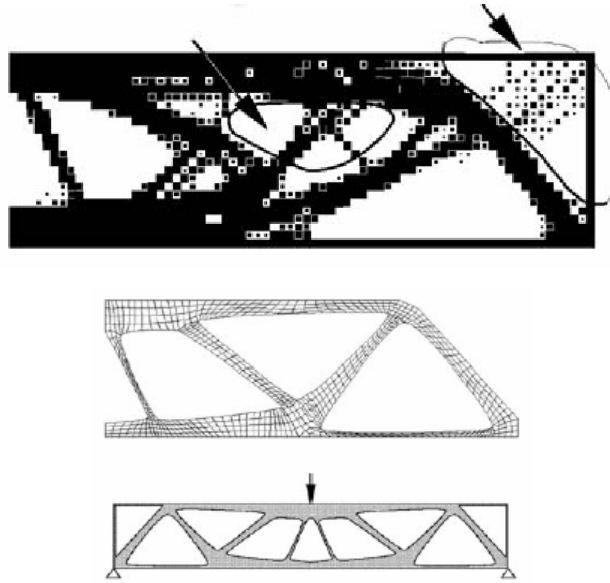
Gelişen CAAD sistemleri 1980'lerin başında tasarımcılara geleneksel araçlarla (cetvel, gönye) yapılamayacak karmaşık formların yapılabirliğini ortaya koymuştur. 1980'lerin ortalarında ise *boolean operasyonları* gibi ekleme çıkarma yöntemleri, daha karmaşık formların oluşturulmasına olanak vermiştir. Greg Lynn'e (1997) göre; statik dünyanın basit formları daha dinamik ve karmaşık yapıya kavuşmuş bu da yapıda fonksiyon şekillendirmesi kadar önemli rol oynayan form şekillendirmesini ön plan çıkarmıştır.

Çevresel faktörlerin tasarım bütünü içinde ele alınmasıyla birlikte dört boyutlu analiz ve simülasyon teknikleri geliştirilmiştir. Bazı sistemler sosyal, ekonomik, tarihi ve fonksiyonel ilişkilerin üç boyutlu sunumlarla görselleştirilmesini sağlamıştır. Ses programları görünmez ses imajlarının analizi ve sunumları için yine üç boyutlu modelleme tekniklerini kullanmıştır. Yeni gelişen CAAD sistemlerinde zaman, güçler ve gerilimler gibi yeni etkiler karşımıza çıkmaktadır. Bunlar daha çok sinema, oyun endüstrisi için geliştirilmiş olsa da dört boyutlu uzayda mimari açıdan yeni noktalara işaret vermektedir (Lentz, 1999).

Tasarımda topolojik optimizasyon için iki yöntem vardır. Birinci yöntem olarak kullanılan form optimizasyonu, her zaman benzer topoloji içinde sürmektedir. İkinci yöntem olarak kullanılan topolojik tasarım optimizasyonu ise geçtiğimiz on yıl içinde geliştirilmiştir. Topolojik tasarım optimizasyonu yaklaşımı tasarım sonrası işlemler için kullanılabilecek optimal yapısal modelin belirlenmesinde bilgisayar destekli tasarım sistemleriyle birlikte kullanılmaktadır. Topoloji geniş bir konsepti içermektedir. Alt bileşenlerin ilişkileri topoloji bağlamında önemli yer oluşturmaktadır. Optimal topoloji ve ideal geometri için yöntemlerin birbirine kombine edilmesi söz konusu olabilir. CFD (computational fluid dynamics-sayısal akışkanlar dinamiği) daha çok mühendislikte kullanılan akışkanlar dinamiği testleri veya FEA (finite element analysis) mimari tasarımda topolojik optimizasyonu sağlamak için kullanılan yöntemlerden ikisidir. FEA testleri Sidney Opera Binası'nın akustik analizi için ve GLA binasının yangın simülasyonu için kullanılmıştır.



Şekil 4.2 Çelik bir kirişin form optimizasyonu sonucu elde edilen şekil değişimleri
(Lentz, 1999)



Şekil 4.3 Şekil 4.2'deki çelik kirişin topoloji optimizasyonu (FEA testleri) ile elde edilen yeni şekli (Lentz,1999)

FEA testleri etkili simülasyon sonuçları vererek tasarımın optimuma ulaşmasını sağlamaktadır. Bu süreç tasarım üzerinde istenilen sonuca ulaşıncaya kadar devam ettirilebilir. Süreçte tasarım probleminin tüm talepleri birer ölçüt olarak ele alınabilir. FEA testleri tarafından yapılan analizler sonucu optimum tasarıma ulaşmak adım adım ilerleyen bir süreçtir. Bir sonraki adım bir öncekinden daha iyi bir sonuç vermektedir.

4.1 Optimizasyon (eniyeleme) Yöntemleri

Mimarlık ve endüstri ürünleri tasarımlarında tasarım optimizasyonu ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Şekil optimizasyon (shape optimization) ve yapısal optimizasyon (structural optimization) yöntemleri tasarım çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapısal optimizasyon yöntemleri, ideal tasarımlara ulaşma hedefinden ortaya çıkmıştır. Şekil optimizasyonundan farkı, optimum yapı konusunda tasarımcıya tasarımın başlangıç aşamasında yardımcı olmasıdır. Tasarımcı bu yöntemle tasarımın takip eden aşamalarında kullanacağı en uygun yapıyı tasarımın ilk aşamasında tasarlayabilmektedir. Bu nedenle, tasarımcı ilk taslak modelini optimum yapıda belirleyebilmektedir. Tasarımın takip eden adımlarında yapılacak çalışmalar ve şekil optimizasyonu, tasarımın başlangıcında belirlenen optimum yapı ile olacaktır. Aksi takdirde, optimum olmayan bir yapı üzerinde şekil optimizasyonu uygulanması söz konusudur. Birçok optimizasyon çalışması, optimum olmayan yapısal modelin şekil optimizasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür uygulamalarda, istenen elde edilememektedir. Bu nedenle, tasarımda etkin eniyileme çalışmaları için optimum yapısal tasarım yaklaşımlarının kullanılması gerekmektedir (Öztürk ve Kaya 2000).

Yapısal optimizasyon yöntemi olarak son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan topolojik optimizasyonunun temel mantığı, optimizasyonu yapılacak parçanın dış boyutlarında herhangi bir değişiklik olmaksızın, parçanın sağlamlığını artıracak şekilde belirli bölgelerden malzeme boşaltılması esasına dayanır. Topolojik optimizasyonun amacı, sağlamlığı maksimum yapan ya da doğal frekansı maksimum yapan en iyi malzeme dağılımını bulmaktır. Topolojik optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan düzgün dağılım (homojenleştirme) yöntemi 1988 yılında Bendsoe ve Kikuchi tarafından geliştirilmiştir (Öztürk ve Kaya 2000). Topoloji optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem olan yoğunluk yöntemi (density method) ise R.J. Yang ve C.H. Cuhang tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir (Öztürk ve Kaya 2000). Bu yöntem literatürde malzeme dağılım yöntemi (material distribution method) olarak da adlandırılmaktadır.

Topolojik optimizasyon yöntemlerinin son yıllarda, tasarımcılar tarafından tercih edilmesinde rol oynayan en önemli özellik, optimum yapının tasarım çalışmalarının başlangıcında belirlenmesidir. Topolojik optimizasyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan iki yöntem; düzgün dağılım ve malzeme dağılımıdır. Topolojik optimizasyon parçanın dış boyutlarında

herhangi bir değişiklik yapılmaksızın, parçanın sağlamlığını artıracak şekilde belirli bölgelerden malzeme boşaltılması şeklinde uygulanabilir.

4.1.1 Düzgün Dağılım Yöntemi

Düzgün dağılım yöntemi, 1988 yılında Kikuchi ve Bendsoe tarafından geliştirilmiştir (Öztürk ve Kaya 2000).

Düzgün dağılım yöntemi, kriter ve kısıtlayıcılar sağlanırken tasarım alanındaki optimum yapının karmaşık mikro yapısal bir sistem üzerinde gerçekleştirilmesidir. Düzgün dağılım yöntemi, sistemi karmaşık ve mikro yapısal bir oluşum olarak kabul etmekte ve bu yapının malzeme içinde düzgün dağılımını amaçlanmaktadır.

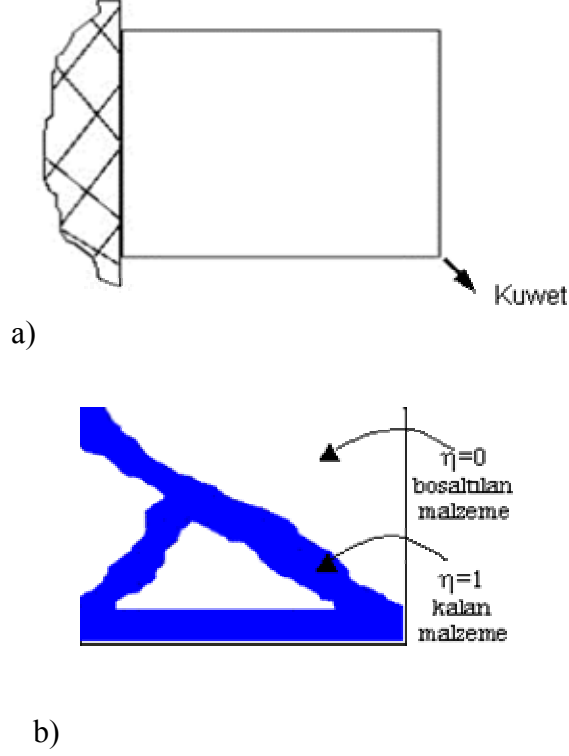
Boşluk, gözenek ve katı mikro yapıların dağılımı bir yapının topolojisini gösterir.

Düzgün dağılım teorisi; tasarım alanındaki gözeneklerin farklı olmasından dolayı mikro yapıların elastik malzeme özelliklerinin eşdeğer olarak değerlendirilebileceğini kabul etmektedir. Düzgün dağılım teorisinde yapı, periyodik mikro yapıların bileşimi olarak kabul edilmekte ve eşdeğer malzeme özellikleri, mikroskobik büyüklükte azalma içeren bir sınır süreç ile belirlenmektedir. Optimizasyon sürecinde mikro yapılar, katı ve boşluk arasında değişir. Eğer mevcut malzeme miktarı belli ise malzeme, yapının bir kısmından diğer bir kısmına hareket edebilir. Bu nedenle yapıların topoloji tasarımı, belirlenen uygun yapısal alan içinde optimal malzeme dağılımının bulunması olarak ele alınabilir. Düzgün dağılım yönteminde, amaç sağlamlığı en üst seviyeye çıkararak en iyi malzeme dağılımı sağlamaktır.

4.1.2 Yoğunluk Yöntemi

Yoğunluk yöntemiyle ilgili örnek bir uygulama, Şekil 4.4 (a) 'da verilen, kirişin yapısal topolojik optimizasyon çalışmasıyla gösterilmiştir. Bu örnekte, amaç fonksiyonu olarak hacmin % 60 azalması seçilmiştir. Topolojik optimizasyon sonucunda $h=0$ ile gösterilen bölge boşaltılması önerilen bölgeyi, $h=1$ ile gösterilen bölge de optimizasyon sonucu kalacak bölgeyi göstermektedir. Topoloji optimizasyonu sonucu, malzeme dağılımı ve % 60 hacim azalması için elde edilen kirişin yeni yapısal modeli Şekil 4.4 (b)'de verilmiştir. Dış sınırların düzgün olmadığı görülmektedir. Önemli olan, şeklin düzgünlüğü yerine taslak yapının nasıl oluşacağını belirlenmesidir. Elde edilen yapıyı düzgünleştirmek için çeşitli yöntemler

uygulanmaktadır. Düzgünsüzlüğü gidermek için standart eleman kullanımı veya eğri uydurma tercih edilen işlemlerdir. Bu çalışmalar etkileşimli olarak tasarımcının müdahalesi ile ya da otomatik olarak yapılmaktadır. Lin ve Chao (2000) bu konuda yaptıkları bir çalışmada malzeme boşaltma için standart elemanlar ve B-spline eğrilerini önermişlerdir (Öztürk ve Kaya 2000).



Şekil 4.4 Sınır Şartları (Öztürk ve Kaya 2000)

5. SONUÇLAR

Sanayi devrimi ile birlikte demir-çeliğin kullanımının artması, makineleşme ve seri üretim gibi gelişmeler toplum yapısı ile birlikte toplumun her alanı ile etkileşim içinde olan mimarlık alanını da etkilemiştir. Mimarlık, çağın getirdiği teknoloji ile tanışmış, geniş açıklıkların geçişi, kolaylaşmış, yeni malzeme ve yeni strüktür sistemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Mimari tasarımda birinci eşik dönem olarak kabul edilen endüstri devriminden sonra ikinci eşik dönem, bilgisayar teknolojisinin yaygınlaşması ve bilgisayarların mimari tasarıma girmesiyle yaşanmıştır.

20.yüzyıl sonu ve 21. yüzyıl başlangıcında bilgisayarın tasarıma girişi ile yaşanan değişiklikler 1960'larda 'sketchpad' ile başlayıp iki boyutlu çizimlerden 1980'lerde Alan Turing tarafından yürütülen yapay zeka çalışmalarına, iki boyutlu tasarımdan üç boyutlu tasarıma geçiş ve günümüzdeki tasarım anlayışı olan üç boyutlu uzay kavramının bilgisayar teknolojisi ile birleşmesine kadar gelmiştir.

'Çağdaş mimarlık' olarak tanımlanan yeni mimarlık beraberinde yeni kavramların da ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu kavramlardan biri olan ve tezin ana konusunu oluşturan 'topoloji' kavramı bilginin kesinlik ilişkileri yerine göreceli ilişkiler içinde tanımlanması yöntemidir. Mimaride kullanılan diyagramlar, eskizler direkt veya dolaylı olarak objelerin topolojik özelliklerini ortaya koymaktadır.

Geleneksel tasarım sürecinde zihindeki düşüncelerin temsiller aracılığıyla kağıda dökülmesinden oluşan görsel düşünce yöntemi bilgisayarların tasarıma girmesiyle yerini dijital sürekliliğe bırakmıştır. Dijital süreklilik geleneksel süreçte tasarım-temsil-uygulama olarak ayrılan süreçlerin dijital tasarım sürecinde birbiri içine geçmesini ifade eder.

Bilgisayarın mimari tasarıma getirdikleri bilgisayar destekli tasarım olarak tanımlanmış ve dijital ortamdaki tasarım bilgileri CAD/CAM teknolojisiyle dosyadan fabrikaya aktarılarak üretimi yapılabilir hale gelmiştir. Ayrıca bilgisayarlar geleneksel temsil ortamında geliştirilmesi güç olan karmaşık geometrilere sahip eğrisel biçimleri üretme kolaylığını da mimariye getirmiştir. Bilgisayarlar temsile ve imgelemeye dayalı geleneksel tasarım sürecinden farklı olarak sayısal parametrelere ve algoritmik tanımlanmış ilişkilere dayalı işlemler yürütmektedir. Bunun sonucunda tasarımdaki çalışmalar form yapmaktan-form

bulamaya doğru ilerlemiştir. Tüm bu gelişmelerin sonucu olarak mimaride yeni bir dil oluşmaya başlamıştır. Eğrisel, akışkan hatlara sahip esnek mekan anlayışının hakim olduğu karmaşık geometrilere sahip mimarlık, çağdaş mimarlık dili olarak benimsenmeye başlanmıştır.

‘Mimari tasarımda topoloji’ kavramı yeni mekan anlayışındaki devingenliği ve esnekliği blob, bleb, fold gibi alt formlarla tanımlanabilir hale getirmiştir. Tez kapsamında incelenen başlıklar doğrultusunda topoloji kavramının sadece eğrisel formlarla bağdaştırılamayacağı, biçimsel anlamdan çok tasarım bilgisinin tamamını ifade eden somut ve soyut verileri kapsayan bir olgu olduğu sonucuna varılmıştır.

NURBS'lere bağlı üç boyutlu modelleme teknikleriyle üretilen topolojik formların önce otomotiv, uçak, gemi gibi diğer endüstri dallarında kullanılmaya başlandığı ve daha sonra mimariye geçtiği görülmektedir. Bu modelleme ve üretim tekniklerinin mimariye uygulanması analiz, üretim, inşa ve zamana bağlı bilgi birikimlerini beraberinde istemektedir. Sonuç ise tüm tasarım ve üretim bilgilerini içeren bir modeldir. Bu bilginin tek kaynak haline gelmesi ise mimarları tasarım ve üretim aşamasında diğer disiplinlerle birlikte yapılan çalışmalarda yürütücü haline getirmektedir.

Mimari tasarımda topoloji kavramını daha kavranabilir hale getirmek amacıyla incelenen iki proje farklı fonksiyonlara sahip olsa da bu projelerde ortak yaklaşımların benimsendiği görülmüştür. Projelerde çevre verilerinin, proje gerekliliklerinin her birinin birer parametre olarak girdileri yapılmış ve ortaya çıkan etkilerin topolojik formu oluşturması sağlanmıştır. Form sadece estetik bir kaygı olarak değil, bilginin ve teknolojinin yansıması olarak projelerde yer almıştır. Bunun yanında mekan anlayışı değişmiş, statik mekanlar yerine devingen, esnek ve bilgi içerikli mekan anlayışı hakim olmuştur. Strüktür, formdan bağımsız sadece yapıyı ayakta tutan iskelet olarak değil yapıyla bütünleşmiş bina kabuğuna entegre olmuş bir sistem olarak ele alınmıştır.

Mimari tasarımda topolojik optimizasyonun dijital tasarım süreci sonunda sonuç tasarımın elde edilmesine yönelik tasarımın fonksiyon, maliyet, estetik, sağlamlık, akustik değer, ışık gibi ölçütler doğrultusunda ‘en iyi’ hale getirilmesi için gerekli son aşama olduğu sonucuna varılmıştır.

Tez boyunca bilgisayarın mimarlık ortamına girmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan topoloji kavramının çağdaş mimarlığı nasıl etkilediği ve mekan anlayışındaki değişimler ortaya konmuştur. Bilgisayar teknolojisinin gelişiminin duraksız olduğu düşünülürse bundan sonra mimarlıkta yeni kavramaların ortaya çıkması da kesintisiz sürecektir.

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

Homeomorfizm: Objeleri yırtmadan ve kesmeden, ezip büzerek ya da çekip genişleterek yapılan form dönüşümü fonksiyonu. Birbirine dönüşen objelere de *homeomorf(eş yapılı) objeler* denir.(Bir karenin daireye, küpün piramide dönüşmesi gibi)

Benzerlik dönüşümü: İki formun birbirine dönüşümü sırasında sadece uzunlukların ölçek faktörü oranında değişerek formda açı değişimi olmaksızın büyüme ya da küçülme olması. Bu dönüşüm sonucunda elde edilen şekil, orjinal şeklin benzeridir.

Afın dönüşümü: İki formun birbirine dönüşümü sırasında form dönüşümünden sonra geometrik olarak bozulmaya uğraması ve açıların değişmesi; ancak paralelliğin değişmemesi.

Projektif dönüşüm: İki düzlem arasında paralellik olup olmama durumuna ve izdüşümün merkezsiz ya da paralel olmasına bakılmaksızın yapılan dönüşüm. Diğer dönüşümlere göre daha genel bir yöntemdir.

Topolojik dönüşüm: Geometrik şekillerin metrik özelliklerinden tamamen bağımsız olarak dönüşüme uğraması. Geometrik şekillerin topolojik dönüşümler sonucu korunan özelliklerine *topolojik özellikler* denir. Bu özellikleri inceleyen bilim dalına *topolojik geometri* ya da sadece *topoloji* denir.

Esnek yüzey (rubber sheet): Geometrik nesnenin bulunduğu yüzey elastik bir sayfa olarak düşünülerek sayfanın katlamamak ve yırtmamak kaydı ile istendiği kadar sündürülmesi, esnetilmesi ya da gevşetilmesi ve bu işlem esnasında geometrik nesnenin alacağı her bir yeni şeklin bir diğerinin topolojik olarak dönüşüme uğraması.

Genel topoloji: Süreklilik, kenar, sınır gibi kavramlarla ilgilenen; bu nedenle noktaların çevresinde bulunan nesnelerin, yani bunların komşuluğunu inceleyen topoloji alt dalı. Genel topoloji kavramlarının cebirsel yapılarla betimlenmesi ise *cebirsel topolojidir*.

Fiziksel topoloji: Bilgisayar bilimlerinde aralarında ağ kurulu bir grup bilgisayara bakıldığında görülen şeydir. Kablonun bilgisayarlar arasında nasıl dolaştığı, bilgisayarların birbirlerine nasıl bağlandığı görülen kısmı fiziksel topoloji ile ilgilidir.

Mantıksal topoloji: Bilgisayar bilimlerinde bilgisayarların kablolarının bağlantı şekline bağımsız olarak bilgisayar ağlarının veriyi nasıl ilettiklerini açıklayan topoloji türüdür.

KAYNAKLAR

Akipek, Özsel F., (2004), Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları, Doktora Tezi, Y.T.Ü.

Atalay, F. O., (2002), “Sanallığın Gerçekliği”, Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi, Boyut Yay., İstanbul.

Bayazıd , N., (2004), Tasarı Kuramları ve Metodları , Birsen Yayınevi , İstanbul.

Baykan, C., (2002), “Mimarlık, Sanallık ve Sanal Mekanların Tasarımı”, Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi, Boyut Yay., İstanbul.

Burry, M., (1997), “Architectural Design Based On Parametric Variation And Associative Geometri”, ECAADE Conference Proceedings, 1997, Vienna.

Campbell, D., (1996), Design İn Virtual Enviroment Using Architectural Metaphor, [on line] [erişim tarihi: 30/07/2005]. www’den temin edilmiştir.
(<http://www.hitl.washington.edu/publications/campbell/document/index.html>)

Chapman, M.,(2002), "Review of *Architecture and Science*", [on line] [erişim tarihi: 09/11/2005]. www’den temin edilmiştir.
(http://www.nexusjournal.com/reviews_v4n2.html)

Condras, U., (1991), 20. yy Mimarisinde Manifestolar, (Çev. S. Yavuz), Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yay., İstanbul.
Dalaman, B. , (2003), Binaların Tasarım ve Yapım Aşamalarında Teknolojinin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü.

Consiglieri,L., (2003), “A Proposed Two-Semester Program for Mathematics in the Architecture Curriculum", [on line] [erişim tarihi: 09/11/2005]. www’den temin edilmiştir.
(http://www.nexusjournal.com/Didactics_v5n1-Consiglieri.html)

Çavaş, B. , Huyugüzel, P., Taşkın, B., (2004), The Turkish Online Journal of Educational Technology , [on line] [erişim tarihi: 06/07/2005]. www’den temin edilmiştir.
(<http://www.tojet.net/articles/3415.htm>)

Erdem, A., (1995), İnsan Bilgisayar Etkileşimli Ortamda Genel Amaçlı Bir Mekan Tasarımı Modeli , Doktora Tezi ,İTÜ.

Germen, M., (2000), “Mimarlık ve CAD’in Yaratıcı Boyutu”, Arredamento Mimarlık, Boyut Yay. , İstanbul, 04,131–133.

Hacısalıhoğlu, H., (1998), Dönüşümler ve Geometriler, Ertem Yay, İstanbul, 328.

İnceoğlu, M. ve İnceoğlu, N., (2004), Mimarlıkta Söylem Kuram ve Uygulama, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.

Jones, J.C., (1999), The State Of The Art In Design Metods, Spon Press, London.

Karaş, İ. R., Batuk, F. (2005), “Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Topoloji Kavramı”, [on line] [erişim tarihi: 27/09/2005]. www’den temin edilmiştir.
(<http://www.gyte.edu.tr/jeodezi/topoloji05.pdf>)

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

Köksal, A., (1994), “Mimarlıkta Çizimin Belirleyiciliği”, Arredamento Dekorasyon, Haziran, 06: 84-85.

Kurman, D., (2001), “Design In Space and Time”, Bits and Spaces, Birkhauser Publishers For Architecture, Basel-Boston-Berlin, 9-11.

Lentz, U., (1999), “Integrated Design with Form And Topology Optimizing”, ECAADE Conference Proceedings, 1999, Liverpool.

Lynn, G., (2002), “Canlanan Biçim”, (Çev. N. Togay), Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi, Boyut Yay., İstanbul.

Maguire, D. J., (1992), An Overview and Definition of GIS, J GIS Principles and Applications, Vol.1, Longman, London.

Mardan, B., (2000), “20.yy.’da Evrensel Sergiler”, Yapı Dergisi, İstanbul, 226: 57-86

Mennan, Z., (2004), “Non-Standard Architectures-Standart Olmayan Mimarlıklar”, Arredamento Mimarlık, Boyut Yay., İstanbul, 100+66: 61-75.

Migayrou F.ve Brayer M. A. (2003), Archilab, Thames&Hudson, London, 324-325

Moaveni, S., (2003), Finite Element Analysis-Theory and Application with ANSYS, Pearson Education Inc., New Jersey.

Novak, J., M., (1988), “Computational Composition in Architecture”, ACADIA Conference Proceedings, 1988, Michigan.

Novak, M., (1995), Transarchitectures and Transmodern [on line] [erişim tarihi: 18/06/2005]. www’den temin edilmiştir.
(<http://www.merz-akademic.de/projecte/george.legrady/theory/vibtart/trans.htm>.)

Önder, A., (2002), “Siberuzayda Mimarlık”, Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi, Boyut Yay., İstanbul.

Öz, S., (2002), Teknolojinin Mimari Ürüne Yansımaları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.

Özsel, F. , Kendir, E., (2000), “Geleceğin Tasarım Stüdyosunun Düşündürdükleri”, Arredamento Mimarlık, Boyut Yay., İstanbul, 04,129–130.

Öztürk, F., Kaya, N., Yıldız, A. (2000), “Taşıt Elemanlarının Optimum Topoloji Yaklaşımı ile Tasarımı”, [on line] [erişim tarihi: 11/10/2005]. www’dan temin edilmiştir. (http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2003/Ocak/makale_tasitelemanlari.htm)

Peralla, S., (1995), Hypersurface Architecture, [on line] [erişim tarihi: 22/07/2005]. www’dan temin edilmiştir. (<http://www.asa-art.com/virtus/textnov.htm>)

Salazar, A.,(1961), “*Que é arte?* Sucessor-Coimbra: Arménio Amado”, [on line] [erişim tarihi: 15/09/2005]. www’dan temin edilmiştir. (http://www.nexusjournal.com/Didactics_v5n1)

Sbacchi, M., (2001), "Euclidism and Theory of Architecture", [on line] [erişim tarihi: 10/11/2005]. www’dan temin edilmiştir. (<http://www.nexusjournal.com/Sbacchi.html>)

Şentürk, L., (2005), “Topolojik Mimarlıklar: Yeni Barok, Transmodernite ve Ötesi”, Sanat Dünyamız, Yapı Kredi Kültür Sanat Yay.,İstanbul, 90: 166-176

Şenyapılı, B. ve Özgüç, B., (1994), “Mimari Tasarım, Sunum ve Yenidensunumda Bilgisayarın Rolü”, Bilgisayar Ortamı ve Mimari Anlatım Semineri, Y.T.Ü, İstanbul.

Uluoğlu, B., (2002), “Sanal”, Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi, Boyut Yay., İstanbul.

Uzun,A., (2000), “Günümüz Ürün Geliştirme Teknolojilerine Genel Bakış”, Arredamento Mimarlık, Boyut Yay., İstanbul , 04, 134-139.

Virillio, P., (2000), “Towards the Twenty First Centry Projects”, Domus, 822: 8-45.

Vitruvius, (1990), Mimarlık Üzerine On Kitap, (Çev., S. Güven), Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yay., İstanbul.

Tüdeş T., Bıyık C., (1994), Kadastro Bilgisi, KTÜ Basımevi.

Yaşayan, A., (2001), CBS proje yönetimi ders notları.

Yıldırım, M.,T., (2004), “Mimari Tasarımda Biçimlendirme Yaklaşımları ile Bilgisayar Yazılımları İlişkisi”, [on line] [erişim tarihi: 07/07/2005]. www’dan temin edilmiştir. (www.mmf.gazi.edu.tr/journal/2004_1/59-72.pdf)

Yomralıoğlu T., (2000), Coğrafi Bilgi Sistemleri, Temel Kavramlar ve Uygulamaları, Seçil Ofset, İstanbul, 480.

İNTERNET KAYNAKLARI

a)Referans İnternet Kaynakları

- [1] www.tdk.gov.tr/tdksozluk
- [2] http://www.tr.wikipedia.org/wiki/Henri_Poincaré
- [3] <http://www.matder.org.tr/bulten/bulten.asp>
- [4] http://www.hitl.washington.edu/projects/learning_center/pf/whatisvr.htm
- [5] <http://www.tr.wikipedia.org/wiki/Newton>
- [6] <http://www.tr.wikipedia.org/wiki/Gauss>
- [7] <http://www.tr.wikipedia.org/wiki/Eukleides>
- [8] http://www.tr.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein
- [9] http://www.bilgisayardershanesi.com/yerel_hm/topolojiler.htm
- [10] <http://e-dergi.emo.org.tr/index.php?yazi=3>
- [11] <http://www.itu.edu.tr/itudergisi/a/3.pdf>
- [12] <http://www.iei.uiuc.edu/class/pages/rw2g/virtual.html>
- [13] <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/6/6069/1.html>
- [14] http://www.architectureweek.com/2001/0919/tools_1-1.html
- [15] <http://www.glform.com>
- [16] <http://designtooling.mit.edu/components/sketching/index.html>
- [17] <http://www.slcc.edu>
- [18] http://www.nexusjournal.com/reviews_v4n2.html
- [19] http://www.greatbuildings.com/architects/Christopher_Alexander.html
- [20] <http://dieoff.org/page163.htm>
- [21] http://en.wikipedia.org/wiki/Herbert_Simon
- [22] http://www.nexusjournal.com/Didactics_v5n1-Consiglieri.html
- [23] <http://www.exploratorium.edu/complexity/CompLexicon/catastrophe.html>
- [24] <http://www.architectureweek.com/2000/0712/index.html>
- [25] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Topoloji>

b)Başvuru İnternet Kaynakları

<http://www.yildiz.edu.tr/~colak/>

<http://www.a-matter.com>

<http://www.archilab.org>

<http://www.archilab.org/public/2000/catalog/novak/novaken.htm#>

<http://www.architectureweek.com/2000/0712/index.html>

http://www.bias.com.tr/ur_MSCSoftware_TemelProgramlar_Tosca.asp

<http://cumincaad.scix.net/cgi-bin/works/>

http://www.everything2.com/index.pl?node_id=1450682

http://www.focusdergisi.com.tr/ bilim_insanlari/1000_yilin_dahileri/

http://www.greatbuildings.com/buildings/Experience_Music_Project.html

http://www.guggenheim.org/exhibitions/virtual/virtual_museum.html

http://magazine.carleton.ca/2000_Spring/144.htm

<http://mathworld.wolfram.com/Topology.html>

<http://www.latentutopias.at>

http://www.rappresentatione.it/main/schede/pages/aegies1_jpg.htm

<http://rob.annable.co.uk/academic/post/pigsinspace/dissertation>

<http://www.archilab.org/public/1999/artistes/rich01en.htm#>

http://tr.wikipedia.org/wiki/Topolojik_uzaylar

<http://www.zaha-hadid.com/>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 05.05.1980

Doğum Yeri İzmir

İlkokul 1987–1990 İzmir Şemikler İlkokulu
1990–1992 Özel Çakabey Koleji

Lise 1992–1998 İzmir Şemikler Lisesi

Lisans 1998–2003 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak.
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 2003-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında
Mimarlık Programı