

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞADAN ESİNLİ İNTERAKTİF BİNA KABUĞU TASARIMI İÇİN
ÖRÜNTÜYE DAYALI BİR MODEL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hülya Oral

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

ARALIK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞADAN ESİNLİ İNTERAKTİF BİNA KABUĞU TASARIMI İÇİN
ÖRÜNTÜYE DAYALI BİR MODEL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hülya Oral
(523131006)**

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen Çağdaş

ARALIK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 523131006 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Hülya ORAL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DOĞADAN ESİNLİ İNTERAKTİF BİNA KABUĞU TASARIMI İÇİN ÖRÜNTÜYE DAYALI BİR MODEL” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Sema ALAÇAM**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sevil YAZICI
Özyeğin Üniversitesi

Teslim Tarihi : **27 Kasım 2015**
Savunma Tarihi : **24 Aralık 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Öncelikle, Yüksek Lisans eğitimimin başından sonuna kadar değerli görüş ve önerileriyle beni yönlendiren Sayın Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve akademik hayatım boyunca güvenini her zaman hissettiğim değerli aileme, bilgisayar ve özellikle programlama konusunda bilgileriyle bana ışık tutan sevgili kardeşim Cem Oral'a, yine bu zorlu süreçte desteğiyle yanımda olan, engelleri aşmamda bana her zaman yol gösteren sevgili arkadaşım Erhan Karakoç'a ve eğitim hayatım boyunca manevi desteklerini hissettiren, görüşleriyle mesleki gelişimime katkıda bulunan tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2015

Hülya Oral
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Konusu ve Amacı	1
1.2 Tezin Kapsamı ve Yöntemi	3
2. ÖRÜNTÜLER TARİHİNE GENEL BİR BAKIŞ	7
3. ÖRÜNTÜLERİN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI.....	13
3.1 Doğal Örüntüler	14
3.1.1 Ağ şeklinde örüntüler (dallanma)	15
3.1.1.1 Sinirsel ağlar	15
3.1.1.2 Bitkisel ağlar	17
3.2.1.3 Organizasyonel ağlar (karınca kolonileri).....	21
3.1.2 Kabarcıklar	23
3.1.3 Dalgalar	26
3.1.4 Kırılmalar	29
3.1.5 Akışkanlar	31
3.1.6 Vücutlar	34
3.2 Yapay Örüntüler.....	39
3.2.1 Periyodik örüntüler.....	40
3.2.2 Aperiodyik örüntüler.....	45
3.2.2.1 Aperiodyik örüntü oluşturma yöntemleri	47
3.2.3 Rastlantısal örüntüler	49
4. ÖRÜNTÜLERİN MİMARİDE KULLANIMI.....	53
4.1 Kentsel Örüntüler	53
4.1.1 Örnek 1: Expo 2010 projesi	57
4.1.2 Örnek 2: Kartal-Pendik nazım planı	59
4.1.3 Örnek 3: Fibrosity	60
4.2 Strüktürel (Yapısal) Örüntüler	63
4.2.1 Örnek 1: Mobilizarte	64
4.2.2 Örnek 2: UK Pavyonu Milan Expo 2015	65
4.2.3 Örnek 3: Open Columns	67
4.2.4 Örnek 4: Globule.....	68
4.2.5 Örnek 5: M.P.M.S. Micro Pneumatic Macro Structures.....	70
4.3 Yüzey Kaplama (Tiling)	72
4.3.1 Örnek 1: Battersea Enerji İstasyonu.....	72
4.3.2 Örnek 2: The Water Cube	75
4.3.3 Örnek 3: Pavillion 4	77

4.3.4	Örnek 4: Atrium at Federation Square	77
4.3.5	Örnek 5: Ravensbourne Campus.....	79
5.	DOĞADAN ESİNLİ İNTERAKTİF BİNA KABUĞU TASARIMI İÇİN	
	ÖRÜNTÜYE DAYALI BİR MODEL	83
5.1	Modele Esin Kaynağı Olan Doğal Süreçler	83
5.2	Örüntü Tabanlı Kabuk Tasarımı	86
5.3	Kullanılan Yöntem ve Araçlar	89
5.4	Modelin Algoritması ve Parametreleri.....	92
5.4.1	Güneşin konumuna göre kabuk örüntüsünün değişimi	97
5.4.2	İnsan hareketlerine göre kabuk örüntüsünün değişimi.....	99
5.4.3	Çevresel verilere göre kabuk örüntüsünün değişimi	102
5.5	Modelin Uygulama Örnekleri ve Potansiyelleri.....	103
6.	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	113
	KAYNAKLAR.....	117
	EKLER.....	123
	ÖZGEÇMİŞ.....	127

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Örnek analizleri tablosu.....	81
Çizelge 5.1 : Modelin parametreleri yardımıyla üretilmiş örüntüler.....	111

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Kabile yüz boyaması (Url-1).....	7
Şekil 2.2: Rokoko dönemine ait Münih'teki Nymphenburg Sarayı'nda yer alan Aynalar Salonu'ndan bir görünüm (Url-2).	8
Şekil 2.3 : Mies van der Rohe tarafından tasarlanan Barcelona Pavilyonu (Url-3). ...	9
Şekil 2.4 : Bernard Tschumi'nin tasarladığı Park La Vilette (Url-4).	9
Şekil 2.5: 1988'te Greg Lynn'in tasarladığı Embriyolojik Konutlar (Url-5).	10
Şekil 3.1: Rüzgarın etkisiyle oluşan kumul örüntüleri (Url-6).	13
Şekil 3.2: Üzerlerindeki renk ve şekiller farklılık gösterse de örüntü karakteri olarak benzer olan deniz kabukları (Url-8).	14
Şekil 3.3: İnsan vücudundaki sinirsel ağ sistemi (Burke, 2007).	16
Şekil 3.4: C.elegans'ın sinirsel ağ sisteminin görselleştirilmesi (Berry & Temam, 2005).	17
Şekil 3.5: <i>Luffa cylindrica</i> bitkisinin hiyerarşik ağ sistemi.	18
Şekil 3.6: Honda'nın dallanma algoritması (Ball, 1999).	19
Şekil 3.7: Honda'nın kural dizileriyle üretilmiş L-sistem örneği (Ball, 1999).	19
Şekil 3.8: Lindermayer alg teorisini gösteren diyagram (Url-9).	20
Şekil 3.9: Parametrik L-Sistem algoritmasıyla üretilmiş bitkiler ve eğrelti otları (Ball, 1999).	20
Şekil 3.10: DLA yöntemi ile üretilmiş örüntü (Url-11).	21
Şekil 3.11: Karınca kolonilerin yiyeceğe ulaşmak için kullandıkları yollardan yola çıkarak oluşturulmuş diyagram (Url-12).	22
Şekil 3.12: Karınca kolonisi optimizasyon simülasyonu (Url-13).	22
Şekil 3.13: Arı peteği (Url-14)	23
Şekil 3.14: Köpük örüntüsünün zaman içerisindeki değişimi (Ball, 1999).	24
Şekil 3.15: Plateau Sınırı'nı gösteren diyagram (Ball,1999) ve görsel (Url-15).	24
Şekil 3.16: Işınlıların Ernst Haeckel tarafından yapılmış çizimleri (Url-17)	25
Şekil 3.17: Jeodezik küre oluşturma yöntemi (Url-20)	26
Şekil 3.18: Chladni'ye ait titreşim örüntüleri (Url-22).	28
Şekil 3.19: <i>D. discoideum</i> kolonilerinin örüntü formasyonu (Palsson & Cox, 1995).	29
Şekil 3.20: Tanımlanan algoritma ile oluşturulmuş örüntü (Url-23).	30
Şekil 3.21: Ebru örneği (Url-26).	32
Şekil 3.22: Sıvının farklı hızlardaki hareketinin görselleştirilmesi (Ball, 1999).	32
Şekil 3.23: Bir engel etrafından dolaşan sıvı hareketi (Ball, 1999).	33
Şekil 3.24: "Rheotomic" yüzeyler (Url-27).	34
Şekil 3.25: Kuyruk uzunluğuna göre değişen örüntü formasyonu (Ball,1999).	35
Şekil 3.26: Zebranın derisinde bulunan örüntü formasyonu (Ball, 1999).	36
Şekil 3.27: Farklı arka planlarda mürekkep balığı derisi (Hanlon, 2007).	37
Şekil 3.28: Kinetik voksel cephe sistemi (Ritter,2007).	39
Şekil 3.29: Periyodik düzlemsel örüntüler için kafesler (Schattschneider, 1978).	41
Şekil 3.30: 17 farklı düzlemsel simetri grubu kullanılarak üretilmiş örüntüler.	42

Şekil 3.31: İslamik geometrik örüntülerin sayısal yöntemler kullanılarak oluşturulmuş bir yorumu (Url-29).....	43
Şekil 3.32: Geometrik örüntü üretme yöntemine bir örnek.	44
Şekil 3.33: Sepet örme tekniği kullanılarak oluşturulmuş strüktür (Url-30).	45
Şekil 3.34: Yerine koyma yöntemiyle oluşturulmuş domino örüntüsü (Url-33).	47
Şekil 3.35: Yerine koyma yöntemiyle oluşturulmuş, çarkifelek örüntüsü (Url-34). ..	48
Şekil 3.36: Kes-ve-Yansıt yöntemiyle oluşturulmuş Penrose örüntüsü (Url-35).	49
Şekil 3.37: Rastlantısal algoritmayla oluşturulmuş örüntü örneği (Url-36).	50
Şekil 3.38: Voronoi diyagramının farklı noktalara göre oluşumu (Url-37).....	50
Şekil 4.1: Kent sokaklarını tarifleyen örüntü tipolojileri (Marshall, 2004).	54
Şekil 4.2: Bazı şehir örüntüleri (Marshall, 2004)	55
Şekil 4.3: Kapadokya kaya evleri ve Uçhisar Kalesi (Url-38).	56
Şekil 4.4: Petri kabındaki yapışkan malzeme davranışlarının incelenmesi ile ortaya çıkan ağ sistemleri (Verebes, 2009).	57
Şekil 4.5: Expo 2010 için hazırlanmış planın son hali (Verebes, 2009).....	58
Şekil 4.6: Kartal-Pendik arasındaki alanın ulaşım ağları bakımından analizi (Url-41).	59
Şekil 4.7: Analizler sonucu elde edilen parametrik ızgara ve dönüşümü (Url-41)....	60
Şekil 4.8: Projenin ilerleme aşamaları (Url-42).....	61
Şekil 4.9: Örüntünün 3 boyutlu hali (Url-42).	62
Şekil 4.10: Örüntünün 3 boyutlu bir ağ sistemine dönüşerek oluşturduğu altyapı sistemi (Url-42).....	62
Şekil 4.11: Strüktürün kurulu hali (Url-43).	64
Şekil 4.12: Strüktürün doluluk – boşluk durumunu gösteren diyagram (Url-43).....	65
Şekil 4.13: Strüktürün kurulum aşamaları (Url-43).....	65
Şekil 4.14: Meyve ve sebze bahçelerinin içerisinden geçilerek ulaşılan pavyon (Url-45).....	66
Şekil 4.15: Arıların hareketleriyle etkileşimli olarak pavyonda gerçekleşen görsel ve işitsel değişimler (Url-46).	66
Şekil 4.16: Sensörlere bağlı olarak mekanın bölünmesi ve genişletilmesi (Khan ve diğerleri, 2011).	67
Şekil 4.17: Değişen örüntü biçimleri ve malzeme kalınlıkları (Khan ve diğerleri, 2011).....	68
Şekil 4.18: Başlangıçtaki düzenli örüntü ve dönüşümü (Url-47).	69
Şekil 4.19: Strüktürün şişip, sönmesini sağlayan pnömatik sistem (Url-47).....	69
Şekil 4.20: İnsan yoğunluğu arttığında maksimum boyutlarına ulaşan ve sıcak renkler yansıtan pavyon (Url-47).	70
Şekil 4.21: Pnömatik strüktürde kullanılan örüntü (Url-48).....	70
Şekil 4.22: Örüntünün iki boyuttan üç boyuta kaldırılması (Url-48).	71
Şekil 4.23: Örüntünün, üretilmiş hali (Url-48).	71
Şekil 4.24: Kristal strüktürün uzay kafes sistemi (Burry & Burry, 2010).	73
Şekil 4.25: Mekanı Amman düzlemleriyle bölerek oluşturulmuş 14 polidehral karo (Burry & Burry, 2010).....	74
Şekil 4.26: Fuayenin içinden görünüm (Burry & Burry, 2010).....	74
Şekil 4.27: Çeşitli boyutlardaki her bir hücrenin uygulama çizimi ve restoran bölümünün izometrik çizimi (Burry & Burry, 2010).	75
Şekil 4.28: Strüktür ve kaplaması (Url-49).....	76
Şekil 4.29: Strüktürün kesitini gösteren maket (Url-50).....	76
Şekil 4.30: Pavillion 4 binasının ön cephesi (Url-51).....	77

Şekil 4.31: Atrium at Federation Square binasında çarkıfelek örüntüsünün kullanımı (Url-52).	78
Şekil 4.32: Çarkıfelek örüntüsünün kurallarına göre cephenin parçalara ayrılması (Moussavi, 2006).	78
Şekil 4.33: Cephenin katmanlarını gösteren diyagram (Moussavi,2006).	78
Şekil 4.34: Ravensbourne Campus cephesinde kullanılmış olan Penrose örüntüsü.(Url-53)	79
Şekil 4.35: Ravensbourne Campus güney cephesi görünüşü (Url-54).	79
Şekil 5.1: Bukalemunda renk değişimi (Teyssier & diğerleri, 2015).	83
Şekil 5.2: Kafadan bacaklıların derisindeki kromatoforların çalışma prensibi (Url-55).	84
Şekil 5.3: “Antarctic krill”ın renk değişim mekanizması (Url-56).	85
Şekil 5.4: Mürekkep balığının arka fona bağlı, dış yüzeyindeki örüntü değişimi (Url-57).	86
Şekil 5.5: Örüntü biçimlenmesini gösteren diyagram.	87
Şekil 5.6: Kabuğun çalışma prensibini gösteren diyagram.	89
Şekil 5.7: Firefly arayüzü ve web kamerası bağlantısı.	91
Şekil 5.8: Programlar ve eklentiler arasında aktarılan veri türünü gösteren diyagram	92
Şekil 5.9: Akış diyagramı.	93
Şekil 5.10: Altıgen ızgaraya bağlı modüllerin yüzey üzerindeki yerleşimleri.	93
Şekil 5.11: Seçilen ayrıtları gösteren diyagram.	94
Şekil 5.12: Farklı kenar kalınlığı ve modül uzaklığını gösteren diyagram.	94
Şekil 5.13: Modüllerin bitiş noktalarının parametrik olarak değişimi.	95
Şekil 5.14: İki modül arasındaki mesafe ve şişkin durumun ilişkisi.	95
Şekil 5.15: Tüm katmanların bir araya gelişini gösteren diyagram.	96
Şekil 5.16: Örüntünün uygulandığı kabuğun perspektifi.	96
Şekil 5.17: Güneş vektörü hesabı için tarihin belirlenmesi.	97
Şekil 5.18: Güneş vektörü ile modüllerin yüzey normalleri arasındaki açının hesaplanması.	99
Şekil 5.20: Processing kodunun akış diyagramı.	100
Şekil 5.21: Processing’de insanların toplanma noktasını (Attractor), insan hareketlerini ve yoğunluğunu gösteren (Particles) diyagram.	100
Şekil 5.22: Web kamerasıyla elde edilmiş görüntünün renk bilgisi.	103
Şekil 5.23: Girdi olarak piksel verilerini alarak renk çıktısına dönüştüren kod.	103
Şekil 5.24: Bina kabuğunda kullanılan örüntü çeşitlemeleri.	104
Şekil 5.25: Bina kabuğundan kullanılan örüntünün perspektifleri.	104
Şekil 5.26: Örüntünün mevcut cephelerde kullanımını gösteren diyagram.	105
Şekil 5.27: Örüntünün amorf yüzeylerde enstalasyon amaçlı kullanımı.	105
Şekil 5.28: Noktasal etmenlere bağlı olarak değişen örüntü.	106
Şekil 5.29: İnsan hareketine bağlı örüntü dönüşümü.	106
Şekil 5.30: İki odak noktası durumunun örüntü değişimi ile ilişkisi.	107
Şekil 5.31: Örüntünün güneşin geliş açısına göre değişimi.	108
Şekil 5.32: Güneş açısına bağlı mevsimsel örüntü değişimi.	108
Şekil 5.33: Örüntünün değişen mevsimlere bağlı görsel dönüşümü.	109
Şekil 5.34: İnsan hareketi ve güneş hareketi birleşiminin renk değişimi ile kombinasyonu.	109
Şekil 5.35: Modele ait perspektif.	110

DOĞADAN ESİNLİ İNTERAKTİF BİNA KABUĞU TASARIMI İÇİN ÖRÜNTÜYE DAYALI BİR MODEL

ÖZET

Mimarlıkta örüntü kullanımı, geçmişten bugüne tartışmalı olarak süregelmişse de, bilgisayar bilimi, yapay zeka ve biyoloji alanlarında, seriler ve tekrar eden biçimlerden oluşan diziler olarak örüntülerin kullanımı, bunların mimarlık alanında tekrar gözden geçirilmesine ve yeni bir bakış açısıyla ele alınmasına neden olmuştur. Alexander'ın 1977'de binanın üretimini, örüntülerin kurgulanması olarak açıklaması ile birlikte örüntünün mimariden dışlanması durumu, yerini örüntüyü mimarinin derinleşmesine katkı sağlayan bir öge konumuna getirmesini sağladı. Bu yeni bakış açısıyla beraber örüntüler, örüntü kitaplarından kopyalanarak çoğaltılan biçimlerden ibaret olmaktan çıkarak nesnelerin ya da olayların özüyle doğrudan doğruya ilişkili algoritmalar olarak görülmeye başlanmıştır. Örüntülerle ilgili bu tartışma, yalnızca örüntü üretimi fikrinin terk edilerek örüntü tanıma (pattern recognition) fikrinin ön plana çıkarılmasıyla da yön değiştirmiştir (Castle, 2009). Bu sayede, doğada bulunan karmaşık sistemler incelenerek oluşumlarında etken olan kural dizileri ortaya çıkarılmıştır. Bu tez kapsamında, performans ve iletişime dayalı bina kabuğu tasarımında kullanılabilecek, model kapsamında incelenen canlıların uyaranlara bağlı gösterdikleri değişimlerle analogik olarak ilişkilendirilmiş, örüntü tabanlı parametrik bir modelin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede, örüntü tanımının iki boyutlu ve statik bir tanımı aşarak, üçüncü boyutu da kapsayan kinetik ve farklı yüzeylere uygulanabilecek parametrik bir zeminde tartışılması ön görülmüştür.

Bu tez, teori ve uygulama olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Teorik bölüm kapsamında ve tezin tarihsel arka planını oluşturan 2. bölümünde, örüntülere dair iki zıt koldan süregelen tartışma, Modern öncesi, Modern ve dijital dönem olmak üzere, birbirini takip eden süreçler kapsamında mimari örneklerle desteklenerek incelenmiştir. Bu tezin 3. bölümünde ise, örüntü tanımının düzen ve kaos tanımlarına bağlı olarak gösterdiği değişim açıklanmıştır. Sonrasında, örüntüler, doğal ve yapay örüntüler başlıkları altında incelenerek bahsi geçen kural dizileri biyoloji, kimya, matematik ve bilgisayar bilimlerinden faydalanılarak detaylı olarak açıklanmış ve bu diziler kullanılarak üretilebilecek bazı biyomimetik modellere ait algoritmalar ortaya konulmuştur.

Doğadaki örüntülerin incelenmesi ve tanımlanmasıyla beraber biçimsel olanın arkasındaki fonksiyonellik ve malzeme bilgisi ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu durum, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar örüntülerin mimaride kullanımını etkilemiştir. Bu etkilenme, yani örüntülerin mimaride kullanımı, tezin 4. bölümünde; kentsel, strüktürel ve yüzey kaplama bölümleri altında, örüntünün kullanıldığı kısım ve ilgili örüntü sınıflandırmaları gözetilerek açıklanmıştır.

Doğal örüntülerin bir bölümü olan, canlı organizmaların dış yüzeylerinde bulunan örüntüler; canlıların bulundukları ortama adapte olmalarını, çiftleşmelerini yani iletişim kurmalarını ve / ve ya avcılardan korunmalarını sağlarken mimaride bina

cephesi ya da kabuğuyla ilişkilendirilmiştir. Canlıların dış yüzeylerindeki bu adaptasyonların anlaşılması, bina kabuğunun salt olarak iç ve dış ortamı ayırmaktan öteye geçerek dışavurum, uzlaşma ve performans aracı olarak görülmeye başlanmasını sağlamıştır. Bu sayede, bina kabuğu bitmiş bir nesne olarak görülmeyip uyaranlara bağlı olarak dönüşebilen bir sistem olarak algılanmıştır. Günümüzün dinamik dünyasında, değişim ve dönüşüm yani adapte olabilme yeteneği oldukça önemli hale gelmiştir. Analog olarak gerçekleştirilen örüntü üretme yöntemlerinin sayısal teknolojiler yardımıyla geliştirilerek duyarlı ve interaktif bir mimari öge olarak kullanımı bu tezin ana omurgasını oluşturmaktadır.

İncelenen çeşitli doğal ve yapay örüntü sistemlerinden, bu tez kapsamında, canlıların dış yüzeylerinde yer alan örüntü oluşumları ile dokuma örüntüleri kaynaştırılarak tezin 5. bölümünde detaylı olarak açıklanan bir model geliştirilmiştir. Model kapsamında incelenen canlılardan biri, değişen duygusal durumuna bağlı olarak deri rengini değiştiren bukalemundur. Eğer, bukalemun heyecanlı ise deri rengi daha sıcak renklere, aksi durumda ise daha soğuk renklere dönmektedir. Çok katmanlı derisi sayesinde, hem renk hem biçim anlamında deri değişimi sergileyen bir diğer canlı ise mürekkep balığıdır. Deri katmanlarında yer alan farklı yapıdaki hücrelerden olan kromatoforlar sayesinde mürekkep balıkları, gelen ışığın rengini değiştirerek yansıtmaktadır. Yani, eğer belirli bir renkteki kromatofor şişkin ise canlının derisine gelen ışık bu renge dönüştürülerek yansıtılır. Eğer bu hücreler sönük durumda ise, gelen ışık beyaz renkli hücrelere ulaşacağından beyaz renkte yansıtılır. Bu pigment benzeri yapıdaki hücreler, birer kas gibi çalışarak canlının bulunduğu ortama adapte olmasını sağlar. Bu tez kapsamında tasarlanan model, bahsi geçen canlılara benzer şekilde, iki katmanlı bir yapıya sahiptir ve altıgen bir ızgaranın başlangıç biçimi olarak seçilmesiyle geliştirilmiştir. Bu iki katmanlı yapı, dokuma örüntülerinde olduğu gibi örülü bir yapıya sahiptir ve mürekkep balığının dış yüzeyindeki katmanlar gibi kas sistemine benzer renksel değişimler göstermektedir. Model, çeşitli parametrik tasarım araçları kullanılarak güneş, insan hareketleri ve çevresel değişimler gibi belirli uyaranlara bağlı olarak değişim gösteren ve bina kabuğu, cephe elemanı ya da enstalasyon tasarımı ölçeğinde üretilebilecek örüntü tabanlı bir modeldir. Güneşin konumu, insan hareketleri ile değişen çevrenin örüntü karakterine bağlı olarak birçok sonuç ürün elde edilebilmesi bakımından üretken olan model, mimari anlamda “duyarlı interaktif mimarlık” olarak tanımlanmaktadır. Tasarlanan kinetik örüntü uyaranlara tepki verirken, bazen kamufle olma yani çevresiyle uyumlu olma, bazense belirginleşme ve çevresiyle iletişim kurma eğilimindedir. Tüm bu karakteristik değişimler, bahsedilen etkenlerin farklı kombinasyonları ile zenginleşmektedir.

Tezin sonuç bölümünde, modelin potansiyelleri mimarlık ve sürdürülebilirlik anlamında tartışılmıştır. Modelin bina kabuğu, cephe ve enstalasyon tasarımı gibi farklı ölçeklerde ve biçimlerde uygulanabilirliği modelin mimari potansiyelleri arasındadır. Aynı zamanda; güneşin geliş açısının, insan hareketlerinin ve değişen çevre görüntülerinin bina kabuğu üzerindeki etkileri sonucu bina kabuğu, hem performatif hem de iletişimsel bir ara yüz tariflemektedir. Güneşe bağlı gerçekleşen adaptasyon, ısıl kazanç ve ışık kontrolü sağlarken insan hareketlerinin ve değişen çevresel görüntülerin veri olarak alınması ise, bina kabuğunun hem kullanıcılarla hem bulunduğu çevreyle dinamik bir ilişki kurmasına neden olmaktadır. Bina kabuğunun bulunduğu yere ve zamana bağlı, birçok biçim ve renge bürünerek farklı kimlikte dış yüzeyler tanımlaması da modelin parametrik yapısının bir sonucudur.

Modelin uygulaması bağlamında ise, PVC esaslı malzemeler ile pnömatik modüllere entegre edilmiş LED sisteminin birleştirilmesi önerilmiştir. Bu sayede, geleceğe

yönelik araştırmalarda, malzemenin mekanik ve elektrik sistemlerle birleştirilmesi ile yapının sürdürülebilirliği ağısından sağladığı katkılar gözlemlenebilecektir.

A MODEL FOR NATURE INSPIRED INTERACTIVE BUILDING ENVELOPE DESIGN BASED ON PATTERN

SUMMARY

The use of the pattern in the field of the architecture has been controversial so far, its usage in computer science, biology and artificial intelligence as shapes and forms which emerge from series and repeating sequences has caused to rethink the role of pattern in the architecture and create a new point of view regarding its applications. After, Alexander implies that production of building can be called the assembly of patterns, the rejection of pattern from architecture has shifted to understand pattern as a contributor to make architecture more profound. By means of this new perspective, a pattern has not only been seen as a repetition of identical geometries or elements, it has also been seen as a result of random or emergent behaviours which are defined by rules. The shift in discussion is from the notion of pattern-making alone to pattern recognition (Castle, 2009). This two sided discussion about patterns which includes the pre-Modernism, Modernism and digital age is explained in historical background (Chapter 2) of this thesis with several examples in architecture.

This thesis has two main parts which are the theory and application. As a theoretical part, the definition of the pattern is discussed in Chapter 3 which has changed in time regarding the types of iterations which a pattern has. How the notion of the regularity and chaos has shaped the definition of pattern. The rules behind pattern formations have exposed to examine the complex systems in nature. In a pattern definition and classification chapter of this thesis, the examination of patterns goes under two headings as natural and artificial (man-made) patterns. First, it is explained that the rules behind formations in nature with the help of biology, chemistry, mathematics and computer sciences and exhibited some algorithms which are generated by rule sets to produce biomimetic models. Next, man-made patterns are analysed through the relation between material, geometry and production which are the most prominent criteria of this kind of patterns. From regular to complex, man-made patterns have different kind of generative methods which are discussed under heading of periodic, aperiodic and random patterns whose classification is borrowed from mathematics.

Owing to analysing and defining natural patterns, functionality and materiality has exposed behind the formal. This situation has affected patterns in architecture from micro to macro scale. In the scope the thesis, patterns in architecture is explained under the chapters of urban, structural (building) and tiling patterns considering the pattern classifications in regards to the part of the city or building that pattern is applied to considering the material, additional systems and pattern formation method of the projects. This classification has the methodology of showing the different scales and degrees of the application regarding patterns and their relation with concept of the projects.

Patterns on the body of animal which yield adapting to the environment, mating as a communication or protecting himself from threats is related to building façade or

envelope, in this thesis. Understanding the adaptations of animals leads to ensuring the building envelope to be seen as an expression, negotiation and performance entity aside from dividing interior and exterior. Thus, building envelope is not seen as a completed element and is understood as a system which can be transformed according to stimulus like in nature. In today's dynamic world, it is important to have the ability of the adaptation by means of transformation. The thesis is based on the development of the analogue pattern generation methods in the help of digital technologies and use them to produce a responsive and interactive building envelope by using the method of biomimicry as a application part of this thesis. While doing this, the camouflage by means of blending with its surroundings and accentuation of the building envelope by means of becoming apparent which are also characteristics of the animal's bodies, is discussed through the proposed model for the thesis.

In the scope of the thesis, after analysing the natural and artificial patterns, a model is produced integrating patterns on bodies of animals (natural) and patterns of weaving (man-made). One of these animals which is analysed and mimicked for this thesis is chameleon whose skin changes in colour according to its mood. If the chameleon is excited its skin colour turned out to warm colours, in opposition to calm mood. The other animal is cuttlefish which has sophisticated skin adaptation system both in colour and form thanks to its multi-layer skin. The colour filters which are called chromatophores varies in colour define the colour of skin by inflating and deflating. If the chromatophores are inflated they colour the skin to their own colours by reflecting light which is changed by these cells. If they are deflated, light which comes through the skin is reflected as a white colour. These pigment-like cells work as muscles and help the adaptation of the animal to its environment. To generate the model which is proposed for this thesis, two layers of a hexagonal grid is chosen as an initial shape like in the cuttlefish. This two layers are interwoven and have ability to change in colour and shape by using pneumatic and LED systems like in the chromatophore cells. Thus, the model is a pattern based model inspired by the mechanisms of colour and form changing animals which can be transformed according to stimulus as the sun orientation, the movement of people and change in the environment and produced as a building envelope, façade or installation by using of several parametric design tools. By means of the stimulus, several pattern formations occurs owing to this generative model. This pattern formation which is carried to the architectural discourse called "responsive interactive architecture". Here, responsive stands for being activated by stimulus while interactive represents the human interaction of the model. The kinetic pattern which is proposed for this thesis responds to the stimulus as blending with its surroundings (camouflage) or communicating with the environment (accentuation) like in natural adaptations of animals. All these characteristic changes in the pattern based model are enriched by the combinations of agents which affects the character of the building envelope which are gathered together at the end of this chapter in a table of patterns. Inflation/deflation of system is enhanced by colour makes the model communicative as well as performative in terms of architecture.

In the conclusion chapter of this thesis, the potentials of the model is discussed regarding architecture and sustainability. Owing to responsive and interactive character of the model, it can be applied in different scales like building envelope, façade or installation and combined with different functions of the building. The sun orientation of the model yields to sustainable architecture by providing heat gain and light optimization. The human interaction provides dynamic relationship with the inhabitants of the building while defining a surface of communication with its

environment. Besides, thanks to the colour adaptation of the model, it blends with its surroundings. Combinations of these agents can create more transformations in the pattern based model thanks to the generative algorithm.

In regards to application of the model, the integration of the pneumatic modules which are produced with PVC based materials and LED systems is suggested for the future applications. Thus, it can be observed that the contribution of integrating the material with the electrical and mechanical systems to the sustainability of the building considering the future of our world.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Konusu ve Amacı

Örüntü (pattern), Latin kökenli bir kelime olup, günümüz kullanımıyla dizi, düzenleme (dağıtım), strüktür, tekrar eden birimlerin oluşturduğu seri ya da frekans, benzer ya da aynı elemanlardan oluşan bir süreç ya da sistem anlamlarına gelmektedir (Garcia, 2009). Kullanımları, insanlık tarihi kadar eski olmakla birlikte, dekoratif özelliklerin belirginleştirilmesini, toteme dayalı kimliğin ve semiyotik farklılaşmanın ortaya çıkarılmasını ya da bunların herhangi farklı kombinasyonunu içerebilen şekildedir (Schumacher, 2009). Örüntüler matematik, biyoloji ya da bilgisayar bilimlerinin konusu olmadan çok önce de, Schumacher'in bahsettiği şekillerde, gerek fonksiyonel, gerek simgesel anlamların birer karşılığı olarak varlığını sürdürmekteydi. İnsan bir şeyleri anladıkça onu şekillerle ifade etme gereği duyuyor ya da bir şeyleri analiz ettikçe arkasındaki kural dizilerini anlamak için onları örüntülerle tanımlıyordu.

Örüntülerin tüm bu tarihsel sürekliliği Modernizm döneminde kesintiye uğramış olsa da, bilimsel gelişmelerin paralelinde, örüntü oluşturma ya da örüntü tanıma işlemleri matematiksel düzlemde incelenmeye başlanmıştır. Bu inceleme, doğal ya da insan yapımı örüntülerin fiziksel ortama aktarılmasında yeni yöntemler geliştirilmesine neden olmuştur. Örneğin, mimaride, önceleri birimlerin bir araya gelişlerindeki karmaşıklıktan dolayı hesaplanmakta güçlük çekilen örüntüler, matematiksel olarak tanımlanmalarıyla beraber kolaylıkla inşa edilebilir hale gelmiştir. Basit şekillerden belirli kurallar yardımıyla daha karmaşık geometrilerin elde edilmesi, özellikle cephe kaplamalarında yeni kullanımları beraberinde getirmiştir. Kural dizileri yardımıyla, en başta düzenli ve sıralı görülen örüntülerden, her bir tekrarlama sonucu daha karmaşık örüntüler elde edilebilir hale gelmiştir. Bu düzenden karmaşıklığa geçiş durumları ve örüntülerde oluşan simetriler bina kabuğunda binanın kimliği ile ilişkilenebilir ve artık süsleme elemanı olmanın ötesine geçerek çeşitli birimlerin kurallı bir araya gelişleri olarak algılanmaya başlanmıştır.

Süsleme (ornament), sadece yüzeye uygulanmamakta, hayvanın biçiminin, şekline ve strüktürüne cevap veren derisindeki örüntü gibi, yüzeyin matematiği ve şeklinin özünden türeyerek yüzeyin biçimsel kalitesini vurgulamaktadır (Lynn, 2004). Bu vurgulama ve / veya maskeleme bitkilerde değişik renk ve desenlerde çiçekleriyle kendisine karşılık bularak üremelerini sağlarken bukalemun gibi canlılarda bulunduğu ortama uyum sağlayarak hayatta kalmak için kamuflle olmayı gerektirir. Yani, zaman zaman canlının tehlikelere karşı korunmak için çevresiyle uyumlu hale gelmesi, üremesi içinse dikkat çekici hale gelmesi gerekebilmektedir.

Her ne kadar kamuflaj sözlük anlamı gereği bir ortadan kaybolma eylemi gibi algılsa da aslında bulunulan ortamla uyum sağlama, ona benzeme ve onun bir parçası olma anlamındadır. Bukalemun deri rengini değiştirirken bulunduğu ortamın özelliklerini alır, adeta bir görsel işler gibi bulunduğu ortamın örüntüsünde bulunan biçimleri ve renkleri derisine aktarır. Doğal çevreyle kendi dış yüzeyini harmanlayarak doğanın bir parçası haline dönüşür.

Bu asimilasyon ve yüzey oyunuyla, kamuflaj bir kılık değiştirme eylemi olmaktan çıkar ve canlı ya da nesne çevreyle bir olup harmanlanarak kendi kimliğini oluşturur. Bu görsel interaktif süreç temsil yoluyla kendini dünyayla ilişkilendirerek bir devamlılık biçimi oluşturur (Leach, 2006). Bu devamlılık bina kabuğunda değişen çevreye görsel olarak adapte olma anlamındadır.

Öte yandan, bukalemunun renk değiştirme süreci, ortamın ışık ve sıcaklık değerleri ile de ilişkilidir. Eğer canlının deri sıcaklığı düşük ise, daha az ışık yansıtarak vücut sıcaklığını arttırmak için daha koyu renklere bürünür. (Knaack & diğerleri, 2008). Yani, canlı derisindeki bu renk değişimi, görsel olduğu kadar performansa da dayalıdır.

Bu adaptasyon, mimari anlamda “duyarlı interaktif mimarlık” olarak adlandırılmaktadır. Duyarlı interaktif mimarlık, çeşitli uyaranlara bağlı olarak kendini dönüştüren ve uyum sağlayan bir mimarlık anlamındadır. Bu tez kapsamında, performansa ve iletişime dayalı bina kabuğu tasarımında kullanılabilecek, yukarıda bahsettiğimiz canlıların uyaranlara bağlı gösterdikleri değişimlerin analogik olarak ilişkilendirildiği, örüntü tabanlı parametrik bir modelin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede, örüntü tanımının iki boyutlu ve statik bir tanımı aşarak, üçüncü boyutu da

kapsayan kinetik ve farklı yüzeylere uygulanabilecek parametrik bir zeminde tartışılması ön görülmüştür.

1.2 Tezin Kapsamı ve Yöntemi

Tezin kavramsal çerçevesi, örüntülerin tarihsel süreci ile başlayarak tanımı ve sınıflandırması ile devam etmektedir. Sonrasında, mimari anlamda örüntülerin geleneksel ya da çeşitli sayısal teknolojiler yardımıyla üretilmiş olan örnekleri, hem kullandıkları teknoloji, hem de örüntü oluşturma ve kullanma yöntemleri anlamında incelenerek analiz edilmiştir. Tez kapsamında, hesaplamalı parametrik tasarım araçlarının örüntü üretim yöntemleri üzerindeki etkileri araştırılarak, yazar tarafından geliştirilen model ile okuyucuya aktarılmaya çalışılmıştır. Modelde kullanılan örüntü, mimari anlamda, çeşitli çevresel etmenlere tepki gösteren, kısaca duyarlı interaktif mimarlık ürünü olarak tasarlanmıştır.

Tez, kavramsal ve uygulama olmak üzere iki temel bölümden oluşmaktadır. Tezin teorik bölümü, örüntüler tarihinin iki zıt koldan süregelen ve özellikle Modernizm’le beraber artış gösteren tartışma zeminini ele alarak başlamaktadır. Bu bölümde, insanlığın ilk çağlarından bu yana yüz boyamalarından en temel barınma ihtiyacının karşılanmasına kadar faydalanılan örüntülerin Modernizm’le birlikte, mimarlığın dışında bırakılmaya çalışılması ve sonrasında dijital çağda tekrar keşfedilmesi durumu incelenmektedir.

Ardından, örüntülerin düzen ve karmaşıklık üzerinden incelenebilecek tekrarlı olma durumları araştırılarak, geleneksel ve süreç içinde değişen tanımları karşılaştırılmıştır. Sonrasında, doğal ve yapay örüntüler başlıkları altında örüntüler sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma, doğanın oluşturduğu ya da doğada oluşan örüntüler ile özellikle matematiksel bir takım kurallar çerçevesinde insanların oluşturduğu örüntüler olarak düşünülebilir. Bu bölümde, devam eden alt başlıklar altında doğal ve yapay örüntüler incelenerek oluşumlarında rol alan fiziksel kuvvetler ile matematiksel zemindeki tanımları açıklanmaya çalışılmıştır. Bu kural dizilerini mimari alana aktarmada kullanılabilecek birtakım algoritmalar da bölüm sonlarında incelenmiştir.

Sonrasında, mimaride kentsel, strüktürel ve yüzey kaplama işlemlerinde kullanılan örüntüler incelenerek oluşturulma yöntemleri, tasarım sürecinde kullanılma aşamaları,

malzeme ve mekanik sistemlerle ilişkileri açıklanmıştır. İncelenen örneklerin farklılaşan yönleri karşılaştırılarak bölüm sonunda okuyucuya aktarılmıştır.

Tezin uygulama kısmını oluşturan bölümde ise, tüm bu doğal ve yapay örüntülerin incelenmesi sonucu, doğadan esinli interaktif bir model, örüntü oluşturma yöntemleri çerçevesinde tasarlanmıştır. Canlılığın doğasından ileri gelen minimum içerikle maksimum çeşitlilik sağlanarak değişen koşullara adapte olunması durumu, bina kabuğunun çeşitli uyaranlar altında bir durumdan diğer duruma geçerek örüntü bağlamında olduğu kadar performans bağlamında da dönüşümü ile ilişkilendirilmiştir. İki katman halinde ve örülü biçimde tasarlanan örüntünün alt ve üst katmanının güneşe duyarlı yani performatif; insan hareketlerine ve çevredeki görsel değişimlere duyarlı yani iletişimsel bir yönü vardır. Bu üçlü kombinasyon sonucu, kullanılması tasarlanan pnömomatik modüllerin biçimleriyle ve değişen renkleriyle zenginleşen bir örüntü çeşitliliğine ulaşılmıştır. Bu örüntü, Rhinoceros ve eklentileri Grasshopper, Firefly, Exoskeleton ve Weaverbird ile Processing kodu gibi sayısal tasarım araçları yardımıyla tasarlanmıştır.

Örüntüler ilk çağlardan beri insanlar tarafından doğada gördüklerinin birer taklidi olarak uygulanmıştır. Zaman içerisinde bazı yönleriyle süsleme denebilecek zeminde kalan örüntüler, bazı yönleriyle ise, geometri ve malzeme ile birlikte düşünülebilen sayısal bir araç olmuşlardır. Bu araçsallık durumu, gelişen teknolojiyle birlikte, kolayca sayısal zemine aktarılabilmelerine neden olmuştur. Dolayısıyla, örüntüler, salt doğadan esinlenilen bir konu olarak kalmayarak, İslamik örüntülerde de olduğu gibi, kurallarla tanımlı seri ve diziler olarak da algılanmıştır. Tezin kuramsal bölümünde, detaylı bir şekilde açıklanan, örüntülerin hem doğadan esinlenilen hem de insan yapımı olabilen karakterleri model kapsamında sayısal tasarım yöntemlerinden faydalanılarak kullanılmıştır. Bu tez kapsamında, düzenli ve insan yapımı olduğu kadar arı kovanlarında da rastlayabildiğimiz doğal bir örüntü olan altıgen ızgara başlangıç biçimi olarak seçilmiştir. Daha sonra, bu biçimin güneş, insan hareketleri ve çevresel değişimler gibi etmenlere maruz kalarak dinamik bir dönüşüme uğraması model kapsamında araştırılarak sonuçları tartışılmıştır.

Modelin tasarım süreci kapsamında, canlıların derisinde gerçekleşen değişimlere dayanan, doğadan esinli bir yöntem izlenirken, sayısal düzlemde modelin güneşe, insan hareketine ve çevresel değişimlere vereceği tepkinin tanımlanması ise akış

diyagramları ile ortaya konulmuştur. Bu akış diyagramlarında detaylı biçimde açıklandığı üzere, iki katmandan oluşan örüntünün ilk katmanı güneşin konumunu referans almakta iken, üst kabuk insan hareket ve yoğunluğu ile çevresel değişimleri işlemektedir. İşlenen veriler; bina kabuğu, cephe ya da enstalasyon gibi farklı işlevler için kullanılabilecek modele iki aşamalı olarak aktarılmaktadır. İlk olarak, pnömatik olarak tasarlanan ve örüntü üzerine yerleştirilmiş modüllerin şişip sönmesi, ikinci olarak da çevreye uyum sağlama yani kamufle olma amaçlı renk değişimleri gerçekleştirilmektedir. Örüntü, yeni bir bina kabuğu ya da cephede kullanılmak üzere tasarlanabileceği gibi, mevcut bir yapının fiziksel ve görsel dönüşümüne de katkı sağlayabilmektedir.

Tezin sonuç bölümünde ise, teknolojik gelişmeler sayesinde değişen örüntü tasarım yöntemleri, sürdürülebilirlik üzerinden tartışılarak modelin gelecek kullanımları ve potansiyelleri açıklanmıştır.

2. ÖRÜNTÜLER TARİHİNE GENEL BİR BAKIŞ

İnsanlığın en eski çağlarından beri, örüntüler, çeşitli amaçlarla kullanılmışlardır. Şüphesiz ki, insan vücudu, dokuların yer aldığı en eski yüzeydir. İlk ortaya çıkışları, insanın doğadan öğrenmiş olduğu, kamuflaj amaçlı, kendi vücudunu çeşitli motif ve şekillerle kaplaması şeklindedir. Bu vücut kaplamaları, aynı zamanda, kabiledaki diğer insanlar arasında farklı olma amacına da hizmet etmekteydi. Vücudun çeşitli yerlerinin vurgulanması ön plandaydı. Totemik işaret ve şekiller çeşitli ritüellere hizmet etmekteydi. Kısaca, bu motifler kişinin kendisini dış dünyaya ifade etmesinin bir yolu ve biçimiydi.



Şekil 2.1: Kabiye yüz boyaması (Url-1).

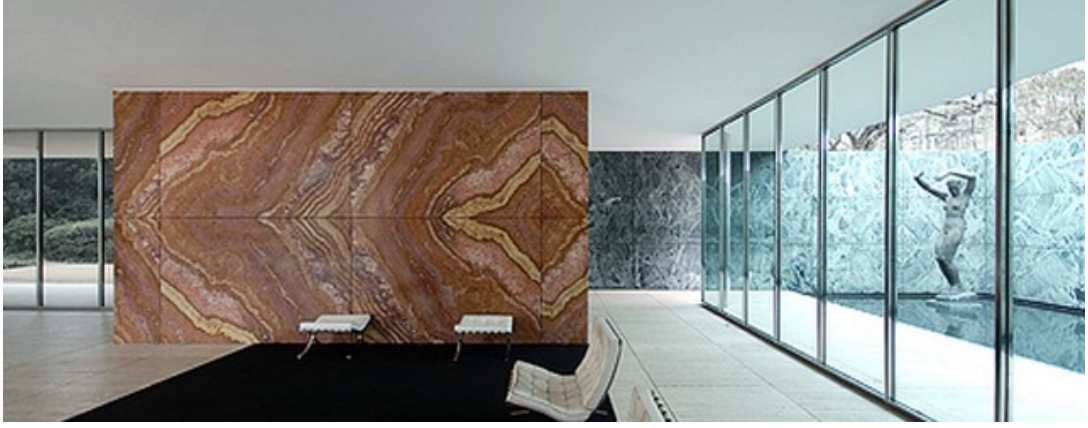
Örüntüler, insan vücudunda nasıl bir dışavurum aracı olarak kullanılmış ise, yapı kabuğunda yer aldıklarında da o yapının kendine özgü ifade biçimini oluşturmuşlardır. Binanın dışavurumu olarak isimlendirilebilecek bu durum, farklı dönemlerde farklı karşılıklar bulmuştur. Rönesans'tan bu yana mimarlar periyodik bir şekilde süslemenin binanın tüm organizasyonundan daha önemsiz olduğu konusunda ısrarcı olmuşlardır (Picon, 2013). Modernist dönemde bu ısrarcılık, süslemenin suç sayılması gerektiği düşüncesine kadar vardırılmıştır. Adolf Loos 1929 yılında kaleme aldığı “Süsleme ve Suç” isimli meşhur makalesinde süslemeyi gereksiz, çocukça ve hatta suç

olarak niteleyerek küçük düşürmüştür (Picon, 2013). Loos'un tepkisi Rokoko döneminde had safhaya taşınmış olan yüzeylerin çeşitli doğa esinli figürlerle süslenmesiyle ilgiliydi. Şekil 2.2'de bu döneme ait Aynalar Salonu'nda görüldüğü üzere eğrisel çizgilerin, çeşitli desenlerin ve altın renginin kullanımı bu döneme hakimdi.



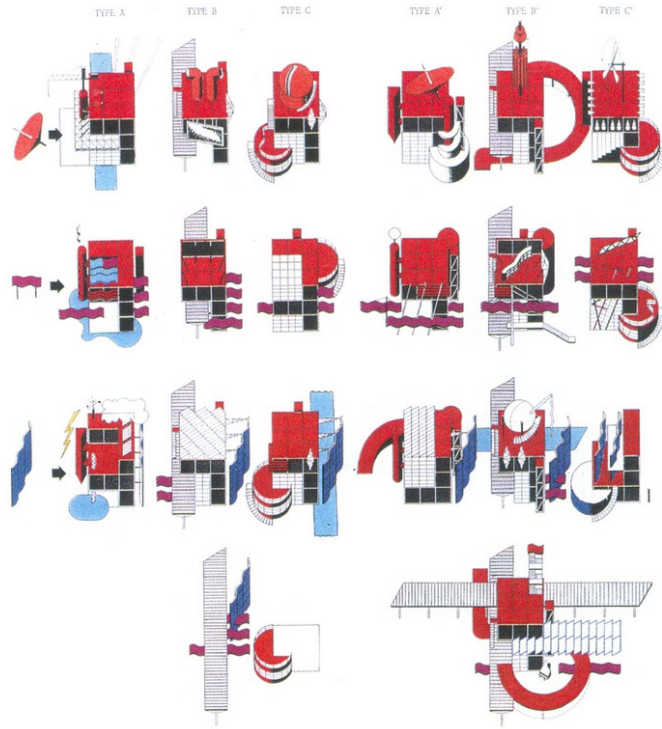
Şekil 2.2: Rokoko dönemine ait Münih'teki Nymphenburg Sarayı'nda yer alan Aynalar Salonu'ndan bir görünüm (Url-2).

Loos'un süslemeye karşı olan bu katı tutumu yine de süslemeyi mimarlık disiplininin uzaklaştıramamış, yeni-süslemeci bir gramerin yerleşmesini tetiklemiştir (Picon, 2013). Örneğin, Le Corbusier yapılarında betonun kalıp izlerini olduğu gibi bırakarak süslemeyi malzemenin karakterini ortaya çıkaran bir bakış açısıyla ele almıştır. Malzeme dışında kullandığı geometrilerin bir araya gelişlerinde de belirli bir ritim hissi bulunmaktadır. Ronchamp Şapeli'nin pencere boşluklarının tanımladığı örüntü, yapı içerisinde farklı ışık derecelerinin oluşmasını sağlayarak fonksiyonun ve mekan derinleşmesinin bir parçası haline gelmiştir. Diğer bir açıdan 1929'da Mies van der Rohe, Barcelona Pavyonu'nda doğal taşın kendine ait dokusunu bir süsleme elemanı olarak kullanarak süslemeyi malzemeye beraber yorumlamıştır. Bu pavyonda kullanılan oniks taşı belirli bir örüntü oluşturacak şekilde bir araya getirilerek Şekil 2.3'te görülen duvar oluşturulmuştur.



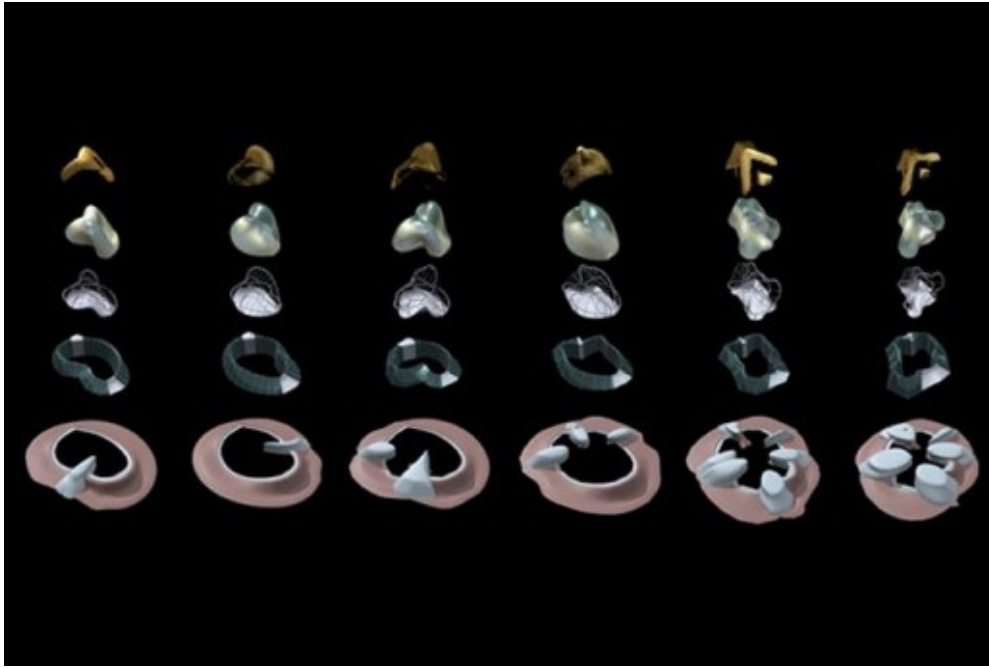
Şekil 2.3 : Mies van der Rohe tarafından tasarlanan Barcelona Pavilyonu (Url-3).

Bahsettiğimiz süsleme tartışmalarının devamında, Modernizm’de farklı bir şekilde ortaya konulan kimlik arayışı, Post-Modernizm’de dekor, Dekonstrüktivizm’de kolajların geometrisi olarak yankı bulmuştur (Moussavi, 2006). Şekil 2.4’te görülen Bernard Tschumi’nin tasarladığı Parc de la Villette bir düzen içerisinde tekrar eden belli geometrilerin kolajından oluşmaktadır. Bu dekonstrüktif örnekte, örüntü, ortak bir yapı kimliği oluşturan matematiksel kural dizilerinin sonucu olarak ifade edilmiş şekildedir. Temel geometrik biçimlere ekleme, çıkarma ve büyültüp küçülme gibi işlemlerin uygulanması ile birçok farklı yapı elde edilmiştir.



Şekil 2.4 : Bernard Tschumi’nin tasarladığı Park La Vilette (Url-4).

Her ne kadar Post-Modernizm, Modernizm tarafından engellenen sembolizm ve göstergebilim (semiotic) kavramlarını ön plana çıkardıysa da süsleme üzerinde çok fazla durmamıştır. Süslemenin ve dolayısıyla örüntülemenin mimarlık dünyasına asıl dönüşü 90'ların ortalarında Greg Lynn, Hani Rashid ve Scott Marble tarafından kurulan “Kağıtsız Stüdyo”nun tasarım yazılımlarını ve bilgisayar destekli üretimleri ön plana çıkarmalarıyla gerçekleşmiştir (Picon, 2006). Şekil 2.5'te görülen Greg Lynn'e ait Embriyolojik Konutlar projesinde belirli kurallar sonucu üretilen konut tipolojileri görülmektedir. Genel olarak belli bir karakteri taşıyıcılar da her biri kişiye özeldir. Embriyolojik Konutlar'ın taşıdığı çeşitlilik; yaşam tarzına, araziye, iklime, inşaat yöntemlerine, malzemeye, mekânsal etkilere, fonksiyonel ihtiyaçlara ve özel estetik etkilere uyum sağlamaktan ileri gelmektedir (Lynn, 2000). Bu özellikleriyle Embriyolojik Konutlar, biyoloji ile konut üretimini ilişkilendirerek yapının da doğada olduğu gibi evrilen bir sistematikte gelişimini ortaya koymuştur.



Şekil 2.5: 1988'te Greg Lynn'in tasarladığı Embriyolojik Konutlar (Url-5).

Bu dijital tasarım anlayışının yerleşmesi ile birlikte teknolojik gelişmelere bağlı olarak, doğada gözlemlenen örüntüler, yapay zeka alanında kullanılan sayısal örüntüler ile mimari ya da şehir ölçeğinde algılanan örüntüler ile alakalı gelişmeler de örüntülere bakışı tamamen değiştirmiştir. Bu yeni bakış açısıyla beraber, örüntüler, aynı ya da benzer şekillerin herhangi bir fonksiyonellik ya da taşıyıcılık gözetmeksizin bir yüzey üzerine yerleştirilmesi eyleminden çıkıp, birtakım değişkenlere ve kurallara

bağlı dönüşümler olarak algılanmaya başlanarak, taşıyıcılık ve etkileşime dayalı özellikler kazanmıştır. Bu önemli değişim, herhangi bir yüzey kaplama işleminde, örüntüde oluşan farklılıkların telafi edilmesi şeklindeki örüntüleme yönteminin terk edilerek, farklılıkların vurgulanmasını ön plana çıkaran parametrik örüntüleme yöntemine geçişi sağlamıştır (Schumacher, 2009). Kusur ya da farklılıkların vurgulanması, geleneksel örüntülerde kullanılan simetri arayışlarının zıttı bir yöndeki bakış açısını yansıtıyordu. Standartlaşmış tasarımın eski düzeni ve onun yerleşik süreçleri gücünü kaybederek, yeni çağdaş mimarlık, kişiselleştirilmiş, standart olmayan, karmaşık biçimler arzusu ile bağdaşır hale gelmiştir (Castle, 2010).

Bu kişiselleşmeyle beraber mimarlık pratiğindeki tektonik yaklaşım zayıflayarak öncelik strüktürden yüzeye aktarılmıştır (Picon, 2006). Cephenin bina strüktürü üzerine giydirilen ayrı bir eleman olarak görülmesi düşüncesi yerini, dışarı ve içerisini ayıran ya da bütünleştiren sürdürülebilir özellikte bir zarf fikrine bırakmıştır. Kabuğun iç mekandan ayrışması ile mimarın rolü dış kabuğun tasarlanmasına yoğunlaşmış ve iç mekanı diğer tasarımcılara bırakmasına neden olmuştur (Moussavi, 2006).

Örüntüyü salt kabuk olarak gören yaklaşımların dışında, Fuller’ın Jeodezik Küre’inde olduğu gibi strüktürel anlamda inceleyen örnekler de mevcuttur. Öncül olarak “İslamik Geometrik Örüntüler” de görebileceğimiz, örüntülerin matematiksel şekiller olarak algılanması ve ifade edilmesi durumu, örüntülerin fonksiyonelliğine büyük bir katkı yapmıştır.

Günümüzün mekânsal tasarım örüntü morfolojileri ise ağırlıklı olarak dijital/parametrik örüntüler, antik örüntülerin Post-modern yeniden yorumları (dalgalar gibi), DNA gibi yeni bulunanlar ya da beliren görselleştirmeler ve tasarım teknolojileri ile simüle edilenlerdir (Garcia, 2009). Bu örüntüler, bilgisayar teknolojileri yardımıyla çeşitli sayısal tasarım modelleri ya da matematiksel algoritmalar kullanılarak oluşturulmaktadır. Tasarım sürecine sadece biçimsel olarak dahil olan geçmişteki örüntü üretme yaklaşımlarının aksine, örüntü üretimi tasarım sürecinin tamamına etkiyerek malzeme, strüktür ve organizasyonun oluşturulmasında etkin rol oynamaktadır.

3. ÖRÜNTÜLERİN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Örüntüler, genel anlamıyla birbirine benzer birim dizilerinin düzenli bir biçimde tekrar etmesiyle oluşan sistemler şeklinde tanımlanmış olsalar da, zaman içerisinde örüntü tanımı farklılaşmıştır. Çeşitli bilimsel gelişmelerin ışığında, düzen ve düzensizlik yani kaos tanımları değişiklik göstermiş, bunlarla birlikte yeni kural dizileri tanımlanmıştır. Düzensizliğin de düzen kadar tanımlı ve basit kural dizilerinin sonucu olarak ortaya çıkabileceği anlaşılmış, bu sayede örüntü tanımı tekrar eden, ama düzenli ya da iyi tanımlanmış bir simetri içermeyen ve tekrar eden parçaların birebir aynı olmak zorunda olmadığı bir tanıma kavuşmuştur. Örneğin, Şekil 3.1’de görülen kumulların rüzgar sonucu oluşturduğu örüntülerde kumulları oluşturan her bir kum taneciği birebir aynı değildir ve oluşan örüntü bilinen anlamda düzenli denilebilecek bir simetri oluşturmamaktadır. Buradan yola çıkarak basitçe diyebiliriz ki; örüntüler tipoloji olarak tanınmalarını sağlayan belirli özellikleri taşımalıdır (Ball, 1999).



Şekil 3.1: Rüzgarın etkisiyle oluşan kumul örüntüleri (Url-6).

Biçim ise, renk, malzeme ya da düzeniyle bulunduğu ortamdan ayrılan açık bir biçimde tanımlanmış bir alanın dışsal görünüşüdür (Url-7). Aynı örüntülerde olduğu gibi biçimlerin de tanımlanması ve sınıflandırılması için birebir aynı olmaları gerekli değildir. Örneğin; Şekil 3.2’de görülen deniz canlılarının kabukları üzerinde bulunan desenler farklılık gösterse de, onların arkasındaki matematiksel kural dizileri aynıdır

ve her biri kolayca diğer nesnelerden ayrışırlar. Bu ayrışma, deniz kabuklarını örüntü bağlamında benzer kılmaktadır.



Şekil 3.2: Üzerlerindeki renk ve şekiller farklılık gösterse de örüntü karakteri olarak benzer olan deniz kabukları (Url-8).

Bu benzerlik ve farklılıklar, örüntülerin üretim süreçleri bakımından iki ana başlık altında incelenebilmektedir. Bu sınıflandırma, bu tez kapsamında, doğada gözlemlenen örüntü biçimlerinin incelenmesi ve bu örüntülerin sayısallaştırılması ile insan yapımı yani mantıksal önermeler yardımıyla oluşturulmuş örüntülerin incelenmesi ve sayısallaştırılması şeklinde yapılacak ve çeşitli örnekler üzerinden tartışılacaktır.

3.1 Doğal Örüntüler

Doğaya bakıldığında sürekli bir oluş görülmektedir. Bu oluş, herhangi bir canlının ya da maddenin bir biçimden diğer biçime belirli kuvvetlerin etkisiyle geçişini kapsar. Bu halleriyle doğal örüntüler insan yapımı örüntülerin aksine sabit veya bitmiş değil sürekli bir dönüşüm halindedirler. Örneğin; yine kumulları ele alırsak, rüzgarsız sakin bir günde düzgün bir yüzey oluştururken rüzgarlı bir günde rüzgar yönüne bağlı olarak uzunlamasına tepecikler oluştururlar. Yani, bir durumda homojen ve izotropik iken diğer durumda heterojen ve anizotropik olabilirler. İşte bu homojen ve heterojen durumlar arasındaki geçişler, doğal örüntülere kinetik bir karakter verir.

Doğada görülen örüntüler bu kinetik durumdan dolayı, karakter bakımından oldukça çeşitlidirler ve genel bir sınıflandırma yapmak oldukça güçtür. Hiçbir sınıflandırma tüm bir doğanın içerdiği zenginliği ve çeşitliliği ortaya koymaya yetmeyecektir. Bu tez kapsamında, örüntü tanımlaması yapılırken doğal yapıların genel biçimsel

özelliklerine dikkat edilerek sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma, doğal sistemlerin yapıları gereği zaman içerisinde gelişen ve değişen örüntü karakterlerini ortaya koymaya yöneliktir. Bu tez kapsamında; ağ, balon, dalga şeklinde olan, akışkan olan, vücut kaplamalarını oluşturan ve madde yapısındaki bozulmaları ortaya koyan örüntüler incelenecektir.

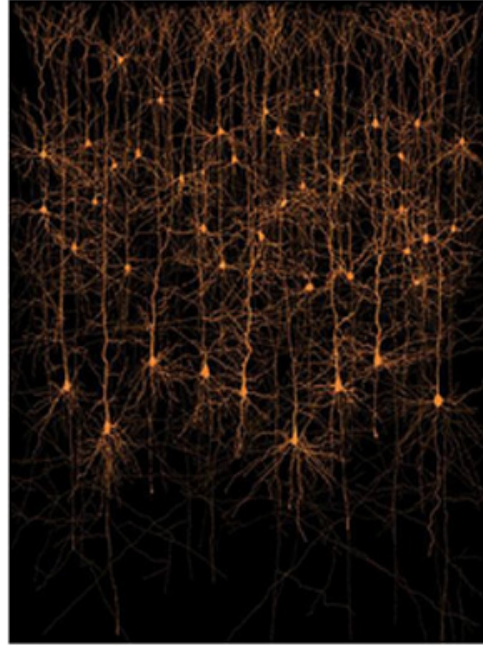
3.1.1 Ağ şeklinde örüntüler (dallanma)

Günümüz dünyasında ağ sistemleri, karmaşık sistemlerin modellenmesinde kullanılan ve biyoloji, bilgisayar, coğrafya, mühendislik vb. birçok bilim alanında faydalanılan disiplinler arası sistemlerdir. Bir ağ sistemi, soyut bir organizasyon modeli olup, arkadaş listesinden genetik algoritmalara ya da askeri organizasyonlara kadar değişiklik gösteren farklı alanlarda kullanılabilen en genel anlamıyla şeyler (obje ya da bilgi) arasındaki ilişkilerin strüktürünü tanımlar (Burke, 2007). Bu ilişki ağları, hem hiyerarşik hem de beliren strüktürel sistemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Karmaşık malzeme ya da enerji sistemini tanımlayan bir ağ sistemi performansa dayalı parametreler içerir. Bu parametreler esneklik, kendi kendine organize olabilme (self-organization) ve adaptasyon ile ilişkilidir (Burke, 2007). Öz örgütlenmeli ağlarda, sistem içerisinde herhangi bir mikro-ölçekteki davranış tüm sistemi etkileyerek değişen çevrede belirli uyaranlara verilen tepkiler çerçevesinde performansa dayalı yapılar oluşturmaktadır.

Doğada çeşitli işlevleri yerine getiren çeşitli ağ sistemleri bulunmaktadır. Bu ağ sistemleri, genel manada sinirsel, bitkisel ve organizasyonel olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir.

3.1.1.1 Sinirsel ağlar

Sinirsel ağlar vücudun belirli bir uyarana çeşitli şekillerde tepki vermesini sağlayan karmaşık yapılardır. Beyin, vücudun çevresinde gelişen her bir durumu duyu organları sayesinde tespit eder, beyine gönderir ve buna bağlı bir tepki oluşturur. Bu ağlar birden fazla işlemi aynı anda saniyenin oldukça altında zaman dilimlerinde gerçekleştirebilirler. Bir yandan beş duyumuzla etrafımızdaki çevreyi algımlarken diğer yandan yemek yapabilir ya da koşabiliriz.



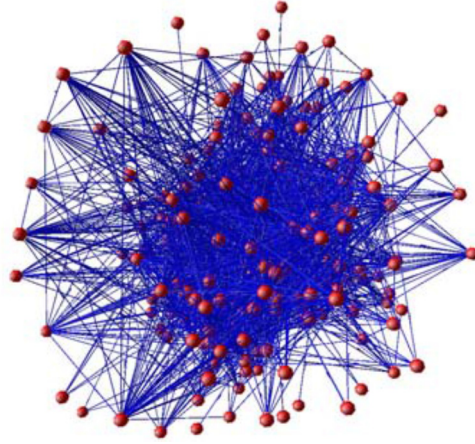
Şekil 3.3: İnsan vücudundaki sinirsel ağ sistemi (Burke, 2007).

Şekil 3.3'te gösterilen bu karmaşık sistemin oluşumu elektro-kimyasal bir sinyal aktarımı prensibi üzerinden gelişmiştir. Sinir sistemini oluşturan her bir nöron bir önceki nörondan gelen sinyali belli bir eşik değerin üzerinde ise nörotransmitter madde yardımıyla alarak bir sonrakine iletir. Bu sayede kulaktan duyulan bir ses işlenerek frekans ve aralıklı sinyaller olarak beyne iletilir. Burada işlenen sese göre bir tepki oluşturulur.

Sinirsel ağ sistemi nöronlar ve bu nöronlar arasındaki ilişkileri tanımlayan bağlantılardan meydana gelmektedir. İnsan vücudundaki nöron sistemi oldukça karmaşık olduğundan bir sinirsel ağ sisteminin büyüme modelinin anlaşılabilmesi için daha basit canlılar üzerinde incelemeler yapılmaktadır. Bu canlılardan biri, *C. elegans* isimli bir tür ipliksisolucandır. Dijital ortamda bu canlı için üretilen büyüme algoritması daha sonra canlının sinirsel ağ yapısıyla karşılaştırılmış ve büyük oranda benzerlik saptanmıştır. Bu çalışmaya göre bir sinirsel ağ büyümesini tanımlayan algoritma aşağıdaki gibidir:

1. Ağ sisteminde daha önce bağlantı kurmuş herhangi bir nöronu rasgele seç.
2. Sonra, tanımlı bir d uzaklığı için bir hedef bölge seç.
3. Hedef bölgede belirli d uzaklığı için hali hazırda başka bir nöron var ise bu iki nöron arasında bağlantı oluştur.
4. Eğer belli bir nöron yok ise bu uzaklıkta yeni bir nöron oluştur.

5. Bu iki nöronun hangisinin hangisine bağlanacağını rastlantısal olarak seç.
6. Tekrar 1. adıma dön (Berry & Temam, 2005) (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: C.elegans'ın sinirsel ağ sisteminin görselleştirilmesi (Berry & Temam, 2005).

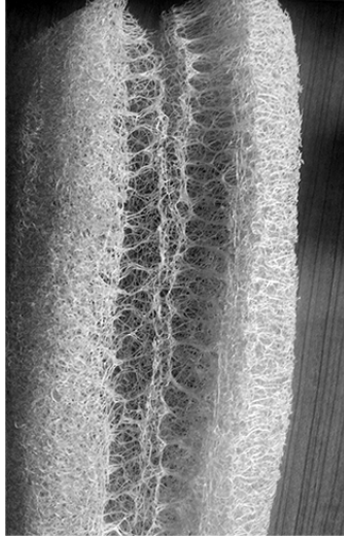
Algoritmadan da anlaşılacağı üzere, yeni bir nöron ya da var olan nöronlar arasında bağlantı oluşturmak için gerekli d uzaklığı, sinirsel iletimin belirli bir yarıçap içerisinde gerçekleşebildiğini göstermektedir. Bu durumu bir elektrik hattına benzetebiliriz. Kablolar sonsuz uzaklıkta bağlantılar oluşturamaz ve aralarında mutlaka merkezler bulunur.

Öte yandan, bu ağ algoritmasından elde edilen sonuçlardan biri de, eğer ağ sistemi içerisinde herhangi yeni bir nöron oluşmuyorsa ağ sisteminde halihazırda bulunan nöronlar arasında daha çok ve kuvvetli bağlar oluşarak bu kısmın yoğunluğunun artmasıdır.

3.1.1.2 Bitkisel ağlar

Bitkilerin topraktan aldıkları su ve mineraller ile fotosentez sonucu ürettikleri besinleri gövde uzunlukları ne kadar olursa olsun, en uzak hücreye kadar taşımaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra, bitki yapraklarının maksimum seviyede güneş ışığından faydalanması ve bitkinin bunu komşu bitkilerden daha yukarıya büyüyerek gerçekleştirmesi lazımdır. Bunları gerçekleştirirken hala kendini taşıyabiliyor olması önemlidir. Bitkiler tüm bu gereklilikleri, matematiksel olarak L-sistemler olarak adlandırılan bir büyüme algoritmasıyla gerçekleştirirler. Şekil 3.5'te görülen kurutulmuş *Luffa cylindrica* bitkisine ait kesitte de görüldüğü üzere, bitkinin canlı hücrelerini besleyen ağ sistemi hiyerarşik olarak yapılaşmıştır. İç yüzeyde besin

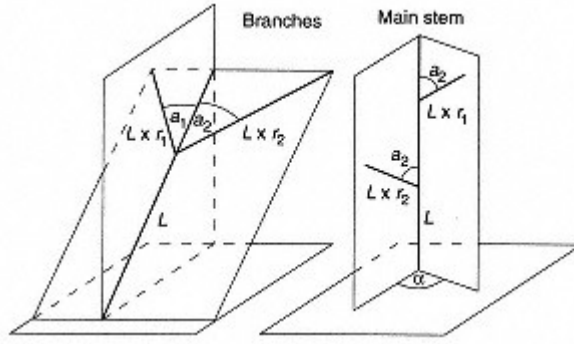
gereksinimini karşılamaya yönelik olarak gelişen fiber dallar, bitkinin dış yüzeyine doğru farklılaşarak bitkinin dış etkenlerden korunmasını sağlamaktadırlar.



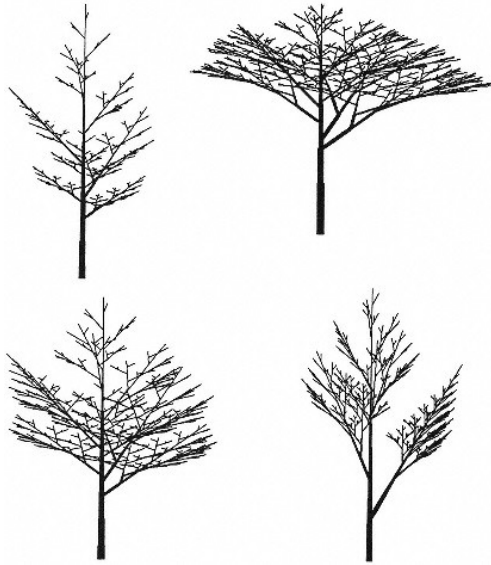
Şekil 3.5: *Luffa cylindrica* bitkisinin hiyerarşik ağ sistemi.

Bu algoritmanın temelleri ilk olarak Da Vinci tarafından ortaya atılmış olmakla birlikte, daha sonraki süreçte Wilhelm Roux bu kuralları daha geniş manada tanımlama yoluna gitmiştir. Roux, kas mesodermi içerisinde dallanan kan damarlarını inceleyerek kan basıncının damarların dallanırken oluşan açıları ve çaplarıyla doğrudan ilişkili olduğunu belirtmiştir. Hidrodinamik ve hemodinamik arasında analogi kurarak işlev ve form arasında doğrudan bir ilişki ortaya koymuştur (Churchill, 2008). Yani, doğadan esinli bir yöntem izleyerek modelini geliştirmiştir.

Her ne kadar Roux bu ağ sistematiğini damarlar için ortaya koymuş olsa da bu çalışması Murray tarafından bitkilere aktarılmıştır. Murray'nin çalışmalarını takiben 1971 yılında Honda da Şekil 3.6'da görülen bir bitki dallanma algoritması ortaya koymuştur (Ball, 1999). Dallar, ana gövdeden ayrılanlar dışında, soldaki şekilde gösterilen açılara ve uzunluk oranlarına göre özelleşir. Sağdaki şekilde a açılı bir tür yaprak dizilişi (phyllotaxis) fark edilmektedir. İnsan vücudundaki kan damarları ile bitkilerin dallanma algoritması arasındaki benzerlik, doğada yer alan ve belirli kural dizilerine bağlı ortaya çıkan ama farklı işlevlere hizmet eden sistemlerin örneği olarak görülebilmektedir.



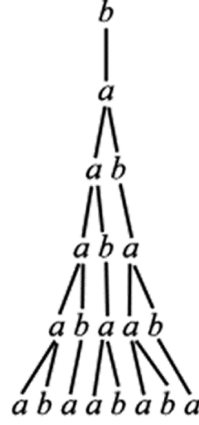
Şekil 3.6: Honda'nın dallanma algoritması (Ball, 1999).



Şekil 3.7: Honda'nın kural dizileriyle üretilmiş L-sistem örneği (Ball, 1999).

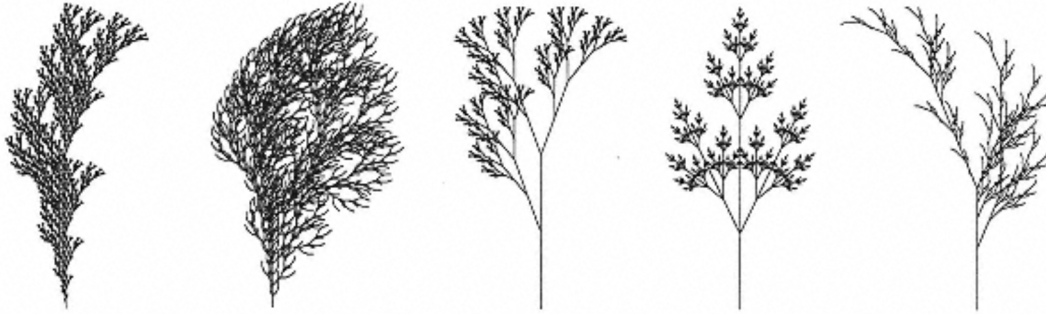
Honda'nın çalışmaları büyüme açılarının rastlantısallaştırılmasıyla bir noktaya kadar gerçekçi ağaç görünümlerinin elde edilmesini sağlasa da, büyümeye etki eden diğer kuvvetlerin modellenmesinde eksik kalmıştır (Şekil 3.7) . Bu nedenle Prusinkiewicz ve Lindermayer tarafından yer çekimi, kırılmalar, güneş açıları ve rüzgar gibi diğer değişkenlerin de tanımlanarak bitkisel ağ sistemlerinin modellenmesini sağlayan L-sistem algoritması ortaya konmuştur.

Bu parametrik L-sistem algoritması $G = (V, \omega, P)$ şeklinde formüle edilmektedir. Algoritmada V değişkenleri, ω sistemin başlangıç durumunu ve P üretim kuralları dizisini göstermektedir. Her bir yinelemede kural dizileri uygulanarak bitkilerin dallanarak büyümesi modellenmektedir.



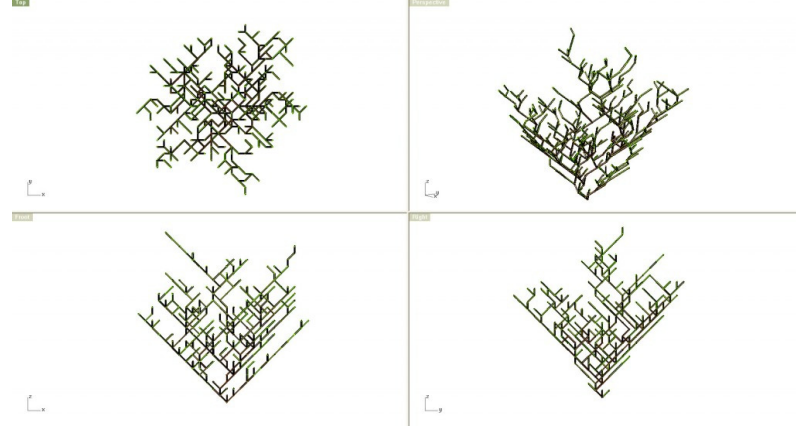
Şekil 3.8: Lindermayer alg teorisini gösteren diyagram (Url-9).

Şekil 3.8’de gösterildiği üzere Lindermayer’in alg teorisinde üretim durumu a , büyüme durumu b olarak tanımlanmıştır. Büyüme durumundaki bir alg ile başlanırsa başlangıç aksiyomu basitçe b olur. Lindermayer’in teorisi iki dönüşüm kuralı içermektedir. Bunlar; $b > a$ ve $a > ab$. Birinci kurala göre b görülen yere a , ikinci kurala göre a görülen yere ab yazılmaktadır. Bu kural dizisinin tekrarlanması ile daha karmaşık harf dizilimleri dolayısıyla daha karmaşık dallanmalar meydana gelmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Parametrik L-Sistem algoritmasıyla üretilmiş bitkiler ve eğrelti otları (Ball, 1999).

L-sistemler dışında DLA olarak isimlendirilen bir yöntem yardımıyla doğal büyüyen örüntüler dijital olarak modellenenmektedir. Difüzyon-sınırlı-toplanma (DLA) yöntemi, Brown hareketine bağlı olarak rastgele hareket eden (random walk) noktalar kümesinin, halihazırda sabitlenmiş bir noktaya belirli bir mesafede yaklaşınca durarak sabit noktayla bağlantı kurması şeklinde işler (Url-10). DLA süreci sonucu oluşan kümelenmeler Brown ağaçları olarak isimlendirilir ve her biri fraktal örneğidir.



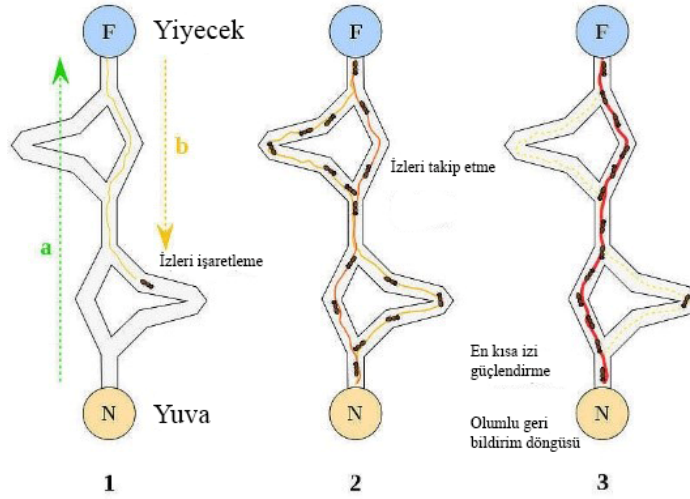
Şekil 3.10: DLA yöntemi ile üretilmiş örüntü (Url-11).

Şekil 3.10’da iki boyutlu DLA algoritmasının üçüncü boyuta taşınmış hali görülmektedir. Bu büyüme algoritması ile hem şehir hem bina boyutunda çeşitli altyapı sistemleri modellenenilmektedir. Bu örüntüler, büyüyen ve gelişen yapılar için mekan organizasyonunda kullanılabilmektedir.

3.2.1.3 Organizasyonel ağlar (karınca kolonileri)

Karıncalar toplu davranış örneği gösteren ve bunu topluluk içerisindeki hiyerarşik organizasyonla gerçekleştiren karmaşık topluluklardır. Karıncalar yiyecek bulmak ve bunu yuvalarına taşımak için örgütlü bir biçimde hareket ederler. Bunun için, öncelikle, öncü karıncaları yiyecek bulmak için önden gönderirler. Bu öncü karıncaların her biri farklı yollar izleyerek yiyeceklere ulaşırlar ve bu esnada geçtikleri yerlere feromonlarını bırakırlar. Daha sonra diğer karıncalar bu feromonları takip ederek yiyeceklerin yerini tespit ederler. Öncü karıncalar bazen yiyeceğe giden en kısa yolu kullanırlarken bazen uzun ve karmaşık yolları kullanabilirler. Bu yollardan oluşan ağ haritası, her defasında katman katman oluşturulur ve uzun yolların tercih edilmesi az olduğundan bu yollar silikleşir. Öte yandan yiyeceğe giden kısa yoldaki feromon miktarı her bir karınca geçişiyle artar. Tüm karıncaların hızlarının ve yollara bıraktıkları feromon miktarının aynı olduğu kabul edildiğinde, daha kısa yollar birim zamanda daha çok feromon maddesi alacaktır (Çayiroğlu, 2013). Bu sayede hedefe ulaşabilmek için gerekli en kısa yolları tarifleyen ağ sistemi oluşmuş olur.

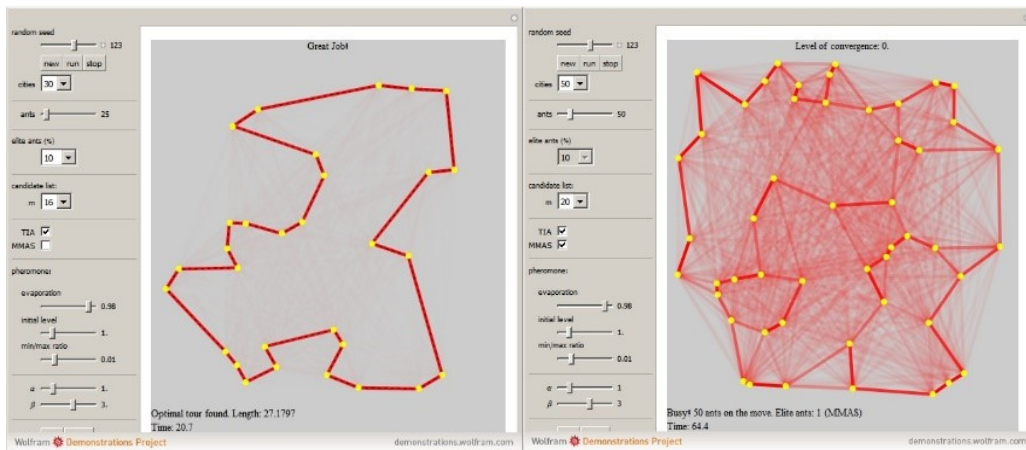
Karınca Kolonisi Optimizasyonu



Şekil 3.11: Karınca kolonilerin yiyeceğe ulaşmak için kullandıkları yollardan yola çıkarak oluşturulmuş diyagram (Url-12).

Araştırmacılar karınca kolonilerinin bu davranışını “Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritması” ile modellemişlerdir. Bu algoritmanın kuralları aşağıdaki gibidir:

1. Karıncaları rastgele seçilmiş bir noktadan başlat.
2. Karıncalar her şehri bir kez ziyaret etsin. Uzak olan şehrin ziyaret şansı küçüktür.
3. Az kullanılan yollarda feromonu buharlaştır.
4. Çok kullanılan yollarda feromonu biriktir. Bu sayede çok kullanılan yolun seçilme şansı artar.



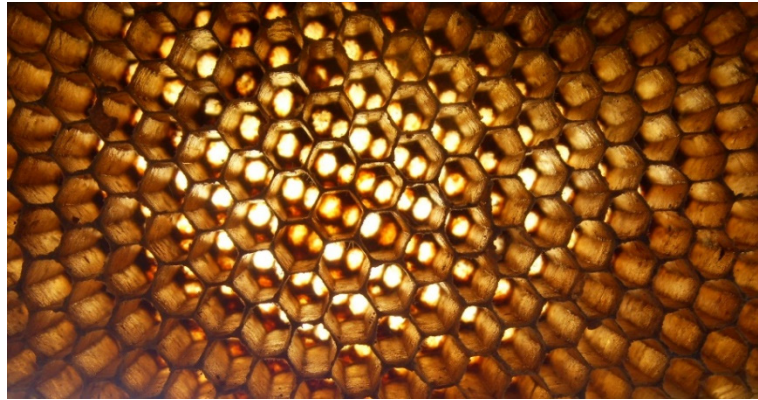
Şekil 3.12: Karınca kolonisi optimizasyon simülasyonu (Url-13).

Şekil 3.12’deki simülasyonda gösterildiği üzere rastgele hareket eden karıncaların tanımladığı yollar en kısa yol (shortest-path algorithm) ile çok yakın sonuçlar

vermektedir. Bu algoritma kullanılarak elektrik, telefon ve ulaşım hatları gibi çeşitli altyapı sistemlerinin, kentsel yerleşimlerin tasarlanması ve büyüme şemalarının oluşturulması mümkündür.

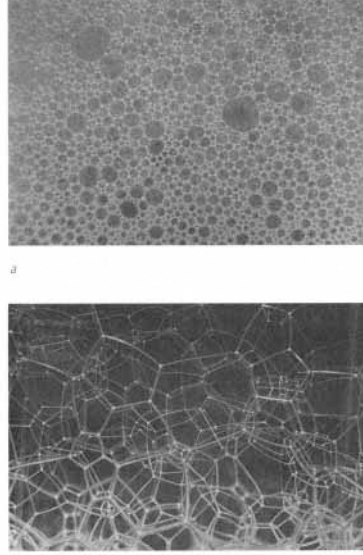
3.1.2 Kabarcıklar

Kabarcıklar denilince akla öncelikle su kabarcıkları gelse de, bu bölümde su kabarcıkları da dahil olmak üzere, çokyüzlüleri içeren doğal örüntüler incelenecektir. Temelde bu çokyüzlülerin ya da kimi zaman kürelerin örüntü analizleri bir yüzeyin kaplanması problemi üzerinden işlenebilir. Eğer iki boyutlu bir yüzeyi birebir aynı, eşit kenarlı ve açılı hücrelerle kaplamak istersek, kullanabileceğimiz üç geometri vardır. Bunlar üçgenler, kareler ve altıgenlerdir. Ancak bu şekiller kullanılırsa, kaplanan yüzey hiçbir boşluk kalmaksızın doldurulabilir. Örneğin, Şekil 3.13’de gösterilen arı kovanlarını ele alınırsa, birim elemanı altıgen olan bir örüntü görülür. Bu örüntünün altıgen hücrelerden oluşmasının nedeni ise, aynı alanı kaplamak için kullanılabilecek diğer geometrilere göre farklı olarak altıgende, duvarların oluşturulması için kullanılacak malzemenin, dolayısıyla işçiliğin daha az olmasıdır (Ball,1999).



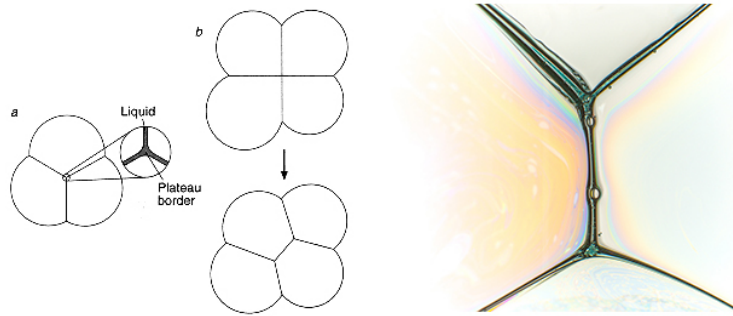
Şekil 3.13: Arı peteği (Url-14)

Arı peteği dışında, balonlar da bir araya toplandıklarında altıgen bir dizi oluştururlar. Bu örüntünün oluşumu yüzey gerilmeleri sayesinde olur. Balonlar bir araya geldiklerinde ise köpük oluşmaktadır. Köpükler, araştırma açısından oldukça karmaşıktırlar. Çünkü oluşturdukları örüntü, zaman içerisinde değişiklik göstermektedir. Başlangıçta, köpüksel örüntüde yer alan her bir baloncuk, küre biçimindeyken zaman içerisinde sönmülenererek çokyüzlü bir geometriye dönüşmektedir (Şekil 3.14). Son durumda ise tamamen buharlaşarak dağılmaktadır.



Şekil 3.14: Köpük örüntüsünün zaman içerisindeki değişimi (Ball, 1999).

Köpük içerisinde yer alan her bir kabarcığın birbirileriyle etkileşime geçmesi sonucu oluşan örüntü başlangıçta kararsız durumdayken zaman içerisinde kararlı duruma geçer. Örneğin, eğer dört adet kabarcık yan yana gelirse bu kabarcıklar yer değiştirerek Şekil 3.15'teki gibi 120 derecelik açıyı oluşturacak şekilde konumlanırlar. Kabarcıkların bir araya geldiği kenarlara, Şekil 3.15'te görüldüğü üzere "Plateau Sınırı" adı verilir. Bu kısım, kabarcığın diğer bölümlerine göre daha kalındır (Ball,1999). Aynı zamanda, bu kalın duvardan sıvı akışı gerçekleşmektedir.

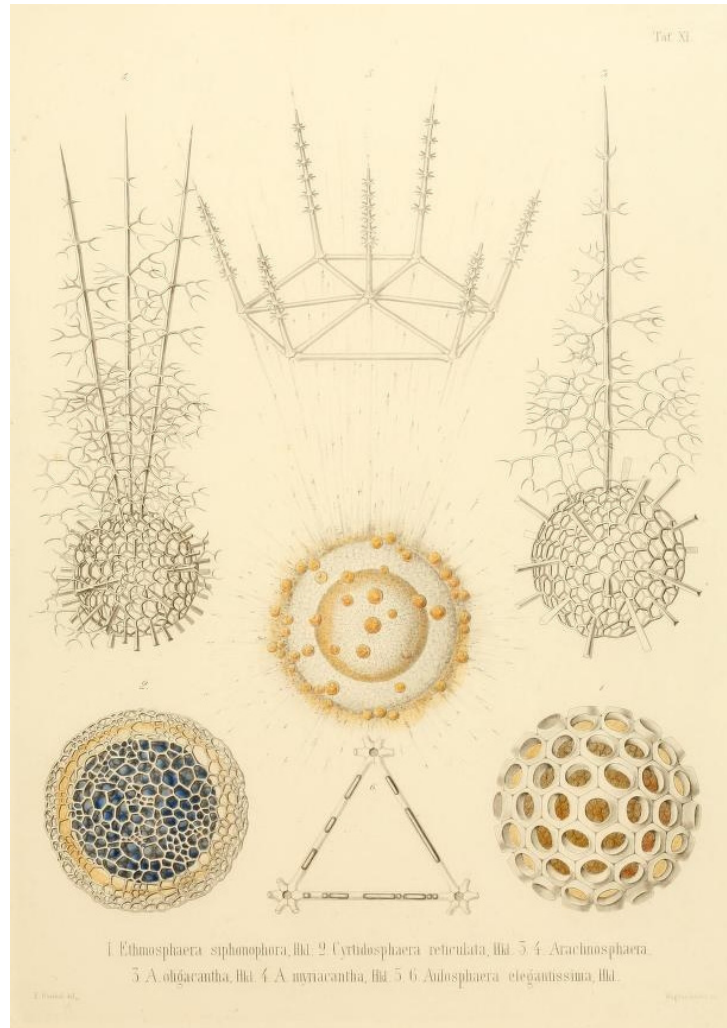


Şekil 3.15: Plateau Sınırı'nı gösteren diyagram (Ball,1999) ve görsel (Url-15).

Kabarcıkların bu dinamik örüntü oluşumları, Frei Otto'nun deneylerine de konu olmuştur. Bu deneyler esnasında, bazen değişik biçimlerdeki metal çerçeveleri sabun solüsyonunun içerisine batırıp çıkarmak suretiyle bu metal çerçeveler arasında oluşan, bazen de bir köpüğün içerisinden metal çubuklar geçirerek biçimi değişen yüzeyleri incelemiştir. Otto, yaptığı deneyler sonucunda sabun köpüğünün yüzey gerilmesinden

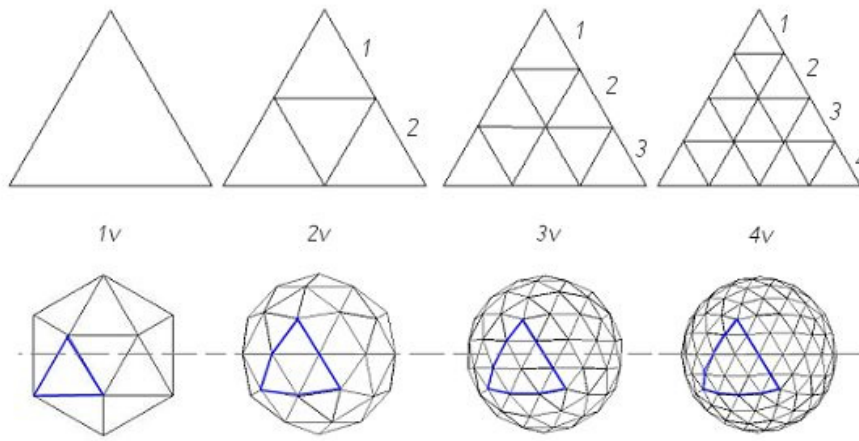
dolayı, kabarcıklar tarafından oluşturulan yüzeyin, verilen her sınır içinde yüzey alanını azaltma eğiliminde olduğunu gözlemlemiştir (Url-16). Bu sayede göreceli olarak minimal bir yüzey elde edilmesi mümkün olmaktadır. Otto'nun hafif strüktürlerin prensiplerini araştırdığı bu deneyler, birçok asma-germe sistem geliştirilmesine katkı sağlamıştır.

Sıvılar dışında kabarcık tipi örüntünün görüldüğü diğer bir yer, bazı biyolojik canlıların dış iskeletleridir. Işnıllılar olarak tanımlanan bu deniz canlıları, köpüklerin içine sıkıştırılmış kesecikler ve membranlardan meydana gelen örüntülerden oluşmaktadırlar (Ball,1999). Bu canlıların dış iskeletleri geometrik bir kafes sistemi oluşturmaktadır. Şekil 3.16'da görülen bu kafes sistemleri bazen düzenli bazen de Voronoi'ye benzer hücresel yapılardan meydana gelmekte ve iç kısımdaki canlı dokuları korumaktadırlar.



Şekil 3.16: Işnıllıların Ernst Haeckel tarafından yapılmış çizimleri (Url-17)

Işınların üç boyutlu bir hacmi oluşturmak suretiyle sahip oldukları kafes sistemi, Buckminster Fuller'in jeodezik küresiyle benzerlikler taşımaktadır. Savaş sonrası konut ihtiyacını karşılamak için “az çoktur” mottosu uyarınca Fuller, jeodezik küreyi tasarlamıştır. Jeodezik küre geometrisi gereği, minimum yüzey alanı kullanmasına rağmen maksimum hacme ulaşabilmektedir. Jeodezik küre, maksimum strüktürel avantajı sağlayan üçgenlerden oluşan bir örüntüden meydana gelmekte dolayısıyla da az malzeme kullanmaktadır (Url-18). Jeodezik küreyi üretmenin birçok yöntemi vardır. Ancak bunlardan en yaygın olanı yirmiyüzlünün başlangıç biçimi olarak seçilmesiyle oluşanlardır. Yirmiyüzlü başlangıçta köşeli bir yapıdadır. Bu biçimi daha da küreselleştirmek istersek yüzeylerini daha fazla üçgene bölerek bunların köşe noktalarını hayali bir küre üzerine yansıtmamız gerekmektedir. Bu sayede birçok frekansta jeodezik küre elde edebiliriz (Url-19).



Şekil 3.17: Jeodezik küre oluşturma yöntemi (Url-20)

Şekil 3.17’de görülen 1v isimli biçim başlangıç biçimini oluşturan yirmiyüzlünün her biri birbirine eşit ve eşkenar olan üçgenlerinden biridir. 2v’de bu üçgenler bir defa yatayda bölünerek ortaya çıkan biçimler tekrar üçgenlere ayrılmaktadır. 3v ve 4v isimli frekanslarda da başlangıç biçiminin üçe ve dörde bölünmesi sonucu küreye daha yakın bir biçim elde edilmiştir.

3.1.3 Dalgalar

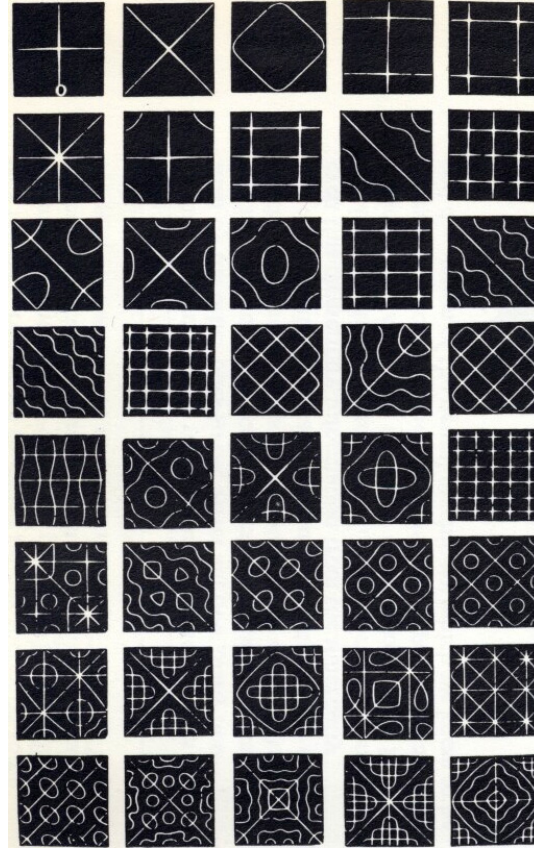
Dalga örüntüleri, doğadaki kimi zaman kimyasal bir reaksiyondaki gibi görünen, kimi zaman ses dalgalarındaki gibi görünmeyen olayların meydana gelmesi esnasında ortaya çıkmaktadır. Genel olarak dalgalar, dinamik bir örüntü formasyonu gösterirler.

Örneğin, bir ses kaynağından çıkan ses dalgaları bir ortam içerisinde titreşerek yer değiştirirler ve bu hareketleri dalgalar ile ifade edilir. Ses dalgalarının hareketi 3 durumdan etkilenir:

1. Ortamın sıcaklığı.
2. Ortamın hareketi.
3. Ortamın yoğunluğu.

Aynı zamanda, sesi tanımlamak için kullanılan parametreler vardır. Bunlar; frekans, dalga boyu, dalga sayısı, şiddet, ses basıncı ve yoğunluğu, ses hızı ve yönüdür. Matematikte ise dalgalar trigonometrik fonksiyonlar ile ifade edilir. $y = \sin(x)$ fonksiyonu ile Kartezyen düzlemde bir dalga çizebiliriz.

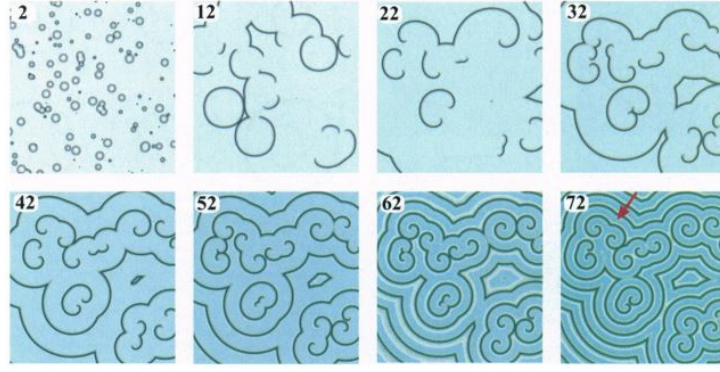
Simatik (cymatics) adı verilen ve sesleri görünür kılma sanatı olarak tabir edilebilecek alanda yapılan çalışmalar ile birçok dalga örüntüsü elde edilebilmektedir. Sesin frekansına ve kullanılan ortamın türüne bağlı olarak değişen örüntüler genel olarak bir diyaframın, plakanın ya da membranın kullanılması ile elde edilmektedir. Bu deneysel çalışmalara örnek olarak, Chladni'nin çalışmaları verilebilir. Chladni, bir metal plaka üzerine yerleştirdiği kum taneciklerinin farklı frekanslardaki ses dalgalarına verdikleri tepkileri gözlemleyerek bir seri örüntü elde etmiştir (Şekil 3.18). Bu örüntüler, çınlama esnasında, plakanın zıt yönlerde titreşen bölümlere ayrılmasıyla meydana gelmektedir. Bu bölümler, hiç titreşim olmayan ve düğüm çizgileri (nodal lines) diye adlandırılan çizgilerle birbirinden ayrılmaktadır (Url-21).



Şekil 3.18: Chladni'ye ait titreşim örüntüleri (Url-22).

Ses dalgaları gibi mekanik oluşumlar dışında doğada bulunan bakterilerde de dalga örüntüleri görülmektedir. Bakteriler çoğalmak isteği duyduklarında bulundukları ortama kimyasal bir madde yayarlar. Bunu hayvanlardaki feromonlara benzetebiliriz. Diğer bakteriler, bu kimyasal maddenin en yoğun olduğu bölgeye doğru hareket ederler. Bu, kimyasal uyarana bağlı harekete kemotaksis adı verilir.

Bir tür cıvık mantar olan *Dictyostelium discoideum* kolonileri de ortam sıcaklığındaki ya da nemindeki değişime bağlı olarak kimyasal bir madde yayarak çok hücreli yapıların bir araya toplanarak zor koşullarda hayatta kalmalarını sağlarlar (Ball,1999). Bazı hücreler kimyasal uyarıyı yayarken bazıları da etrafta dolaşarak kimyasal uyarana bağlı hareket ederler. Bu aktif süreçte cıvık mantar kolonisi Şekil 3.19'da görülen ve zamana bağlı değişim gösteren örüntüyü meydana getirmektedir.



Şekil 3.19: *D. discoideum* kolonilerinin örüntü formasyonu (Palsson & Cox, 1995).

Kimyasal uyarının ortaya çıktığı konumda spiral bir biçim meydana gelmeye başlar ve buradaki hücreler harekete geçer. Daha sonra bu kimyasal koloninin dışına doğru genişler ve dalga örüntüsü topografya çizgileri misali bir hiyerarşi meydana getirir.

Burada meydana gelen spiral geometri, örneklerden de anlaşılacağı üzere bir hareket ve enerjinin sembolü gibidir. Bir kaynaktan doğar ve genişler. Sürekli bir devinim içerisinde. Burada incelediklerimiz iki boyutlu geometriler olsa da mimaride bunlar üçüncü boyuta taşınarak bazen rampalar bazense spiral kafes sistemleri elde edilmiştir. Aralarında belirli bir ayrılma açısı bulunan eş merkezli dairelerin üzerine yerleştirilen nokta dizileri spiral kafes sistemi olarak adlandırılmaktadır (Aranda & Lasch, 2005). Bu çoklu noktalar kümesi sayesinde kesişen ve iç içe kıvrılan spiraller yardımıyla sistemin kararlılığını sağlamak oldukça kolaydır. Hatta bu spiralleri bir trigonometrik eğri gibi düşünerek yukarıda bahsettiğimiz parametrelerin değişimi ile birçok biçim ortaya konulabilecektir.

3.1.4 Kırılmalar

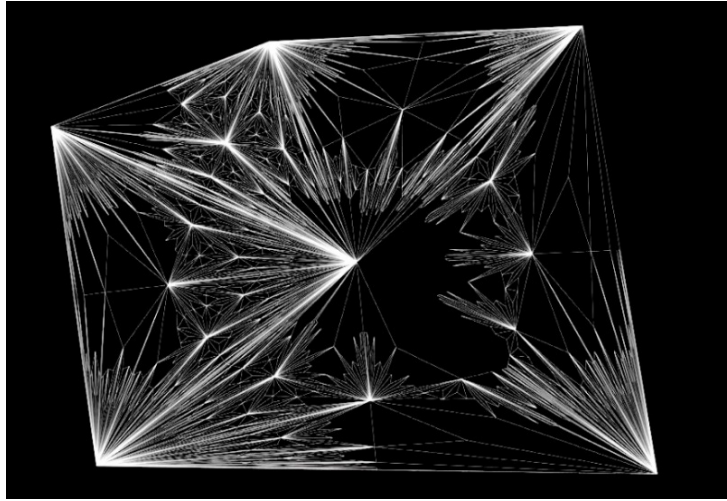
Bir yüzeye bir kuvvet uygulandığında yüzeyin dayanıklılığına bağlı olarak yüzey üzerinde bozulmalar meydana gelebilir. Bu bozulmalar metal türevi malzemelerde, yüzeylerin bükülmesi ile sonuçlanırken, cam gibi malzemelerde ise belirgin olarak kuvvetin uygulandığı noktadan başlayan ve dallanarak yayılan bir örüntü meydana getirir. Bu örüntüler, her bir farklı kuvvet ve cam tipi için farklı görünümündedir.

Detaylı araştırmalar göstermiştir ki, kırılman malzemelerde kırığın büyümesi için üç aşama vardır. Doğum aşamasında, başlangıç gediğinden başlayarak hızlanır. Çocukluk aşamasında hızını yavaş biçimde artırır ve düz bir çizgide ilerler. Parçalanmış yüzeyler düz ve ayna gibidir. Ancak kırık belirli bir hız eşiğini aşarsa, hızı sert ve

tahmin edilemez biçimde dalgalanmaya başlar ve yön değiştirerek önceki yolunun diğer tarafına doğru büyür. Bu nedenle parçalanmış yüzeyler pürüzlü hale gelir ve küçük dallar halinde yayılır (Ball, 1999). Bu yayılmalar, düğüm noktaları oluşturarak dallanan ağ sistemleri ile benzerlik göstermektedirler. Kırılma durumunda kuvvetin uygulandığı her bir nokta düğüm noktasının doğum noktası olarak kabul edilebilir ve bu doğum noktasından türeyen her bir dal hiyerarşik olarak kırılma hızının fazla ve az olma durumuna göre konumlanmaktadır.

Cam gibi kırılman malzemelerde kırık, tek bir noktadan başlayarak genelde fraktal oranlarda dallanarak yayılırken kuraklık sonucu parçalanmış toprakta ise bir başlangıç noktası olmadan oluşur. Bu durum ince bir katman halindeki malzemenin büzülmesi esnasında oluşan stres dolayısıyla birbirinden farklı boyutlarda adalar dizisi oluşturarak parçalanması ile meydana gelir (Ball,1999).

Kırılma örüntülerinde, tüm doğal örüntülerde olduğu gibi kendine benzerlik söz konusudur. Örüntü oluşumu ağ sistemleri ile benzerlik göstermektedir, ancak kırılma örüntülerinde malzemenin yapısından kayıplar söz konusudur. Örneğin, sinirsel örüntülerde düğüm noktaları ile dallanarak büyüyen bir yapı söz konusuysa kırılma örüntülerinde başlangıçta halihazırda bir nesne vardır ve bu nesne bozulmaya uğrar.



Şekil 3.20: Tanımlanan algoritma ile oluşturulmuş örüntü (Url-23).

Şekil 3.20’de gösterilen örüntü algoritması aşağıdaki gibidir:

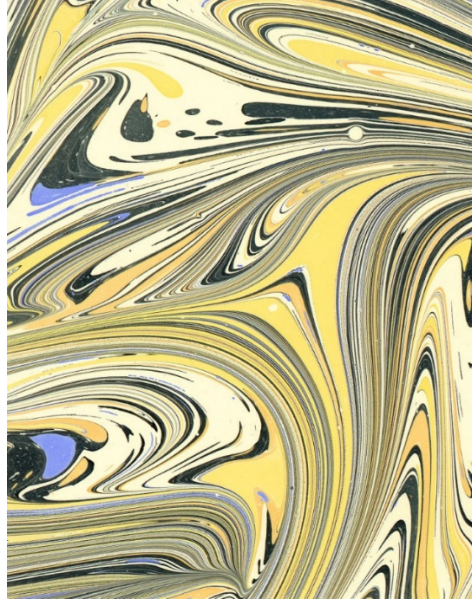
1. Kırılacak cismi seç.
2. Merkezini bul.

3. Merkezi ana biçimin kenarlarının köşe noktalarıyla birleştirerek daha küçük şekiller elde et.
4. 2. ve 3. adımları her yeni oluşan şekil için tekrar et.
5. Limite ulaşana kadar devam et (Aranda & Lasch, 2005).

Bu ve buna benzer algoritmalar kullanılarak kendine benzeyen, bir ana biçimden parçalanarak oluşturulmuş birçok örüntü elde edilebilir. Kırılma örüntüleri, mekan bölümlenmelerinde, peyzaj tasarımlarında ve bir bütünden birçok alt birim elde edilmesi durumunu gerektiren her türlü tasarım sürecinde kullanılabilir. Bu bölümlenmeler belirli düğüm noktaları etrafında şekillenebileceğinden mimari anlamda hiyerarşik kümeler oluşturulabilir.

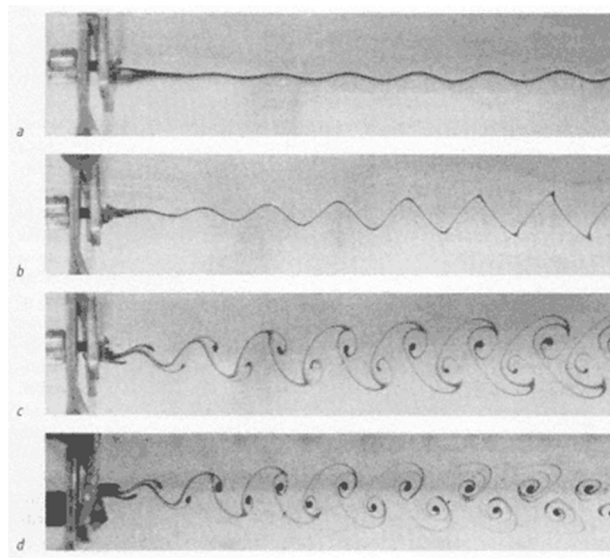
3.1.5 Akışkanlar

Fizikte akışkanlar, kayma kuvveti altında sürekli olarak bozulmaya uğrayan yani akan maddeler olarak tanımlanmıştır (Url-24). Akış örüntüleri, su ve havadaki yapısal salınımlarla ilgili verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu örüntülerin iyi analiz edilmesi, binaların salınımını, köprülerin yıkılmasını ve uçakların kontrol dışına çıkmalarını engellemektedir (Url-25). Genelde akışkan maddeler şeffaf görünümde olduklarından görselleştirilmeleri ya da analiz edilmeleri esnasında çeşitli partiküller kullanılmaktadır. Bu görselleştirmelerin erken dönem örneği olarak ebru desenleri verilebilir. Ebru sanatında bir sıvı içerisine damlatılan boyaların hareket ettirilmesi ile oluşan örüntüler adeta fırça hareketlerini görünür kılan bir haritadır. Şekil 3.21’de görüldüğü üzere, bazı renk bölümleri kalın bir hat ile belirginleştirilmiş bazıları ise ince katmanlar halinde ardı ardına çizilmiştir.



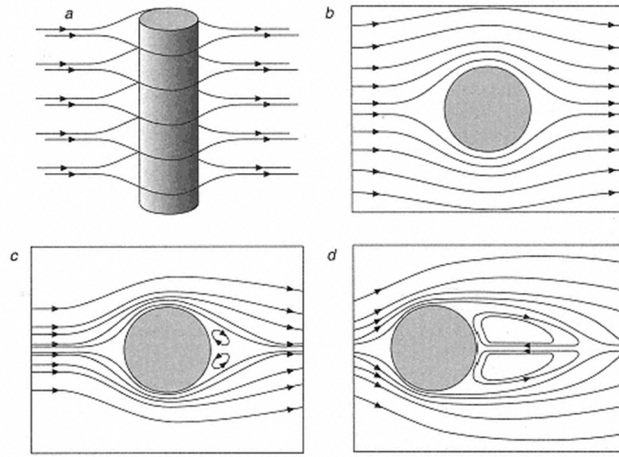
Şekil 3.21: Ebru örneği (Url-26).

Bilgisayar çağından önce ortaya konulan bu görselleştirmelerin benzeri yapılarak akışkanların davranışları anlaşılmaya çalışılmıştır. Bunun için bir kaynaktan püskürtülen boya partikülleri kullanılarak sıvının hareketi görünür hale getirilmiştir. Şekil 3.22’de gördüğümüz deneyde her bir karede sıvı akışı daha da hızlandırılarak gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda elde edilen örüntülere bakıldığında, a ve b kısmında göreceli olarak daha düşük hızda akan sıvının hafif dalgalı bir eğri çizdiği görülmüştür. Sıvının hızı arttırıldığında ise, c ve d’de görülen dalgalardaki bozulma, özellikle d durumunda girdaplara dönüşmüştür.



Şekil 3.22: Sıvının farklı hızlardaki hareketinin görselleştirilmesi (Ball, 1999).

Bir diğerk akış örüntüsü oluşumu ise Şekil 3.23’de görülen, bir engelle karşılaşan sıvının hareketidir. Bu hareket sonucu akış çizgileri engelin etrafından dolaşarak geçer. Bu sayede sıvı yönlendirilmiş olur. Yine yukarıda bahsettiğimiz örnekte olduğu gibi, sıvı akışı belirli bir hızı aştığında bir miktar sıvı geri hareket yaparak bir girdap oluşturmaktadır. Akış örüntüleri, belirli eşik değerler altında simetrisini korurken eşik değerk aşıldığında kaotik davranışlar göstermeye başlamaktadırlar. Simetrik davranışları bozularak beklenmedik beliren örüntüler oluşturmurlar.



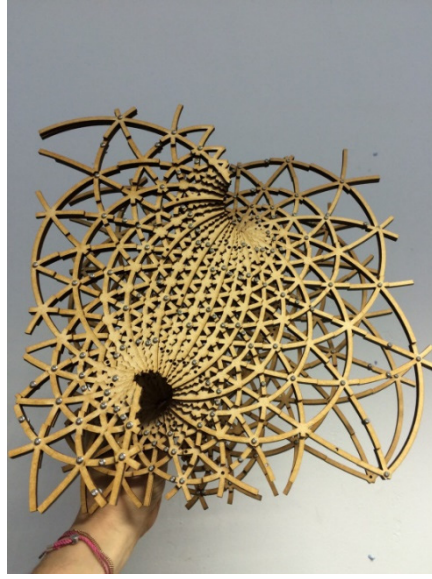
Şekil 3.23: Bir engel etrafından dolaşan sıvı hareketi (Ball, 1999).

Bahsettiğimiz örneklerde akışkan davranışlarının modellenmesi sıvılar üzerinden gösterildiği halde bilgi çağında artık bu konu veriler üzerinden işlenebilmektedir. Bilgisayarlar yardımıyla büyük çapta toplanan girdiler analiz edilerek çeşitli bağlantılar kurulmakta ve bunun sonucunda üretilen modeller yardımıyla da kimi zaman bir bina kabuğu kimi zaman ise bir sanal veri akış diyagramı oluşturulabilmektedir. Bu akış diyagramlarının bir kısmı vektör alanı (vector field) diye isimlendirilen bir modelin oluşturulması ile meydana gelmektedir.

Büyükölük ve yön belirten değere vektör adı verilir. Vektör alanı ise uzayın farklı kısımlarında yer alan vektörlerin yönünü ve büyüklüğünü gösteren diyagramdır. Bu diyagramlar kullanılarak hava durumu, manyetik alanlar, trafik akışları, topografyalar modellenebilmektedir.

Vektör alanlarını, manyetik alanlarda olduğu gibi, belirlenen çekim noktalarına göre şekillendirerek “Rheotomic” yüzeyler elde edilebilmektedir (Şekil 3.24). Bu

yüzeylerin özelliği, sürekli olmaları ve belirli çekim noktalarına ve bu noktalara bağlı akış örüntülerine göre oluşmalarıdır.



Şekil 3.24: “Rheotomic” yüzeyler (Url-27).

Her bir çekim noktasında yer değiştirdiğinde, etraflarındaki akış çizgileri de yukarıda bahsettiğimiz bir engelle karşılaşan sıvıda olduğu gibi, hareket etmektedirler. Bu yüzeyi üç boyutlu olarak düşündüğümüzde ise, çekim noktalarının birer taşıyıcı eleman haline geldiğini görürüz. Akış çizgilerinin birbirine bağlanma biçimlerindeki değişimler ile de Şekil 3.24’te görüldüğü üzere daha karmaşık örüntüler elde edilebilmektedir. Doğal bir topografyanın belirli kotlarını gösteren haritalar benzeri bu örüntü, tasarım aşamalarında kullanılabileceği gibi, halihazırda bulunan bir durumun ya da hareketin analizinde de kullanılabilmektedir.

3.1.6 Vücutlar

Canlıların vücutlarını kaplayan oldukça çeşitli örüntüler mevcuttur. Bu örüntüler, görselliğe hitap ettikleri kadar fonksiyoneldirler. Aslında her bir hücre aynı genetik koddan farklılaşmakta olmasına rağmen, yani aynı alfabeyi kullandığı halde morfogenez sayesinde özelleşmiş yapılar oluşturabilmektedirler. Bu durum homojen bir durumdan heterojen bir duruma geçiş ile mümkün olmaktadır. Yani, başlangıçtaki örüntünün simetrisi belirli uyarılara bağlı olarak bozularak başkalaşır.

Bu simetri bozumunun nasıl gerçekleştiğine dair model 1952’de Turing tarafından ortaya konulmuştur. Reaksiyon-difüzyon sistemi diye adlandırılan modele göre, bir

organizmanın gelişimi esnasında farklı hücrelerdeki genler, hücreye yayılan ve morfojen adı verilen kimyasal etmenler tarafından kapatılıp açılmaktadırlar (Ball, 2009). Örneğin, gözün oluşumunu tetikleyen bir tür göz morfojenleri vardır ve bunların aktifleşmesi ile hücreler gözü meydana getirir.

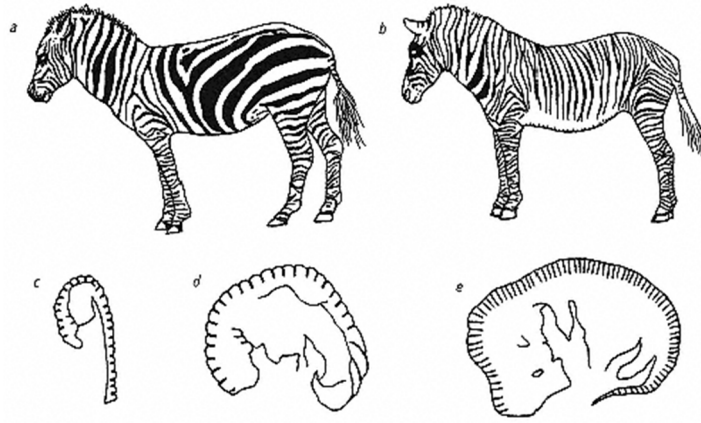
Bilgisayarın yardımıyla Turing örüntüleri analiz edilebilmektedir. Yapılan analizler sonucunda noktalar ve çizgiler olmak üzere iki tip genel başlangıç biçimi olduğu görülmüştür (Ball,2009). Örüntünün ortaya çıktığı bölümün boyutlarına ve oluşum evresine göre bu örüntü değişiklik göstermektedir.



Şekil 3.25: Kuyruk uzunluğuna göre değişen örüntü formasyonu (Ball,1999).

Şekil 3.25'te görüldüğü üzere, kuyruk uzunluğu kısa ise sadece çizgili örüntü oluşmaktadır. Kuyruk uzunluğu arttıkça, noktalar da bu örüntüye eklenmektedir.

Zebraların derisinde yer alan ve çizgilerden oluşan örüntü ise, bu çizgilerin embriyonun hangi evresinde oluştuğu ile bağlantılı olarak karakterize edilir (Ball,1999). Şekil 3.26'da görüldüğü üzere, ilk zebra türünün çizgilerinin oluşumu embriyonun daha erken bir evresinde yani daha küçük olduğu bir dönemde gerçekleştiğinden diğer türe göre daha az çizgi oluşturabilmiştir. Bu nedenle, ilk tür büyüdüğünde üzerindeki az sayıdaki çizgilerin bazıları genişleyerek a'da görülen örüntü tipini ortaya çıkarmıştır. B'de ise a'ya göre daha geç bir çizgi oluşumu gözlemlendiğinden fazla miktarda çizgi ince görünümde olacak biçimde bir araya gelmiştir.



Şekil 3.26: Zebranın derisinde bulunan örüntü formasyonu (Ball, 1999).

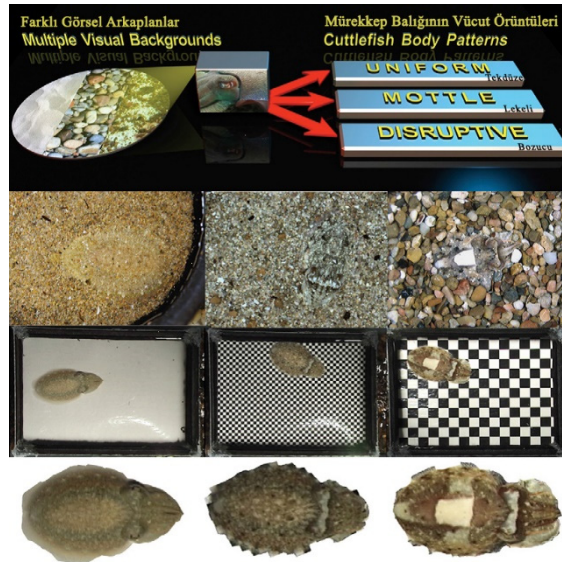
Tüm bu bahsettiğimiz örüntü oluşumu her canlıda farklı bir işlevin karşılığıdır. Canlılar dış yüzeylerindeki bu örüntüler sayesinde bazen kamufle olurlar, bazense çiftleşmek için daha görünür hale gelirler. Yani bir tür iletişim kurmak için dış yüzeylerini kullanırlar.

Kamufraj, kelime anlamıyla, tanınmayı ve fark edilmeyi engelleme anlamında gizlenmeyi içeren tüm stratejilerdir (Stevens & Merilaita, 2009). Bu sayede canlılar hayatta kalmakta ve türlerini devam ettirebilmektedirler. Kamufle olmak için kullanılan yöntemler oldukça çeşitlidir. Bunlar aşağıdaki gibidir.

1. Arka plan ile uyuşma: Bu tarz kamufraj, arka planın rengi, ışığı ya da örüntüsü ile benzer hale gelme şeklindedir.
2. Kendi gölgesini gizleme: Işığa bağlı oluşan gölgenin, bu gölgeye zıt bir gölge oluşturularak sönümlenmesi şeklindedir.
3. Obliteratif gölgeleme: Üç boyutlu biçimin karşı-gölge yardımıyla yok edilmesi şeklindedir.
4. Bozucu renklendirme: Sahte kenarlar ve sınırlar oluşturularak, bir objenin boyutunun ve hızının algılanmasını engelleme şeklindedir.
5. Titreşim-kaynaşım kamufrajı: Çizgiler biçimindeki örüntülerin hareket halindeyken bulanıklaşması yardımıyla oluşan kamufrajdır.
6. Çekici işaretlemeler: Dikkati objenin karakteristik özelliklerinden alıp kendisinde toplayarak tanınmasını engelleme şeklindedir. (Stevens & Merilaita, 2009).

Yukarıda bahsettiğimiz bu kamuflaj biçimleri, canlıların vücut örüntülerinde bazen statik bazen de kinetik yani adaptif şekildedir. Statik bir örüntü örneği olan zebra derisinde yer alan çizgiler, zebranın hareketi esnasında bulanıklaşarak konumunun kolayca fark edilmesini engeller. Bozucu renklendirme olarak sınıflandırabileceğimiz bu kamuflaj türü, zebra belirli bir hız eşiğini aştığında zebranın hareket yönünün tam tersi yönde hareket ettiği yanılgısını yaratmaktadır. Adaptif kamuflaj örneği olarak ise, mürekkep balığı verilebilir. Mürekkep balığı, gelişmiş görüşü ve özelleşmiş derisi yardımıyla herhangi bir arka plan görüntüsünün renk, ışık ve örüntü analizini yaparak adeta dış yüzeyi üzerine yansıtır.

Genel olarak bu yüzey örüntüleri, tekdüze, benekli ve bozucu olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir (Hanlon, 2007). Şekil 3.27’de görüldüğü gibi, bunlardan tekdüze örüntüler, olabildiğince az rengin ve biçimin bulunduğu örüntülerdir. Benekli olanlar, küçük ölçekli açık ve koyu renklerin olduğu örüntüler, bozucu olanlar ise yüksek karışıklık farkı içerenlerdir. Bozucu örüntüler, birçok farklı renk ve biçim içerirler. Bu sınıflandırmayı yüzey üzerindeki piksel boyutlarındaki değişim olarak da nitelendirebiliriz. Tekdüze örüntüler, daha küçük; bozucu örüntüler ise görece daha büyük ve tekrar eden biçimlerin yüzey üzerine yerleştirilmesidir. Bozucu örüntüler, canlının ya da nesnenin dış sınırlarının anlaşılmasını güçleştirmektedir.



Şekil 3.27: Farklı arka planlarda mürekkep balığı derisi (Hanlon, 2007).

Canlılar tarafından kamuflaj ya da iletişim amaçlı kullanılan sinirsel kontrollü vücut örüntüleri, sanat, fotoğraf, peysaj mimarlığı ve diğer alakalı alanlarla ortak bir alanı paylaşmaktadır. Bunun nedeni, ışığın ve boyutsallığın benzer biçimde manipüle edilmesidir (Hanlon, 2007). Bu anlamda kamuflaj sadece bir gizlenme biçimi değil aynı zamanda renk ve doku anlamında çevreyle uyum sağlamadır.

Mimari anlamda da, bir yapıyı tasarlarken onun boyut ve renk anlamında etrafıyla bir uyum gözetmesine dikkat ederiz. Bu sayede çevremizle kendimizi ilişkilendirmiş oluruz ve bir aidiyet duygusu oluştururuz. Dilbilimsel teoriye göre, benzerlikleri keşfederek dünya üzerinde anlamı buluruz ve bundan dolayı, kendimizi dünya üzerinde biçimlendirmeye ve ona benzetmeye çalışırız (Leach, 2006). Bu durum insanlık ve onun tasarladığı her nesne için bir başlangıç noktasıdır. Önce bir benzerlik kurar, daha sonra bu benzerliği aşmaya çalışır. Bu nedenle kamuflaj, çevresiyle sürekli bir etkileşim halinde olan nesnesin ya da canlının gerçekleştirdiği kimliksel tüm değişimlerin karşılığı olarak anlaşılmalıdır.

Bu durumun canlılarda olduğu gibi görsel yani iletişimsel bir tarafı da vardır. Bu görsellik mimarlıkta, her türlü cephe ve kabuk tasarımında genellikle statik olarak yankı bulmaktadır. Teknolojik gelişmelerin de yardımıyla bu statik ilişki kinetik bir yapıya bürünmüştür. Canlıların iletişimsel yüzey değişimlerine benzer biçimde kurgulanan mimari sistemler ortaya çıkmıştır. Bu sistemlere örnek olarak, voksel cephe sistemleri verilebilir. Hacimler piksel konfigürasyonu olarak tanımlanabilecek bu sistemler, üç boyutlu bir matris oluşturan piksellerden meydana gelir ve her bir piksel bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Cephelerin renkleri ve biçimi, istenilen örüntüyü oluşturmak adına değiştirilebilmektedir. Bu yönleriyle, mürekkep balığının derisindeki renk ve geçirgenlik değişimini kontrol eden kromatoforlarla benzerlik göstermektedirler. Aynı zamanda, bir tekstil ürünü gibi esnek olarak herhangi bir taşıyıcı sisteme adapte edilebilmektedirler.

Bu sistemin kullanıldığı, Şekil 3.28’de gösterilen Hotel Habitat H&R projesinde, bir “mesh” üzerine güneş paneli ile entegre edilmiş LED’ler yerleştirilmiştir. Mevsime ve elektrik tüketimine bağlı olarak renk değiştiren cephe, hem görsel, hem fonksiyonel bir adaptasyon örneği göstermektedir (Ritter, 2007). Bu yönüyle, proje, iletişimsel bir kabuk tasarımının yanında fonksiyonel bir kullanımı da beraberinde sunduğu için önemlidir.



Şekil 3.28: Kinetik voksel cephe sistemi (Ritter,2007).

3.2 Yapay Örüntüler

İnsanlık tarihi boyunca, gerek doğadan gördüğü sistemlerin bir taklidi olarak gerekse kendi dağarcığında oluşturduğu birçok örüntü sistemi geliştirmiştir. Örüntü tarihinden bahsederken de değindiğimiz gibi, insanların vücut boyamalarından bir sepetin örülmesine ya da halının dokunmasına kadar belirli kural dizilerinin farklı amaçlar kapsamında değerlendirilmesi söz konusu olmuştur. Dokuma işleminde, görece dayanıksız malzemelerin bir araya gelmesiyle daha sağlam ürünler elde edilirken, bir zemin üzerine kaplanan karo işleminde ise bir düzlemin belirli bir biçim ile boşluk kalmayacak şekilde doldurulması problemine çözüm üretilmiştir. Hatta bu kaplama işlemi fonksiyonelliği aşarak, belirli mozaik yer kaplamalarında olduğu gibi sanatsal bir kimliğe de bürünmüştür. Üretilen nesnelerin karakterlerini oluşturan örüntü dili, aynı zamanda üretildikleri dönemin ve malzemenin yapısı gibi bilgileri de içerir haldedir.

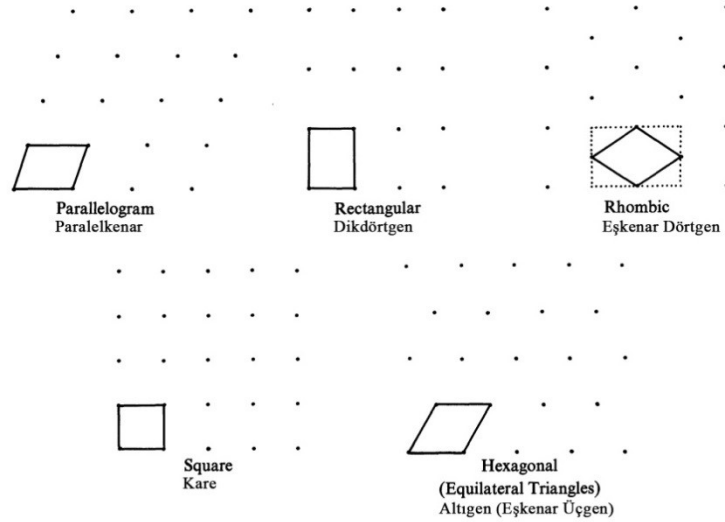
Yapay örüntüleri, malzemeden bağımsız soyut bir biçimde sınıflandırırken örüntü elemanlarının bir araya geliş biçiminden faydalanabilmekteyiz. Örüntüyü oluşturan elemanlar, tekrar ettiğinde, dönüştüğünde ya da organize edildiğinde bu elemanlar arasındaki boşluklar, elemanların üst üste gelişleri ya da bitişik oluşları bir ritim ve hareket hissi yaratır. Esas olarak bu ritim hissi üç ana başlık altında, düzenli,

aperiyodik ve rastlantısal olarak incelenebilir. Düzenli örüntülerde, örüntüyü oluşturan elemanların bir araya gelişlerinde takip ettikleri kural veya kural dizileri gözlemlenebilirken, aperiodyk örüntülerde bu düzenin varlığı tam olarak takip edilemese dahi hissedilir. Öte yandan, rastlantısal örüntülerde ise algılanabilir bir düzenden bahsedilemez ve bu örüntüler beliren biçimdedirler.

3.2.1 Periyodik örüntüler

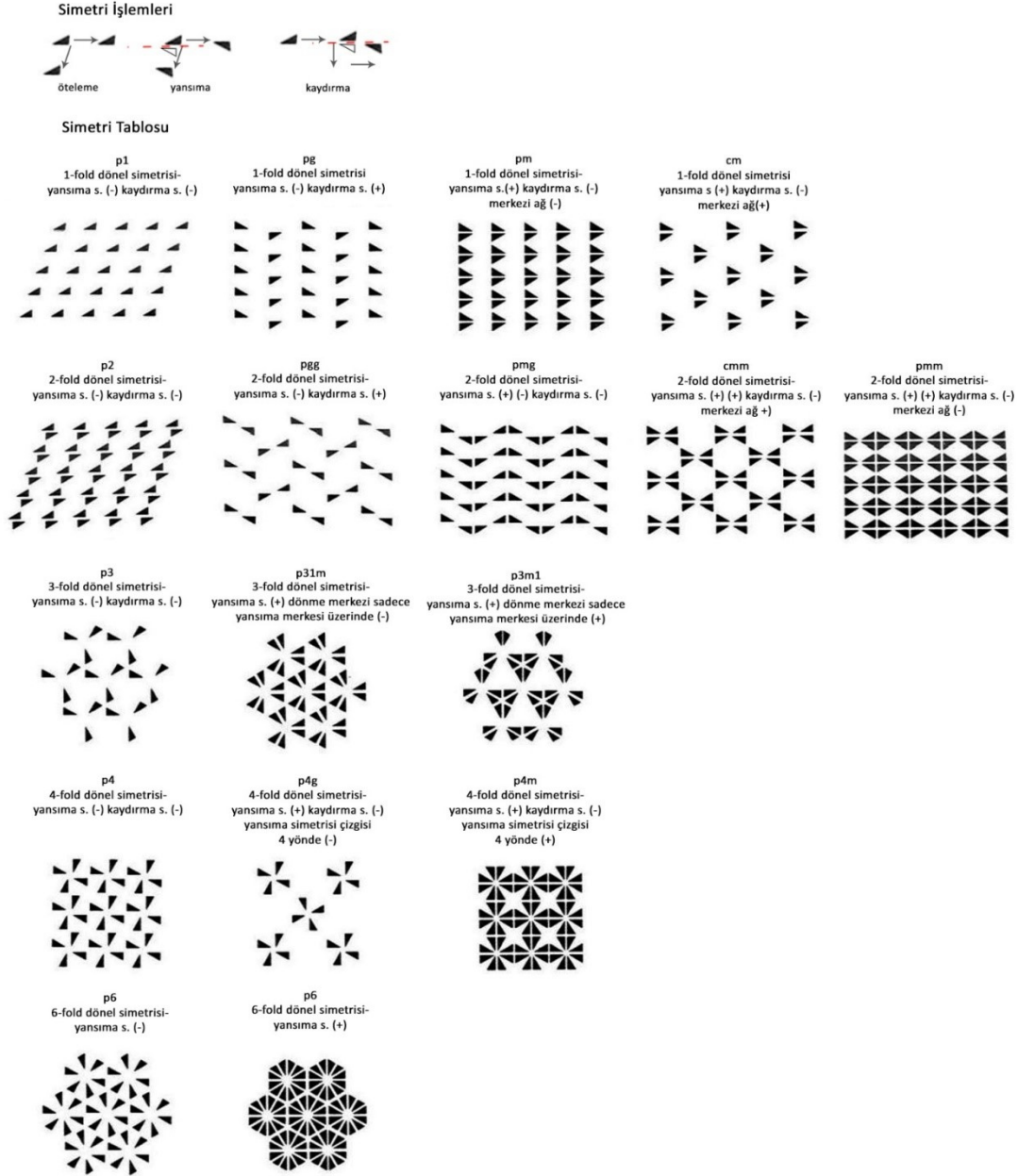
Periyodik örüntüler; örüntüyü oluşturan elemanlar arasındaki boşlukların ya da genelde elemanların kendilerinin, uzunluk ya da boyut olarak benzer olmaları halinde oluşur. Periyodik ya da tekrarlı örüntüler, sonlu bir bölge ve örüntü modülünü kendi üzerine eşleyerek orijinal tasarımı ortaya çıkaran, iki bağımsız yönde öteleme içerirler. Periyodik örüntünün öteleme grubu (translation group) dokuyu kendi üzerine eşleyen tüm öteleme fonksiyonlarını içerir (Schattschneider,1978). Örüntüyü oluşturan birimleri, bir yüzeyi kaplayan karolar olarak düşünebiliriz. Ama karoların aksine, her zaman bitişik ve boşluksuz olmak zorunda değildirler.

Her periyodik örüntü, doğal olarak bir noktalar kafesi (lattice) ile ilişkilidir. Her bir kafes birimi, köşeleri kafes üzerindeki noktalar olan bir paralelkenar birimidir. Kafes biriminin kenarlarını oluşturan vektörler, örüntünün öteleme grubunu üretirler. Şekil 3.29'da gösterildiği üzere muhtemel bir simetri grubu için beş farklı kafes tipi vardır. (Schattschneider,1978). Bunlar; paralelkenar, dikdörtgen, eşkenar dörtgen, kare ve altıgen gibi biçimlerden oluşturulmaktadırlar. Düzlemsel örüntüler için, X ve Y; üç boyutlu örüntüler için ise Z koordinatları üzerinde, bu biçimlerden herhangi biri çoğaltılarak istenilen kafes sistemi elde edilmektedir. Bu kafes sistemlerini, örüntü oluşturulurken kullanılan altlıklar olarak düşünebiliriz. Kurallı bir ızgara sistemi kullandığımızda, seçilen modülün hareketi de daha kontrollü biçimde gerçekleşmektedir.



Şekil 3.29: Periyodik düzlemsel örüntüler için kafesler (Schattschneider, 1978).

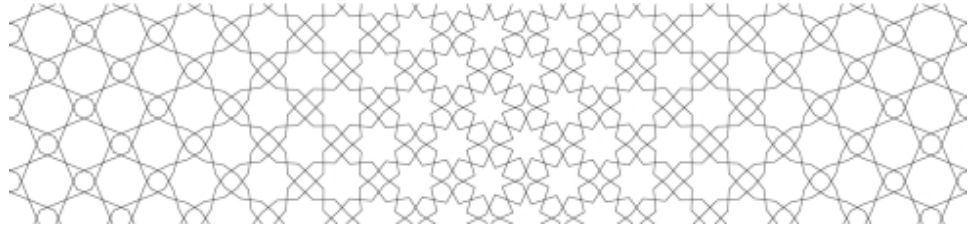
Öteleme dışında, döndürme, yansıma, kayan yansıma gibi fonksiyonlar da simetri grubu içerisinde yer alabilmektedir. Bir örüntünün dönme merkezlerinin, yeni dönme merkezlerine ötelenmesinden dolayı, bir periyodik tasarımda sadece 2, 3, 4 ya da 6 numaralı katlama işlemleri (fold) gerçekleşebilir. 1 numaralı katlama işlemi, hiçbir dönel simetri içermeme halini temsil etmektedir. Bunlar dışındaki katlama işlemlerinde periyodik örüntü elde edilemez. Buna göre, seçilen biçim 2 numaralı katlama durumunda 180, 3'te 120, 4'te 90 ve 6'da 60 derece döndürülmek suretiyle çoğaltılmaktadır. Bu dönüş açıları ve periyodik örüntü elde etmede kullanılan öteleme, yansıtma ve kaydırarak yansıtma işlemleri kombine olarak kullanılarak periyodik örüntü sınıfları elde edilebilmektedir. Yani, beş farklı kafes biçimi için mümkün olabilecek izometrilere düşünüldüğünde, 17 farklı düzlemsel simetri grubu olduğu görülür. Şekil 3.30'da, her bir grup için, bir kafes birimi ve grup içerisindeki simetri elemanlarının bu kafes birimine göre yerleşimi gösterilmektedir. (Schattschneider, 1978).



Şekil 3.30: 17 farklı düzlemsel simetri grubu kullanılarak üretilmiş örüntüler.

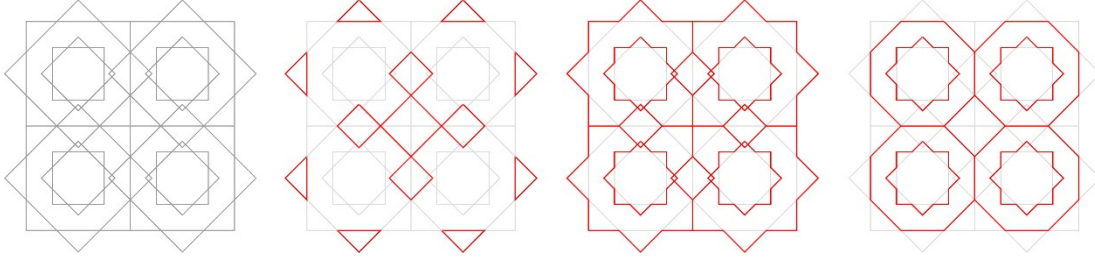
Yukarıda bahsettiğimiz matematiksel tanımlarının ötesinde, mimaride, periyodik örüntüler, içerdikleri düzen ve sistematik olma nedeniyle, inanç sistemiyle de bağlantılı olarak, yaygın şekilde İslam coğrafyasında kullanılmışlardır. Herhangi bir figür olmadan ve sonsuzluk hissi veren bir örüntü oluşturma amacıyla yüzeyi kaplama işlemi, aynı zamanda, örüntünün somut dünyayı aşması anlamını taşımaktaydı (Url-28). Bu sonsuzluk hissi, kurallara bağlı olarak tekrar ederek çoğalma sonucunda elde edilerek İslami sanatın karakterini oluşturmuştur. Adeta yüzeylerin nerede başlayıp

anlaşılamaz hale gelmiştir. İslam mimarisindeki sade dış cephelerin aksine, iç mekanlar akıp giden bir geometrik yineleme üzerine kuruludur. Sembolik yönünün yanı sıra, İslamik örüntüler, malzeme teknolojisiyle de paralel bir şekilde gelişmiştir. Daire ve üçgen formundaki tuğlaların kullanımının bir sonucu olarak ve güçlü güneş ışığı altında oluşturduğu gölgeler nedeniyle de geometrik örüntüler, doğanın düzenini vurgulamalarının ötesinde fonksiyonellik ve matematiksellik içermektedirler. Bu yönleriyle, İslamik örüntüler parametrik örüntülerde kullanılan biçim gramerlerinin erken dönem yansımaları olarak görülebilirler (Şekil 3.31).



Şekil 3.31: İslamik geometrik örüntülerin sayısal yöntemler kullanılarak oluşturulmuş bir yorumu (Url-29).

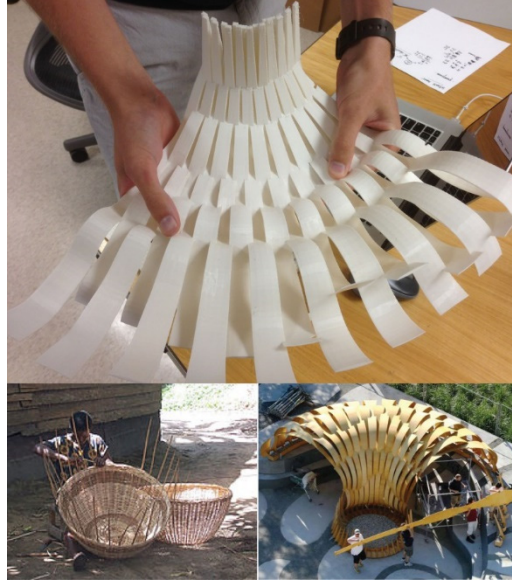
İslamik örüntüler, aynı ızgara kullanılarak oluşturulsalar dahi, biçim gramerlerinde olduğu gibi, bir örüntü tanıma sistemi kullandıklarından dolayı farklı örüntü tipolojilerine imkan vermektedirler. Örneğin, bir karenin, bir kenar ayrıtı kadar ötelenmesi ve 45 derece döndürülmesi ile oluşturulan ve Şekil 3.32’de gri ile gösterilen aynı ızgara kullanılarak dört farklı örüntü elde edilmiştir. Örüntü tanıma yöntemi ile basit ızgaralar kullanılarak tasarımcıya bağlı olarak belirli tekrar eden biçimler vurgulanabilir ya da dönüşüme uğratılabilir. Bu biçim seçme işlemi, renk ve malzeme ile zenginleştirilerek daha geniş yelpazede üretimler yapılmasına imkan vermektedir. Eski dönemlerde analog olarak gerçekleştirilen bu işlemler, tanımlı birer fonksiyon olduklarından Şekil 3.31’de olduğu gibi sayısal düzlemlere yaratıcı biçimlerde adapte edilmiştir. Bu uyarlamalar, klasik anlamda periyodik örüntü oluşturma yöntemlerinin dışına çıkarak Escher benzeri başkalaşmaya dayalı örüntüler elde edilmesine yol açmıştır.



Şekil 3.32: Geometrik örüntü üretme yöntemine bir örnek.

Periyodik örüntülerin yüzey kaplama dışında birçok örneği bulunmaktadır. Bunlardan dokuma-örme işlemleri, örüntü sistematüğını malzemenin dayanıklılığını arttırmak için kullanılmaktadır. Düşey ve yatayda giden ip ya da tel benzeri doğrusal malzemelerin birbirlerinin altından ya da üstünden geçmeleri ile farklı kombinasyonlarda örüntüler oluşturulabilmektedir. Bu tür örüntüler kumaşlardan, membranlara mimari anlamda birçok alanda kullanılmaktadırlar.

Mimarlıkta en eski barınma yöntemlerinden biri olan çadırda, belirli bir iskeletin üzerine serilen bir yüzey olarak dokunmuş tekstil kullanılmıştır. Taşın aksine organik biçimlerin oluşturulmasına katkı sağlaması, taşıma ve montaj bakımından kolaylık içermesi gibi avantajları olmasından kaynaklı, mimaride yaratıcı üretimleri teşvik etmiştir. Spuybroek’a göre tekstilin mikro-tektoniğinin, binanın makro-tektoniği haline gelmesi üzerine düşünülmelidir. Dantel, makrame, örme, dokuma gibi tekstil üretme teknikleri, morfogenesise oldukça benzemektedir. Ancak daha kontrollü bir tutum içermektedirler (Tramontin,2006). Dokuma işlemi, bir matrisin üzerinde hareket eden ip benzeri malzemenin, 0 ve 1 durumlarıyla temsil edilebilecek bir üretim sistemiyle birleştirilmesi işlemidir. 0 durumu ipin, bir diğer ipin altından geçtiği, 1 ise üzerinden geçtiği durumu anlatmakta kullanılabilir. Gelişen üretim sistemlerinin yardımıyla, analog olarak gerçekleştirilen dokuma ve örme, bina kabuğunu oluşturacak şekilde uygulanmıştır. Şekil 3.33’te görülen strüktür, sepet yapımında da kullanılan ahşap malzemenin olanaklarının örme sistemiyle birleştirilmesiyle meydana gelmiştir.



Şekil 3.33: Sepet örme tekniği kullanılarak oluşturulmuş strüktür (Url-30).

Bahsedilen örneklerde görüldüğü üzere periyodik örüntüler, bir yüzeyin kaplanması işlemiyle sınırlanmamakta, kullanılan farklı tekniklerle üçüncü boyutta, yüzey ya da kabukların oluşturulmasında da kullanılmaktadırlar. Analog olarak üretilen çeşitli periyodik örüntüler, sayısal ortamlara aktarılarak farklı kullanımlara imkan vererek potansiyellerini arttırmaktadırlar.

3.2.2 Aperiyodik örüntüler

Aperiyodik örüntüler, düzlem tekrarlı olmayan bir davranışı takip eder, ancak düzenli bir periyod kullanır. Diğer bir deyişle, biçimsel olarak düzenli olsalar bile düzenleme açısından rastlantısaldırlar (Url-31). Aperiyodik örüntüler oluşturulmaları itibariyle rastlantısallık içermemelerine rağmen görünüm itibariyle karmaşıktırlar. Aperiyodik örüntüler, sınırlı sayıda elemanla bir yüzeyi kaplamak amacıyla kullanılırlar. Tekrarlı aperiyodik örüntü üretme yöntemleri; yerine koyma, kes-ve-yansıt ve eşleme kuralı yöntemleridir. Rastlantısal örüntüler ise bu bölümün tekrarlı olmayan aperiyodik örüntü sınıfına dahildir ve eşleme kuralıyla üretilen örüntüler başlığı altında incelenebilir (Url-32). Bu yazı kapsamında, ayrı bir başlık altında incelenecektir.

Aperiyodik örüntülerin ilk ortaya çıkışı Hao Wang'ın önermeli mantıkta karar verilebilirlik (decidability) problemleri isimli çalışmasıyla olmuştur. Wang'ın problemi, sınırlı sayıda eleman ile bir düzlemi periyodik olmayan bir şekilde kaplamanın mümkün olup olmadığı üzerineydi. Yıllar içerisinde bu soru, sınırlı sayıda

eleman ile bir düzlemi çok karmaşık bir şekilde kaplamanın mümkünliğünün araştırılmasına dönüşmüştür. Burada bahsi geçen ‘çok karmaşık’ olma hali, periyodik örüntü oluşturma yöntemlerinde bahsettiğimiz 17 simetri grubunu içermeme, yani, olasılık mantığında düzensiz olma ve tekrarlamalı olmama anlamındadır (Radin, 1994). Karmaşıklığın elde edilmesi durumu, matematiksel olarak da araştırılan çağımızın değişken dinamikliklerinin ortaya çıkardığı kaotik sonuçların bir yansımasıdır. Aynı zamanda, sanat ve mimarlıkta da çokça karşılığını bulmuş olan karmaşıklık, sayısal araçlar geliştirilmeden önce de ifade edilmekteydi. Özellikle M. C. Escher’in bazı çalışmaları yukarıda tanımladığımız aperiodyk olma ve karmaşıklık tanımlarının birer karşılığı gibidir. “Mosaic” isimli çalışmasında, öteleme simetrisi kullanmadan ve farklı biçimler kullanarak kağıdını kaplayan sanatçı, hep sanatsal bir ürün hem matematiksel bir düzen elde etmiştir. Mimari alanda ise karmaşıklık, modern dönemdeki sadelik ve uluslararası bir dil oluşturma çabasının karşıtı olarak post-modern dönemde anılmaya başlanmıştır. Venturi, Mimarlıkta Karmaşıklık ve Çelişki isimli kitabında anlamın kesinliğinden çok zenginliğini tercih ederim demiş ve karmaşıklık ve belirsizliği yüceltmıştır. Aynı anda iki farklı olgunun da doğru olabileceği mantığını savunan Venturi, belirsizlik ve gerilime, çeşitli düzeylerde farklı anlamlar içeren bir mimarlık ile ulaşılabileceğini vurgulamıştır (Venturi, 1977). Yani, her şeyin doğru olabileceği bir uzayda sistem ancak hiyerarşiler üzerinden kurgulanabilmektedir. Teorik anlamda, karmaşıklığın kesin doğrulardan uzaklaşarak belirsizliği kucaklayan bir yapısı vardır. Bu da, gerek mekan organizasyonu gerekse herhangi bir mimari elemanın işlevinde örnek analizlerinde de işleyeceğimiz üzere, kesinlik olmama durumu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aperiodyk örüntülerin kavramsal boyutunun dışında matematiksel olarak tanımlanmış birtakım yöntemler söz konusudur. Bu bağlamda aperiodyk örüntüler, basit kuralların tekrarı sonucu oluşmakta ve bir dereceye kadar rastlantısal örüntüler ortaya çıkarmaktadırlar. Aşağıda bahsedilen yöntemler yardımıyla, başlangıç biçimleri kullanılarak, kendi kendine benzer ve çok geniş periyotlarda tekrarlı örüntüler elde edilebilmektedir. Bu örüntüler, mimarlıkta, zemin kaplamadan cephe elemanına kadar farklı fonksiyonlarda kullanılmaktadırlar. Bunun nedeni, basit şekillerden yani az sayıda modül kullanılarak karmaşık örüntülerin elde edilebilmesidir. Bu durum, içeriğin yanı sıra ekonomik olma durumunu da desteklemektedir.

3.2.2.1 Aperiiodik örüntü oluşturma yöntemleri

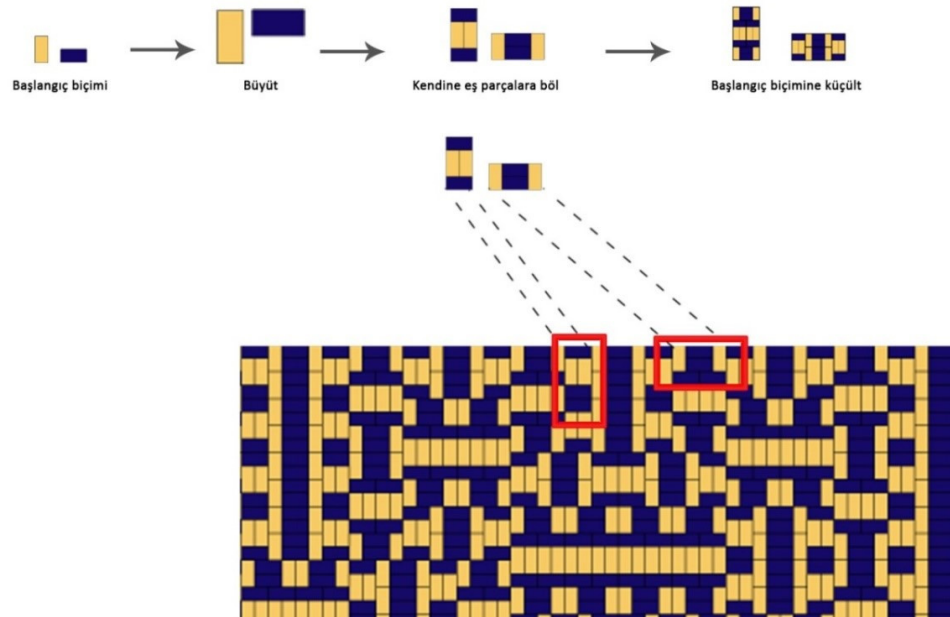
Yerine koyma (Substitution)

Bu yöntem, aperiiodik örüntülere zengin bir kaynak sağlamaktadır. Ana fikir, sınırlı sayıda blokları $\{T_1, T_2 \dots T_m\}$ (birim), genişleyen bir lineer eşleme Q (enflasyon-genişleme faktörü) ve bir kural kullanarak, her bir ölçeklendirilmiş QT_i 'yi orijinal birimlerin kopyalarından $\{T_1, T_2 \dots T_m\}$ ayırmaktır. Bu yöntem, her bir birim kendi alt birimlerine bölünebilir ise kullanılabilir. İlk olarak, her bir birim kendi alt birimlerini oluşturacak şekilde parçalanır ve sonra küçük birimler ana birimin boyutuna ulaşacak şekilde büyütülür. Bu işlemden sonra daha fazla alanı kaplayan bir parça elde etmiş oluruz (Senechal, 1994).

Bu yöntem, örüntüyü oluşturan birimlerin dönme açılarına göre iki ana başlık altında incelenebilir: Sınırlı ve sınırsız dönme içerenler (Url-32).

Sınırlı döndürme: domino

Domino örüntüsünde, başlangıç biçimi olarak bir dikdörtgen seçilmiş ve yerine koyma yöntemi doğrultusunda kendisinden daha küçük ve kendisine benzer parçalara bölünerek düzlem bu şekilde kaplanmıştır. Renkler, anlaşılabilirliği arttırmak adına dikdörtgenin dönme açısına göre iki şekilde olabilmektedir. Bu örnekte, dikdörtgenin dik durduğu pozisyon için sarı, yatay durduğu pozisyon için mavi renk seçilmiştir.

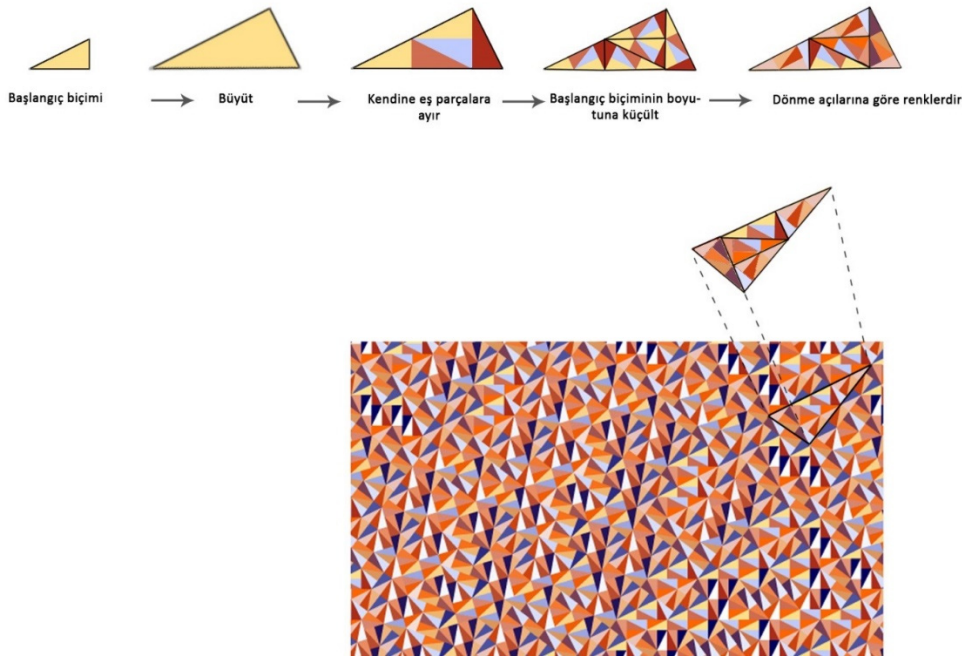


Şekil 3.34: Yerine koyma yöntemiyle oluşturulmuş domino örüntüsü (Url-33).

Sadece tek bir modülün pozisyonuna göre oluşturulmuş örüntü, karmaşık görünümündedir. Kural dizisinin üçüncü boyuttaki bir işlemi kapsamıyla birlikte daha farklı tipolojiler ortaya çıkarmak mümkündür.

Sınırsız döndürme: çarkıfelek (pinwheel)

Çarkıfelek örüntüsü oluştururken, aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere, kenar oranları 1,2 ve $\sqrt{5}$ olan bir üçgen başlangıç biçimi olarak seçilmiştir. Daha sonra, bu biçim, kendinden daha büyük bir üçgeni oluşturacak şekilde yansıma, döndürme ya da öteleme işlemleri kullanılarak yerleştirilmiştir. Bu yerleştirme işleminde kullanılan açılar, başlangıç biçiminin köşe açılarıdır. Bu işlem her bir yinelemede üçgenin boyutu $\sqrt{5}$ kadar büyütülmek suretiyle uygulanmıştır. Yine bu örüntüde farklı dönme açılarında yerleştirilen üçgenleri göstermek için farklı renkler kullanılmıştır.

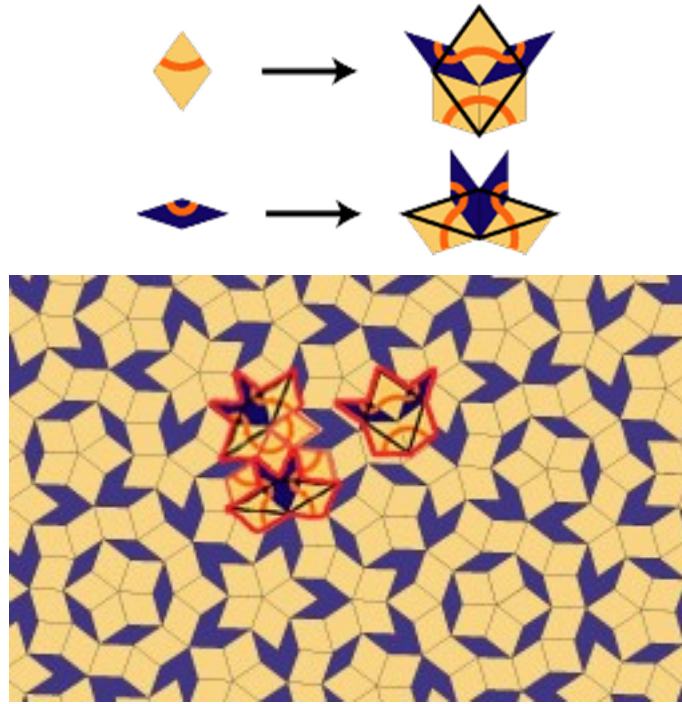


Şekil 3.35: Yerine koyma yöntemiyle oluşturulmuş, çarkıfelek örüntüsü (Url-34).

Bu örüntü kaotik görünse de, örüntünün oluşturulması itibariyle rastlantısal bir algoritma kullanılmamaktadır. Bu örüntüdeki düzensizlik, örüntüyü oluşturan elemanların sınırsız bir dönme fonksiyonuna sahip olmasından ileri gelmektedir. İnsan beyni, yer yer tekrar eden gruplaşmalar yakalasa da; bu periyodu örüntünün geneline yayamaz. Renklendirilmiş hali bunu açıkça göstermektedir (Şekil 3.35).

Kes-ve-yansıt (Cut-and-project) yöntemi

Kes-ve-Yansıt yöntemi kullanılarak oluşturulabilecek örüntülere örnek olarak Penrose Rhomb örüntüsü verilebilir. Penrose Rhomb örüntüsünün eşleme kuralı iki türlü olabilmektedir. Bezemesiz (undecorated) örüntünün köşe yıldızlarının oluşturduğu seri kural olarak görev yapabilir ya da kullanılacak modüllerin üzerine kılavuz amaçlı çizilen kırmızı yaylar kullanılarak, bu yayların komşu birimlerdeki yaylarla birleşme durumlarının takibine göre bir eşleme kuralı tanımlanabilir.

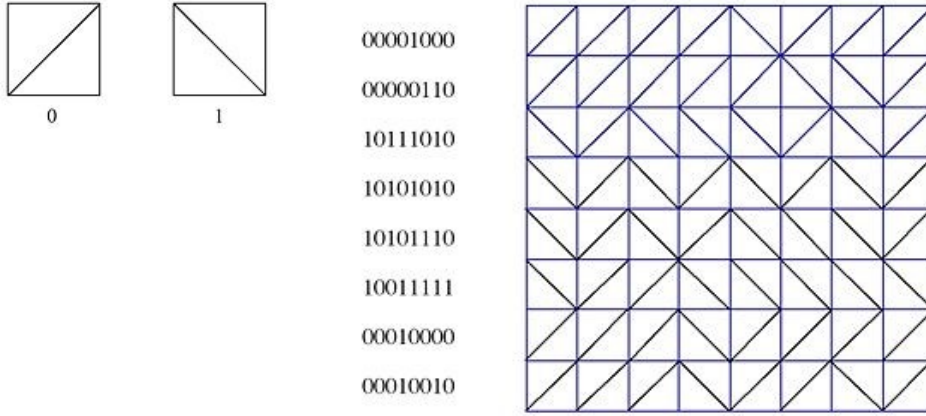


Şekil 3.36: Kes-ve-Yansıt yöntemiyle oluşturulmuş Penrose örüntüsü (Url-35).

Şekil 3.36’da görüldüğü üzere, seçilen iki farklı boyuttaki eşkenar dörtgen üzerine çizilen yaylar birbirini takip edecek şekilde olmak şartıyla örüntü oluşturulmuştur. Örüntü, görünüş itibarıyla birçok farklı biçim içerdiği yanılgısını vermektedir.

3.2.3 Rastlantısal örüntüler

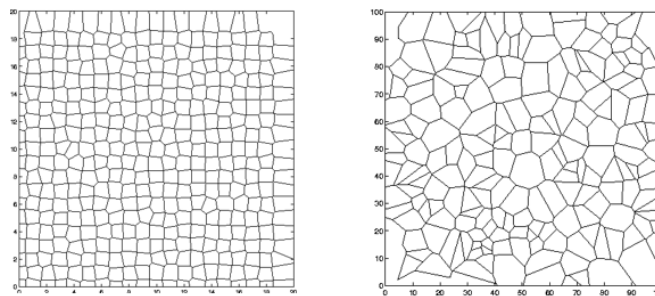
Sonlu bir bölgeyi, kaplamak için gerekli modüllerin rastlantısal olarak seçildiği örüntülerdir. Tek bir karonun iki farklı şekilde kullanılmasıyla bir düzlemin kaplanması örneği verilebilir (Url-36). Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere sadece iki durum kullanılarak sonsuz çeşitlilikte örüntüler oluşturulabilir.



Şekil 3.37: Rastlantısal algoritmayla oluşturulmuş örüntü örneği (Url-36).

Rastlantısal örüntüler, kimi zaman parçadan bütüne oluşturulurken kimi zamansa belirli bir geometrinin parçalanması ile meydana gelmektedirler. Şekil 3.37’de görüldüğü üzere, başlangıç biçimi bir seçim yapılarak yerleştirilmiştir. Oysa Voronoi diyagramı olarak adlandırılan yöntemde bunun tam tersi söz konusudur. Voronoi diyagramını oluşturmak için bir nokta dizisine ihtiyaç vardır. Daha sonra, seçilen bir nokta ve diğer tüm noktalar arasındaki açıortaylar çizilir ve bu açıortay doğrularının sınırladığı hücreler Voronoi hücreleri olarak tanımlanır (Aranda & Lasch, 2005). Seçilen nokta bulutu düzenli ise periyodik bir örüntü, düzensiz ise rastlantısal bir örüntü elde edilmektedir.

Voronoi diyagramı, kırılma örüntülerinde bahsettiğimiz parçalanmalara benzer bir görüntü oluşturmaktadır. Bu örüntü sayesinde oluşturulan hücreler, verilen nokta dizilerinin oluşturabileceği minimum alanı tariflemektedirler. Hücre boyutları nokta kümeleriyle doğrudan ilişkili olduğundan her bir yineleme farklı sonuçlar vermektedir (Şekil 3.38). Bu nokta bulutları üç boyutlu olarak da kullanılabilir. Üçüncü boyutta kullanıldıklarında bir hacmin bölümlendirilmesini sağlamaktadırlar.



Şekil 3.38: Voronoi diyagramının farklı noktalara göre oluşumu (Url-37).

Bu örüntüde kullanılan nokta bulutları, üç boyutlu biçimler oluşturmak için kullanıldıklarında, elde edilen dolu hacimden, eksiltme yardımıyla bazı boşluklar açılabilmektedir. Yani, Voronoi diyagramı hücresel özdevinim gibi modellerle birlikte kullanılabilir.

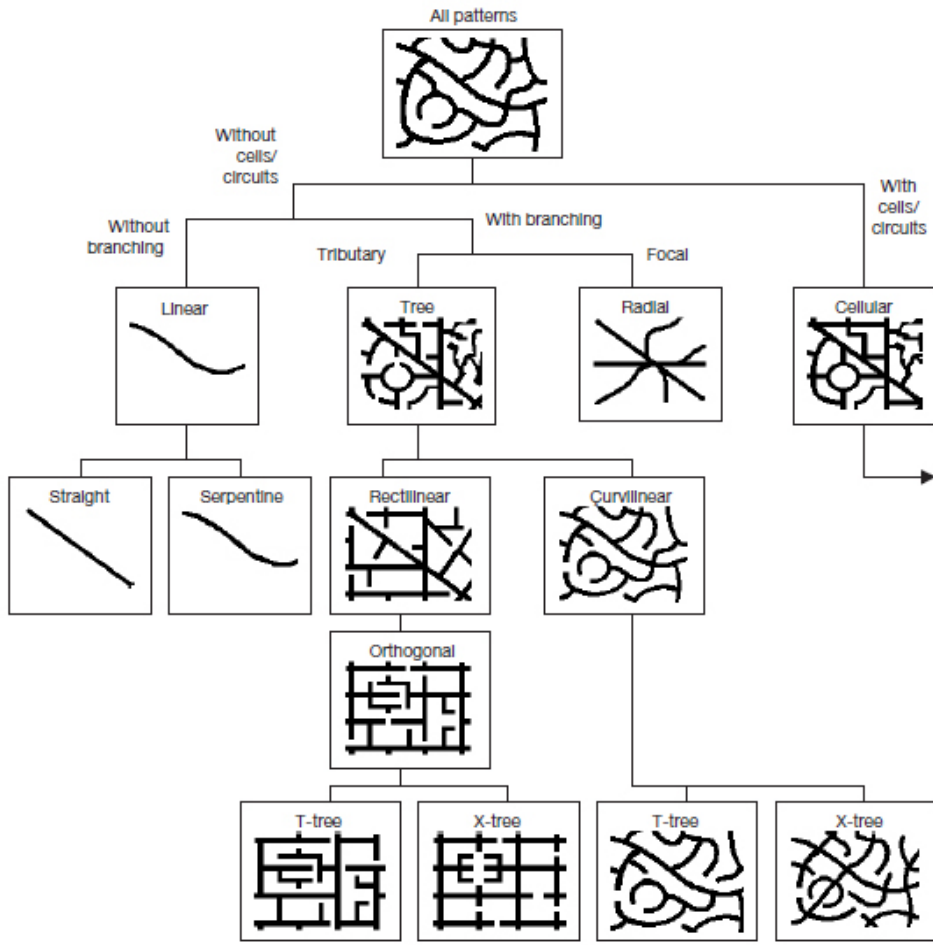
4. ÖRÜNTÜLERİN MİMARİDE KULLANIMI

Örüntülerin mimaride kullanımı malzeme ölçeğinden kentsel ölçeğe kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır.

4.1 Kentsel Örüntüler

Kenti tanımlayan dili açıklarken Alexander, bu örüntülerin asla bir defada tasarlanmış ya da inşa edilmiş olmadığından bahseder. Kentsel örüntüyü, her bireysel hareketin daha geniş küresel örüntülerin oluşmasına katkı sağladığı sabırlı bir büyüme olarak tanımlar (1978). Katman katman oluşan ve karmaşık bir örüntü diline sahip olan kentlerin yoğunluk, dağılım vb. özelliklerinin karakterize edilerek ortaya konması, kentlerin gelişiminin öngörülmesinde büyük rol oynamaktadır.

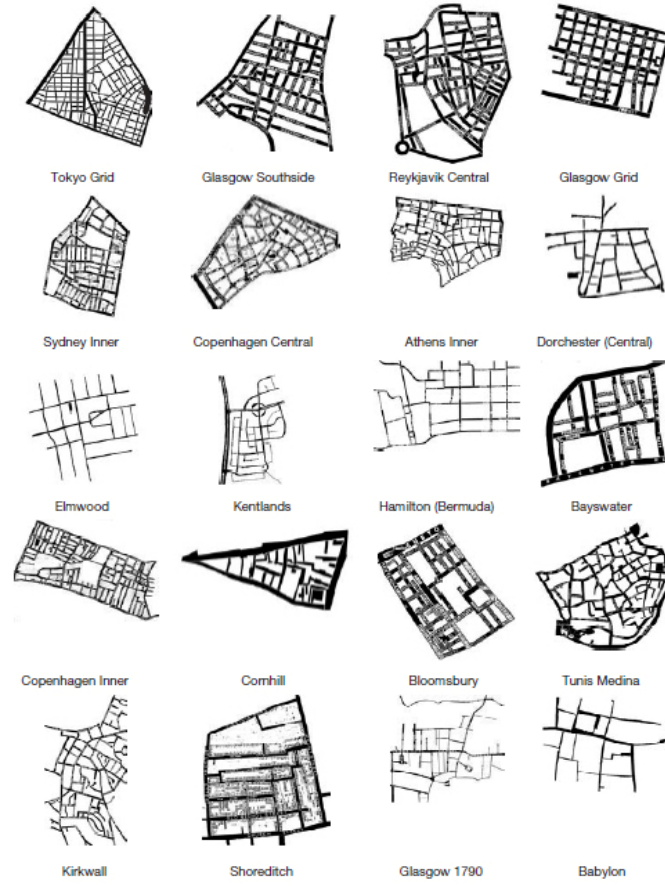
Örüntülerin tanınması ve temsili bakan göze bağlı olduğundan kentsel örüntülerin sınıflandırılmasıyla ilgili birçok öneri yapılmıştır. Bunlar 1920’de Unwin ile başlayıp, 1968 Moholy-Nagy, 1981 Lynch, 1998 Satoh ve 1999’da Fray ile devam eder (Marshall, 2004). Unwin’in sınıflandırması düzenli ve düzensiz olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Düzenli kentsel örüntüler; dikdörtgensel, dairesel, diyagonal ve ışın çizgileri olmak üzere dörde ayrılmıştır. Marshall (2004) ise kent sokaklarını daha ayrıntılı sınıflandırmalara maruz bırakmıştır ve bunun sonucunda Şekil 4.1’deki sınıflandırma ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.1: Kent sokaklarını tarifleyen örüntü tipolojileri (Marshall, 2004).

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere bazı kentler hücresel yayılım gösterirlerken bazıları hücresel olmayan bir yayılım göstermişlerdir. Hücresel olmayanlar doğrusal, ağaç şeklinde ve açısız olarak gelişenlerdir. Doğrusal gelişen kentlerde merkezileşme görülmezken açısız ve ağaç şeklinde gelişenlerde merkezileşme görülür. Ağaç şeklinde oluşan örüntüler doğal örüntülere oldukça yakındır. Bu kentsel örüntüler tüm kent boyunca aynı yoğunluğu ve derinliği göstermezler ve bazı noktalarda kesintiye uğrarlar. Oluşumları bazen doğrusal çizgilerden oluşurken bazı geleneksel kentlerde bu yapılanma eğrisel biçimde gerçekleşmektedir.

Hücresel kentsel örüntüler ise bilinen anlamıyla gridal örüntülerdir ve hiçbir çıkmaz sokak bulunmayan oldukça planlı sistemlerdir. Bu kentler hiyerarşiden yoksundur, bu nedenle her bir noktası benzer öneme sahiptir. Yeni gelişen kentler genellikle bu kategoridedir.



Şekil 4.2: Bazı şehir örüntüleri (Marshall, 2004)

Bahsettiğimiz örüntü tipolojilerinin bulunduğu kentsel örüntüler Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere Glasgow gibi yapay kentler daha düzenli yani gridal bir yapıdayken Tunus gibi geleneksel kentler daha düzensiz bir yapıdadır. Özellikle Modernizm döneminde ön plana çıkarılan yukarıdan aşağı şehircilik anlayışı, geleneksel kentlerin aşağıdan yukarı gelişen şehircilik anlayışının ön plana çıkmasıyla önemini kaybetmiştir. Bu yöndeki bakış açısının değişimi ile birlikte, Batty’nin 1990’lardan bu yana gözlemlediği üzere, daha küçük ölçekteki konulara olan ilginin artması ve şehirlerin bireylerin hareketlerinden oluşan bir sistem olarak düşünülmesi durumu, parçalara ayrılma ve heterojenlik kavramlarını ön plana getirmiştir (Burry & Burry, 2010). Bu fikirler sayesinde kent, birbirleriyle etkileşimli hücreler (fiziksel ve mekansal elemanlar) ve bu hücrelerde hareket eden etmenler (insan ve veriler) olarak algılanmaya başlanmıştır. Bu hücreler ve etmenler kentsel örüntünün parametrelerini oluşturmaktadırlar. Bu parametreler, insanlar, yollar, araçlar, ağaçlar vb. birçok öğeyi

kapsamaktadır. Parametrelerin bu denli çok oluşu kentsel tasarımda sayısal teknolojilerin önem kazanmasına yol açmıştır.

“Parametrik şehircilik” parametrik yazılımın şehir ölçeğindeki projeleri 3 boyutlu göstermek için değil, çeşitli senaryoların değerlendirilmesinde ve kararların verilmesinde plancıya destek olacak bir araç olarak kullanılmasıdır. Plancı kullanacağı araçları tasarlayan konumuna geçerek doğal sistemlerde olduğu gibi gelecekteki değişimlere uyum sağlayabilecek, dinamik ve interaktif bir kentsel tasarım yapabilecektir.

Parametrik şehircilik alanındaki örnekler baktığımızda geleneksel kentlerin halihazırda bu şekilde olduğunu görmekteyiz. Güneşe, rüzgara ve diğer iklimsel değişimlere zaman içerisinde uyarak, yerel malzeme kullanarak ve bulunan çevreyle dinamik bir ilişki ile gelişim göstermiş bu kentlere örnek olarak Kapadokya Kaya Evleri verilebilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Kapadokya kaya evleri ve Uçhisar Kalesi (Url-38).

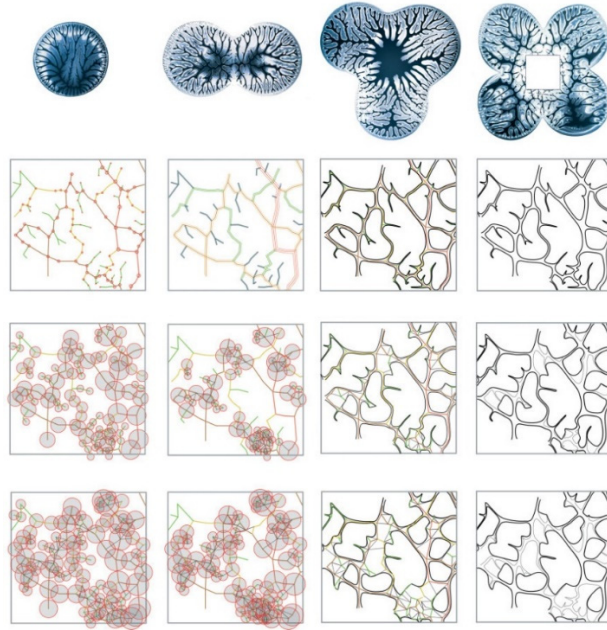
Bu evler adeta karınca yuvaları gibi bölgeye özel yumuşak malzemenin işlenmesiyle oluşmuşlardır. Buradaki kent yerleşimi malzemeyle paralel gelişerek doğayla uyumlu ve sürdürülebilir bir kentsel plan ortaya çıkmıştır.

4.1.1 Örnek 1: Expo 2010 projesi

DRL Egloo Takımı

Şangay’da Expo 2010 DRL stüdyosunun ilişkisel tasarım sistemleri olarak tanımladığı bir yaklaşım ile ortaya çıkmıştır. İlişkisel tasarım sistemleri, zekayı; kentsel alanların, kullanımların, aktivitelerin, ara yüzlerin, strüktürlerin ve altyapı sistemlerinin dönüşümünün, organizasyonunun ve performansının bir parçası haline getirerek yerel dinamik bilgiyi daha geniş kentsel alanları etkilemek ve ayarlamak için kullanır (Verebes, 2009). Bu proje kapsamında ortaya konulan kentsel örüntü, üç aşama sonucu oluşmuştur. Projenin ilk aşamasını, petri kabına konulan yapıştırıcı ile yapılan malzeme deneyleri, ikinci aşamasını bu deneyler sonucu ortaya çıkan örüntülerin algoritmalarla tanımlanması ve son aşamasını ise oluşan ağ sisteminin mekan dizimi yazılımıyla analiz edilmesi oluşturmaktadır (Verebes, 2009).

Bu projede, doğal biçimde büyümeyi simüle eden algoritma sayesinde kentlerin doğal gelişimlerinin anlaşılması ve projeye aktarılması gerçekleştirilmiştir. Projenin başında gerçekleştirilen malzeme deneylerinde de görüldüğü üzere, kıvamlı akışkanın niteliği ve bu akışkana etkiyen kuvvetler nasıl ortaya çıkan örüntüyü doğrudan etkiliyorsa, burada kullanılan öz örgütlenmeli algoritma da çeşitli yoğunlukların, programların ve yönelimlerin yayılımını ve ilişkilerini kontrol etmektedir.

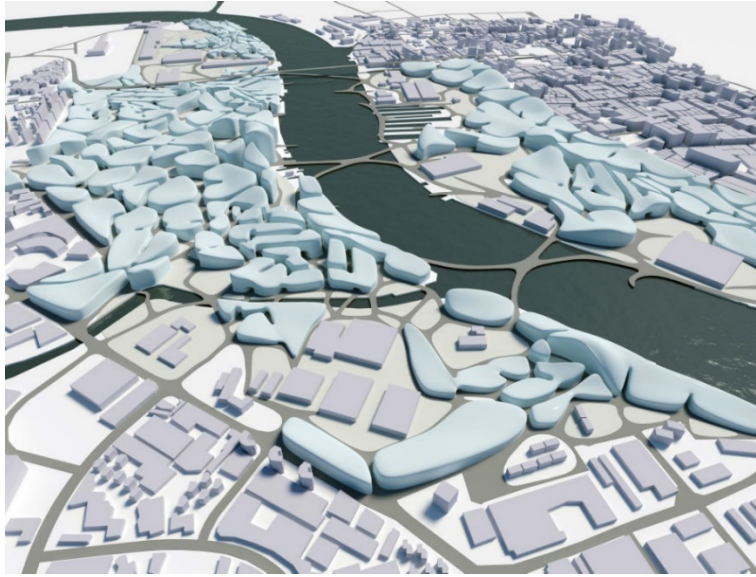


Şekil 4.4: Petri kabındaki yapışkan malzeme davranışlarının incelenmesi ile ortaya çıkan ağ sistemleri (Verebes, 2009).

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere 1, 2, 3 ve 4 düğüm noktası oluşturan yapıştırıcının petri kabındaki davranışı yapılan deneylerle ortaya konulmuştur. Yapıştırıcı, bu düğüm noktalarına bağlı olarak çeşitli dallanmalar gerçekleştirmiştir. Bu dallanmalar sinirsel ve bitkisel ağlarda olduğu gibi merkezden yayılarak gitgide daralan yollar oluşturmaktadırlar.

Projenin son aşamasında, malzeme analizleri doğrultusunda ortaya çıkan diyagramlarda, mekanların birleşme ve ayrılmalarının komşuluk kaliteleri, yolların kalınlıklarının hiyerarşileriyle ilişkilendirilerek mekan dizimi (space syntax) yazılımı aracılığıyla değerlendirilmiştir (Verebes, 2009).

Mekan dizimi yazılımları, mekansal ağların analizini yaparak bu ağlar üzerinden sosyal süreçlerin anlaşılmasını sağlamaktadır. Her bir ölçekte, yazılımın amacı, açık mekan elemanlarının bir haritasını üretmek ve bunları birtakım ilişkiler üzerinden birbirine bağlamak ve ağ sisteminin grafiksel bir analizini ortaya koymaktır (Url-39).



Şekil 4.5: Expo 2010 için hazırlanmış planın son hali (Verebes, 2009).

Şekil 4.5'te ise kentsel ölçekteki sirkülasyonun ve yol hiyerarşilerinin analizi sonucu ortaya çıkan kentsel planın son hali görülmektedir. Doğal sistemlerdeki ağ yapılarında olduğu gibi, belli hiyerarşilerin oluşturduğu kentsel örüntü, düğüm noktaları ve bağlantılardan oluşmaktadır. Expo 2010 projesi, doğadan öğrenilen belli kural dizilerinin kentsel tasarıma aktarılması bakımından önemlidir. Ayrıca, elde edilen birçok yineleme içerisinden, mekan dizimi yazılımlarıyla değerlendirme ve seçim yaparak projenin detaylandırılmış olması, kentsel tasarım süreci açısından

fonksiyonelliğin de dikkate alındığını göstermektedir. Davranışsal örüntüler ve akışkan dinamiklerine gömülü bilgi, mekan kompozisyonu ve biçim araştırmalarına dahil edilmiştir Arazi ve obje arasındaki ilişkilere dayanan bu bütünleşme belirli derecelerde farklılıklar yaratarak birbiriyle ilişkili ve düzenli bir kentsel örüntünün ortaya çıkmasını sağlamıştır. (Url-40). Program olarak Maya ve proje için özel yazılan kodlar kullanılmıştır.

4.1.2 Örnek 2: Kartal-Pendik nazım planı

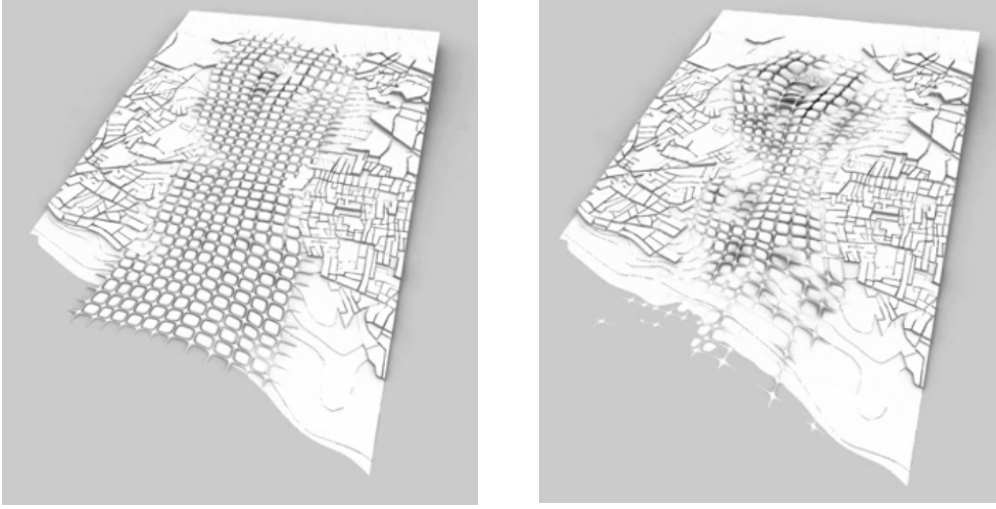
Zaha Hadid Architects

Halihazırda bölgede bulunan taş ocağı ve endüstriyel yapıların dönüşümünü içeren proje, aynı zamanda yeni bir iş, konut, eğitim ve kültür merkezi yaratma amacıyla tasarlanmıştır (Url-41). Tasarım mevcut altyapı ve çevredeki kentsel dokuyu ana arterle bağlama amacındadır. Projenin tasarım sürecinde tüm bu mevcut yan akslar ana aks ile birleştirilerek yeni bir ızgara elde edilmiş ve sonrasında uyum sağlayabilen kentsel bir algoritma yardımıyla farklı birçok tipoloji üretilmiştir.



Şekil 4.6: Kartal-Pendik arasındaki alanın ulaşım ağları bakımından analizi (Url-41).

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere projenin tasarım sürecinde arazinin mevcut durumu analiz edilerek çeşitli diyagramlar elde edilmiştir. Bu diyagramlar ana ve yan aksları birleştirir vaziyette bir araya getirilerek Şekil 4.7’de gösterilen parametrik grid elde edilmiştir. Sonrasında uyum sağlayabilen kentsel bir algoritma yardımıyla farklı birçok tipoloji üretilmiştir.



Şekil 4.7: Analizler sonucu elde edilen parametrik ızgara ve dönüşümü (Url-41).

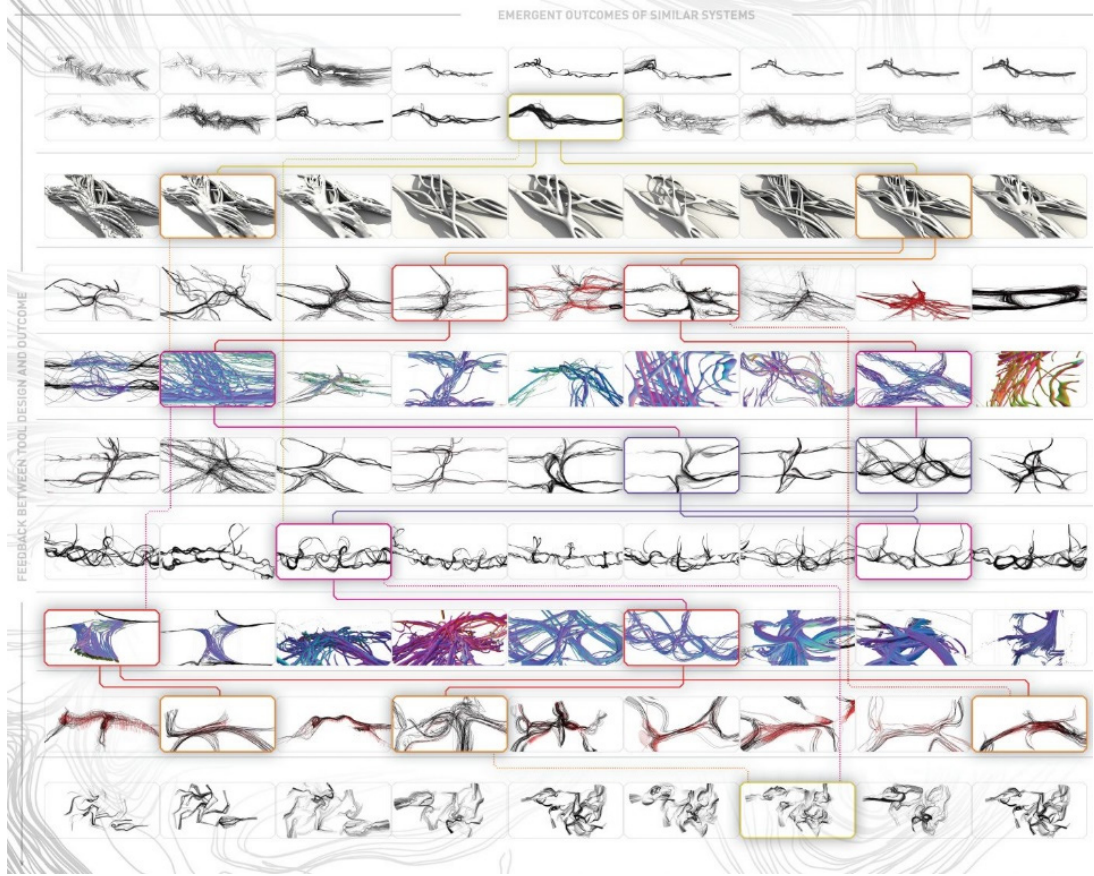
Şekil 4.7’de görüldüğü üzere başlangıçta kentsel örüntü düzenli bir yapıdayken çeşitli kural dizilerinin uygulanmasıyla farklılaşarak heterojen bir yapıya bürünmüştür. Kural dizileri, blokların çevrelerinin, bulundukları parsel alanı, ölçeği ve yönlenmesiyle ilişkili olarak oluşmasını sağlamaktadır (Schumacher, 2009). Bu sayede kentsel örüntü, her bir noktasında farklı bir özellik gösterir hale gelmiştir ve çeşitli fonksiyonel yapılara evrilmiştir. Tasarımın ilk aşamalarında elde edilen örüntü, tüm bir tasarımın geneline yayılarak çeşitliliği arttırmış ve temelde benzer kurallarla tanımlı ama her bir yinelemede farklılaşan bir kentsel plan ortaya çıkmasını sağlamıştır. Program olarak Maya ve yine bu programda yazılan kodlardan yararlanılmıştır.

4.1.3 Örnek 3: Fibrosity

Cam Newnman

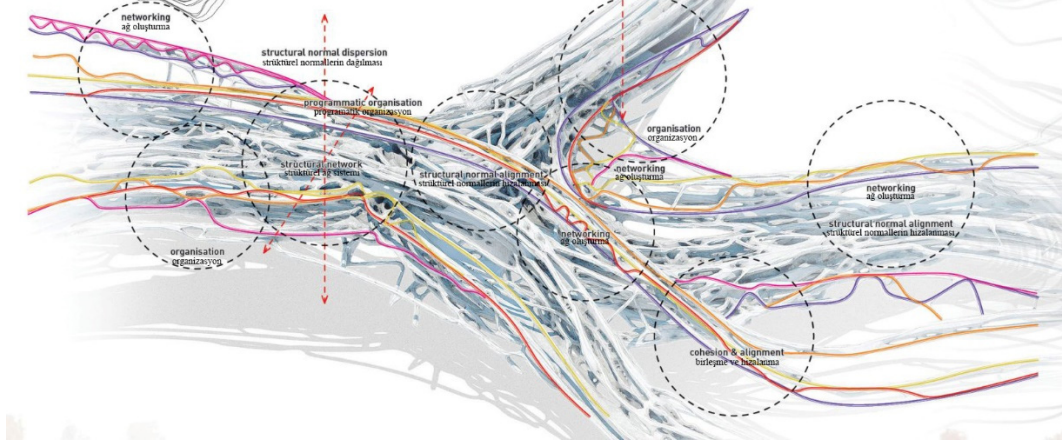
Proje bir anayol altyapısının tasarlanması olup, projede öncelikle etmen tabanlı bir algoritma kullanılarak yerel ölçekteki mikro davranışlardan makro ölçekteki plana ulaşılmaya çalışılmıştır. Tasarım sürecinde, anayolun gürültüsünden korunmak için duvarlar ve yayaların hareketini sağlamak için köprüler oluşturulmuştur. Sonrasında

algoritma strüktürel analize maruz bırakılmıştır. Son aşamada ise tasarımcının zevki ve estetik öğeler değerlendirilmiştir. Program olarak Processing ve Rhinoceros Grasshopper'dan faydalanılmıştır (Url-42).



Şekil 4.8: Projenin ilerleme aşamaları (Url-42).

Akışkan davranışlarında olduğu gibi bu sistemin modellenmesinde etmen tabanlı sistemlerden yararlanılmıştır (Şekil 4.8). Çeşitli insan hareketlerinin modellenmesi sonucu elde edilen beliren örüntüler diyagramdan geometrilere dönüştürülerek tasarımın ana kararlarında etkin bir yol oynamışlardır. Örüntü, sonraki aşamada üç boyutlu köprüler ve yolları tanımlayarak alt yapı sisteminin kendisini oluşturmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Örüntünün 3 boyutlu hali (Url-42).

Şekil 4.10’da görüldüğü üzere, insan sirkülasyonunun, mevcut altyapının ve yerleşimin incelenmesi ve tasarım sürecine aktarılması sonucu doğal sistemlerdeki ağ sistemlerine benzer bir örüntü elde edilmiştir. Etmen hareketleri, yol ya da yeşil doku gibi belirli sınırlara göre gerektiğinde yön değiştirmiş, gerektiğinde ise bu engelleri aşmak için üçüncü boyutta yükselmiştir. Örüntü, bulunduğu araziyle bütünleşmiş durumdadır.



Şekil 4.10: Örüntünün 3 boyutlu bir ağ sistemine dönüşerek oluşturduğu altyapı sistemi (Url-42).

Bu proje, kentsel örüntüyü insan hareketleri ile etkileşimli olarak geliştirmesi bakımından önemlidir.

4.2 Strüktürel (Yapısal) Örüntüler

Örüntüler, belli parametrelere bağlı olarak üretilebilmelerinden dolayı, mimarlıkta strüktürel ve malzeme anlamında etkin bir rol oynamışlardır. En temel düzenli örüntü olarak nitelendirilebilecek ızgara, strüktürel şemaların oluşturulmasında kullanılmaktadır. Özellikle düzenli örüntülerin geometrik olarak kararlı bir yapı oluşturmaları, gerek tasarım gerek inşa süreçlerinde oldukça fayda sağlamaktadır. Alexander'ın da vurguladığı gibi, örüntünün tanımladığı dil bir ağ sisteminin strüktürüdür (1977). Yani, bazen bir, bazen birkaç yüz adet birbirine bağlı birimin oluşturduğu veri ağının kendisidir. Dolayısıyla, örüntünün özünde strüktürel olma durumu halihazırda vardır.

Bahsedilen örnekler, kullanılan sistemler bakımından incelenirse, statik ve kinetik karakterde olmak üzere iki farklı yaklaşım gözlemlenebilir. Bu örüntü sistematığının, duyarlı ya da interaktif bir sistemle birleştirilip birleşmediğiyle alakalıdır. Duyarlı mimarlık interaktif ve adaptif kelimeleriyle dönüşümlü olarak kullanılsa da en basit tanımı ile doğal ya da yapay sistemlerin nasıl birbirlerini etkilediği ve adapte olduğudur (Velikov ve Thün, 2013). İnteraktif mimarlık ise uyaran konumunda insanın bulunduğu sistemler olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla, interaktif mimarlık duyarlı mimarlığın bir alt başlığı olarak düşünülebilir. Duyarlı mimarlığın kapsadığı parametreler, bahsedeceğimiz bazı örneklerde ve bu tez kapsamında tasarlanan modelde de görülebileceği gibi, eş zamanlı algılama, kinetik olarak iklime adapte olabilme, akıllı malzeme kullanımı, otomasyon ve kullanıcının manuel kullanımına izin verme gibi işlevsel ve performansa dayalı olabilmektedir (Velikov ve Thün, 2013).

Yapısal örüntüler yani örüntülerin bina ölçeğinde kullanımı, kendi kendini taşıyan, mimari tekstil olarak kullanılan dolayısıyla kimi zaman ek taşıyıcılara ihtiyaç duyan büyük açıklık geçebilen veya taşınabilir boyutlarda olanlar gibi birçok alt bölüm altında örneklendirilebilmektedir. Bu örnekler daha da çoğaltılabilir.

4.2.1 Örnek 1: Mobilizarte

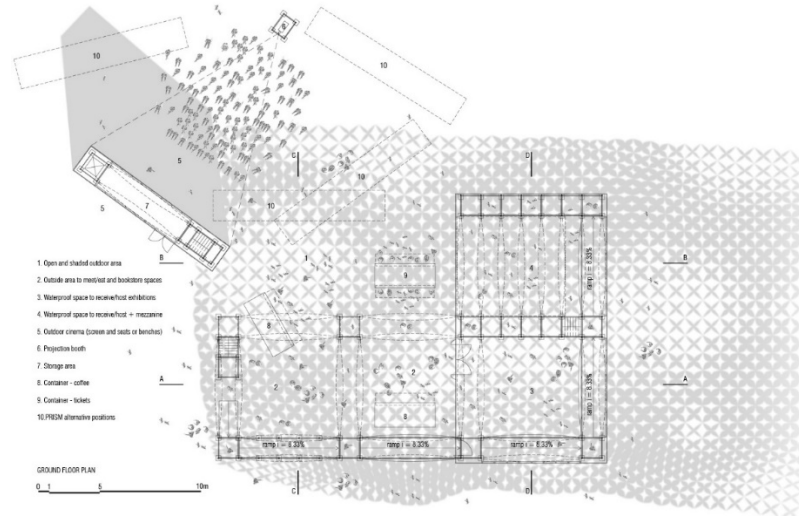
Frentes + Pax.Arq

İskeleler ve şişirilebilir bir membrandan oluşan proje, Mobil Kültürel Strüktür Yarışması'nda üçüncü olmuştur. Yarışma konsepti gereği, değişen arazilere uyum sağlayabilecek ve çeşitli kültürel etkinliklere ev sahipliği yapabilecek taşınabilir bir strüktür tasarlanmıştır. Tasarlanan örüntü, şişebilir bir strüktür olduğundan dolayı, maksimum on metre olacak şekilde birçok yükseklikte hacimler üretebilmektedir.



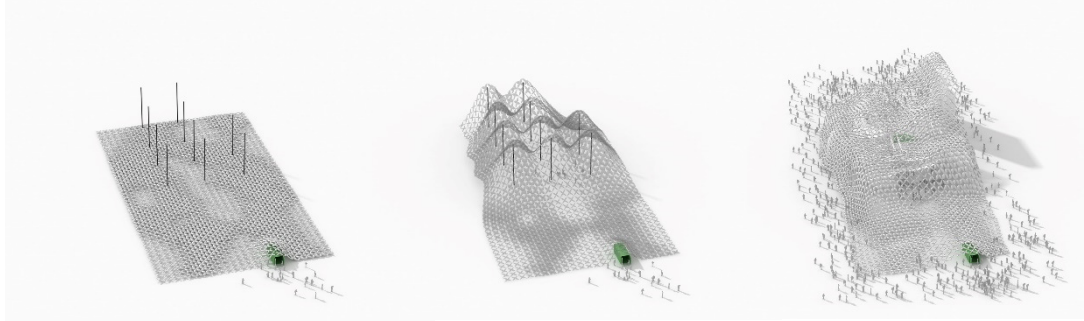
Şekil 4.11: Strüktürün kurulu hali (Url-43).

İki geleneksel Brezilya dantel ve örgü elemanından yola çıkan proje, arazide gerekli işlevlere göre çeşitli yükseklik ve açıklıklarda genişleyip daralabilen canlı bir yapıya sahiptir. Şekil 4.11'de görüldüğü üzere farklı ışık seviyeleri ve işlevlerde heterojen mekanlar oluşturulabilirken strüktürün de aynı karakterde kalması sağlanmaktadır. Mimari tekstillerin yapısından ileri gelen esnek olma durumu, burada tasarımın ana omurgasını oluşturmaktadır.



Şekil 4.12: Strüktürün doluluk – boşluk durumunu gösteren diyagram (Url-43)

Strüktürün tamamı iskeleler, 24 adet 12x12 metrelik şişirilebilir membran, 50 adet şişirilebilir kiriş, 650 m² plastik branda ve zemin panellerinden oluşmaktadır. Üç adet konteynırla taşınabilmekte ve beş günde istenilen alana kurulabilmektedir. Gerektiğinde 1000 ile 3500 m² arasında genişleyip daralabilmekte ve bu sayede dinamik bir örüntü karakteri sergilemektedir (Url-43).



Şekil 4.13: Strüktürün kurulum aşamaları (Url-43).

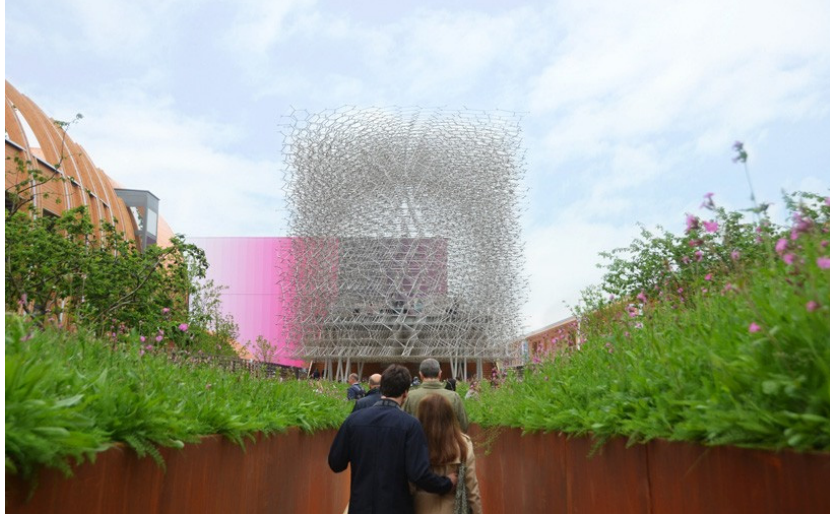
Örüntü, şişebilir olması bakımından duyarlı bir kabuk olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda mekansal olarak esnektir.

4.2.2 Örnek 2: UK Pavyonu Milan Expo 2015

Wolfgang Buttress

Arı kovanını andıran kübik bir alüminyum kafes sisteminden oluşan Şekil 4.14'te gösterilen strüktür, Milan Expo için tasarlanmış olup, meyve bahçesi, çayır, teras, mimari program ve kovan olmak üzere beş kısımdan oluşmaktadır. Proje, Expo

2015'in teması olan “Gezegeni besle, yaşam için enerji” kapsamında arıların besin üretimi açısından önemini vurgulamak ve yok olmalarına dikkat çekmek amacıyla tasarlanmıştır (Url-44) .



Şekil 4.14: Meyve ve sebze bahçelerinin içerisinde geçilerek ulaşılan pavyon (Url-45).

Strüktür, ilham aldığı arı kovaniyle koordineli olarak çalışan ses ve görsellik ile ilgili araçlar barındırmaktadır. Bu araçlar sayesinde binlerce mil uzaktaki Nottingham’da bulunan gerçek bir arı kovanından bir ivmeölçer yardımıyla elde edilen sinyallere göre pavyon eş zamanlı olarak vızıldamakta, parlamakta ya da titreşmektedir. Arıların aktiviteleri, LED lambalar sayesinde strüktür üzerine aktarılmaktadır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Arıların hareketleriyle etkileşimli olarak pavyonda gerçekleşen görsel ve işitsel değişimler (Url-46).

Proje, arı kovanının strüktürel yapısından esinlenmesinin dışında, görsel ve işitsel olarak arı davranışlarının mekan içerisinde simüle edilmesi bakımından da önemlidir. Bu sayede, mekan deneyimi, yapının salt kütsel ifadesinden çıkarak etkileşimli bir hale gelmiştir. Yapının karakterini oluşturan örüntü, alınan her bir sinyalle başka bir karaktere bürünmektedir.

4.2.3 Örnek 3: Open Columns

Omer Khan

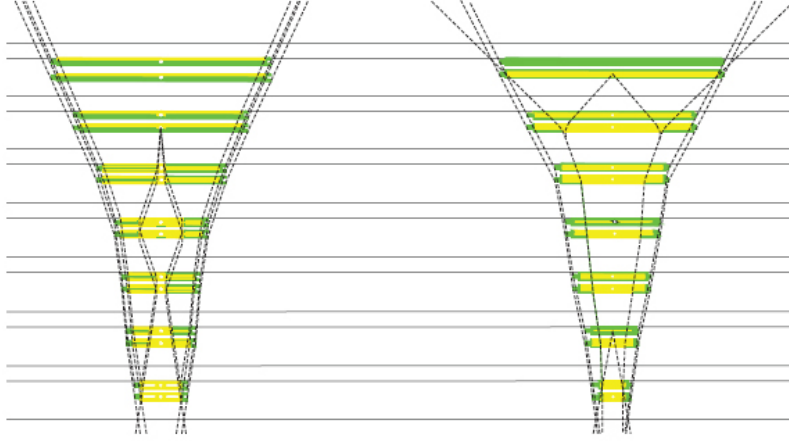
Open Columns projesinde, taşıyıcı özelliği olmayan kolonlar tavanda dağınık halde bulunmaktadır. CO₂ sensöründen aldıkları verilere göre değişen örüntü karakterleri oluşturacak şekilde uzayıp kısalarak mekanda bölücü görevi görmektedirler. İnsan sayısına bağlı olarak artan ya da azalan CO₂ seviyesine bağlı olarak ya mekana plan düzleminde tamamen yayılarak ya tavan yüksekliğini değiştirerek ya da her ikisini aynı anda gerçekleştirerek tepki vermektedirler. Bu sayede bulundukları hacim içerisinde heterojen mekanlar oluşturmaktadırlar. Aynı zamanda mekanda CO₂ seviyesi azaldığında yukarı doğru toplanarak mekan içerisine insanları davet etmekte, arttığında ise insanları daha küçük gruplara bölmek için yayılmaktadır (Şekil 4.16). Tüm bu hareketleri malzemenin esnekliği sayesinde gerçekleştirmektedir.



Şekil 4.16: Sensörlere bağlı olarak mekanın bölünmesi ve genişletilmesi (Khan ve diğerleri, 2011).

Bu esnek örüntüden oluşan sistemi kontrol eden program, aynı doğal örüntülerde olduğu gibi, bir yandan uyarılara tepki vererek değişim gösterebilirken öte yandan gösterdiği bu davranışları sistemin hafızasına bir sonraki statik durumda uygulamak üzere kaydetmektedir. Böylelikle zaman içerisinde, strüktürel yapı, mekan içerisindeki davranışlarından öğrenerek hareket eder hale gelmektedir (Khan ve diğerleri, 2011).

Farklı kalınlıklarda kauçuk üretebilmek için RCM-J (Reconfigurable Mold) kullanılmıştır. Bu sayede tüm kolonlar aynı çamurdan önceki parçaları etkilemeden üretilmiştir. Şekil 4.17’de görülen yeşil çizgiler sert, sarı çizgiler ise yumuşak kauçuğu göstermektedir. Malzeme olarak üretan elastomerleri kullanılmıştır (Khan ve diğerleri, 2011) .



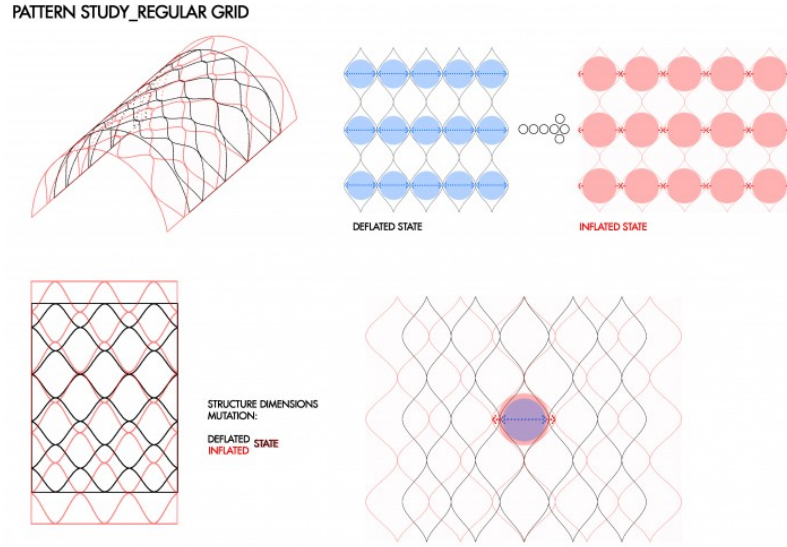
Şekil 4.17: Değişen örüntü biçimleri ve malzeme kalınlıkları (Khan ve diğerleri, 2011).

Proje diğer mekanik sistemlerle karşılaştırıldığında malzeme ve örüntü sistematikini bütünleştirilmesi açısından önemlidir. Burada örüntü sabit değil, insan hareket ve yoğunluğuna bağlı CO₂ seviyesine göre değişebilen, canlı ve interaktif bir haldedir. Her bir durumda, örüntü, uyarana bağlı farklı değişimler göstererek malzemenin esnekliğini gösterir biçimde daralıp uzamakta ve mekanı dönüştürmektedir.

4.2.4 Örnek 4: Globule

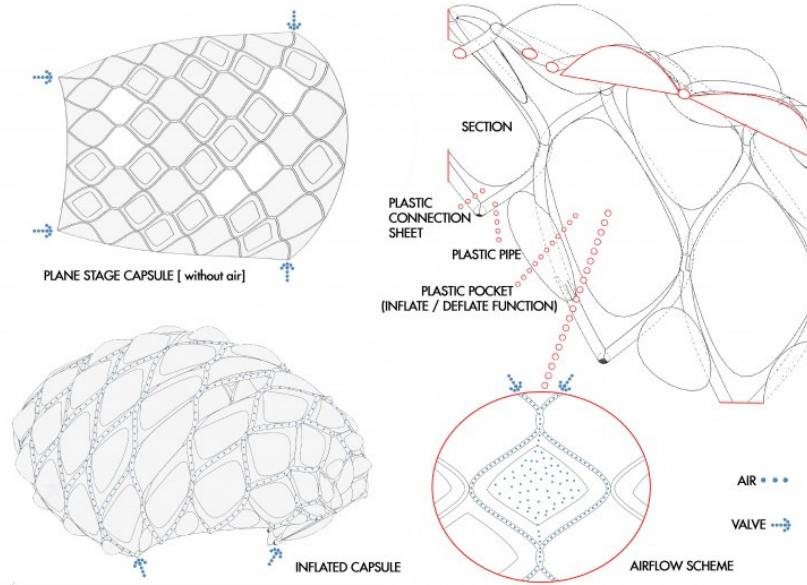
Giombattista Areddia, Luis Leon Lopez, Mohamad Yassin, Renata de Castro Lotto (IAAC)

Globule Pavyonu Park de la Alameda’da konumlandırılmış insan hareketlerine ve yoğunluğuna göre renk ve boyut değiştirebilen, pnömatik ve yarı-geçirgen bir strüktürdür. Tasarıma düzenli bir grid ile başlanarak asıl biçim elde edilmiştir.



Şekil 4.18: Başlangıçtaki düzenli örüntü ve dönüşümü (Url-47).

Tasarımda kullanılan örüntü “urodid güvesinin” kozasından esinlenerek tasarlanmıştır. Bu koza etrafındaki insanlarla ve çevreyle sürekli etkileşmektedir. Aynı bu doğal örüntüde olduğu gibi, projede de etrafındaki insanlara göre biçimlenen bir kapsül tasarlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.19: Strüktürün şişip, sönmelerini sağlayan pnömatik sistem (Url-47).

Yakınlık ve ses sensörleri yardımıyla insan etkileşimi sağlayan pavilyonun insan sayısı arttığında genişlemesini sağlamak amacıyla kullanılan Arduinio, hava akışını arttırmaktadır. Işık değişimi ise, konuşan insanların ses frekansına bağlı olarak sıcak renklerden soğuk renklere doğru değişim göstermektedir.



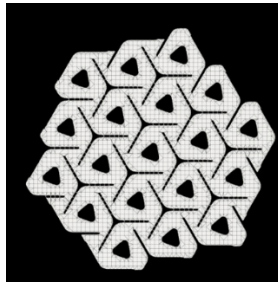
Şekil 4.20: İnsan yoğunluğu arttığında maksimum boyutlarına ulaşan ve sıcak renkler yansıtan pavilyon (Url-47).

Bu proje, strüktürü oluşturan örüntüyü yine doğada olduğu gibi etkileşimli bir şekilde ele alması ve bir durumdan diğerine uyarılara bağlı olarak değişim gösteren bir sistem olarak tasarlanması açısından önemlidir. Bu sayede, insan sayısına göre değişebilen esnek mekanlar elde edilebilecek, öte yandan renklerle insan psikolojini etkileyen ya da yapının karakterini dışa vuran yüzeyler oluşturulabilecektir.

4.2.5 Örnek 5: M.P.M.S. Micro Pneumatic Macro Structures

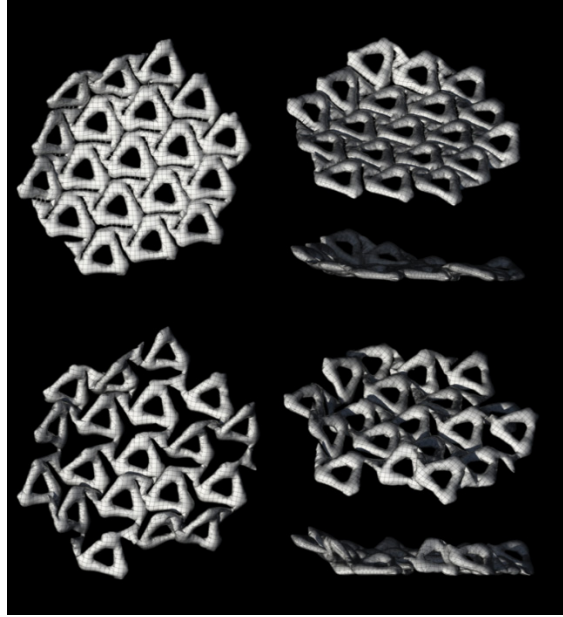
IMD _Institute of Media and Design

Projenin amacı, küçük ölçekteki şişirilebilir modüller kullanarak daha büyük ölçekte hafif bir strüktür elde etmektir. Küçük modüller halinde tasarlanan bu strüktür, parçaların herhangi birinin zarar görmesi durumunda tüm bir sistemin yıkımını engelleyecektir. Öte yandan, küçük ölçekteki bu modüller, daha yerel bazdaki güneş, rüzgar ve medya gibi çevresel değişimlere tepki verebilecektir (Url-48).



Şekil 4.21: Pnömatik strüktürde kullanılan örüntü (Url-48).

Oluşturulan örüntünün sönük durumunda 2 boyutlu bir halde olmasına dikkat edilmiştir (şekil 4.21). Dijital olarak Rhinoceros Grasshopper programında tasarlanmıştır.



şekil 4.22: rntnn iki boyuttan üç boyuta kaldırılması (Url-48).

şekil 4.22’de görüldüğü üzere, mikro ölçekteki modüllere uygulanan farklı kuvvetler farklı örüntü karakterleri ortaya çıkarmaktadır. Lokal bazda, çevresel uyaranlara bağlı olarak gerçekleşen şişirme ve sndrmeler, tüm bir strüktürün her noktasında farklı mekan üretmesine neden olmaktadır.



şekil 4.23: rntnn, üretilmiş hali (Url-48).

retiminde, teknoloji olarak ultra-sonik kaynak araçları, malzeme olarak PVC kullanılmıştır. Üretim aşamaları malzemenin örüntü ile beraber değerlendirilmesi bakımından önemlidir (şekil 4.23).

Proje, küçük modüllerden büyük ölçekli bir strüktür üretmesi ve böylece doğal sistemlerde bulunan uyaranlara yerel ölçekte tepki verilmesi davranışının strüktüre entegrasyonu bakımından önemlidir.

4.3 Yüzey Kaplama (Tiling)

Yüzey kaplama anlamında örüntüler, özellikle bina cephelerinde kullanımlarıyla yapıların karakterlerini oluşturmuşlardır. Yüzey kaplamanın bir alt başlığı gibi düşünülebilecek süslemenin, Modernizm döneminde mimarinin dışında görülmesi durumu, Alexander tarafından yeni bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Bu bakış açısına göre, süslemenin fonksiyonunun anlaşılması için, genel anlamda mekanın doğası anlaşılmalıdır. Mekanın her bir parçası daha büyük bir bütünü oluşturmak için bir araya gelir ve bu nedenle bu parçaların birleşimi ve dolayısıyla bu parçaların sınırları önemli hale gelir (1977). İşte bu nedenledir ki, yüzey örüntüleri, bir yüzeyin belirli birimlerin biçimleriyle ve bu biçimlerin sınırlarıyla doğrudan ilişkili bir problemin çözümünü kapsar.

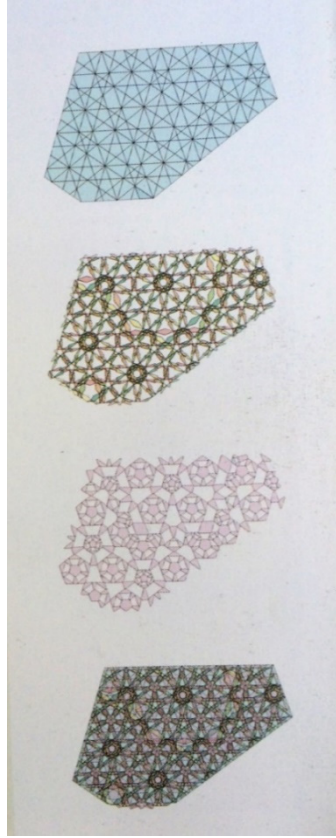
Yüzey kaplama başlığı altında incelenecek örüntüler, yapının cephe gibi belirli bir kısmında kullanılmış, genelde iki boyutlu olarak bir yüzeyin kaplanması işlemi sonucu oluşmuş örüntülerdir. Bazen, bu iki boyutlu kaplama işleminin, Atrium at Federation Square binasında olduğu gibi birkaç katmanla desteklendiği de görülmektedir. Yüzey kaplama, yapay örüntüler bölümünde de bahsedildiği gibi, periyodik, aperiyojik ve rastlantısal olmak üzere farklı seviyelerde karmaşıklık içerir biçimde gerçekleşebilmektedir. Matematikten farklı olarak mimaride örüntüler, yüzey örüntüleri, malzeme, renk ve ışık geçirgenliği gibi farklı parametrelerle zenginleştirilerek kullanılmış ve yapının kimliğini doğrudan etkilemişlerdir.

4.3.1 Örnek 1: Battersea Enerji İstasyonu

Arup Agu

Battersea Enerji İstasyonu'nun nazım planının bir parçası olan konser salonu, eğimli araziye gömülü olarak tasarlanmıştır. Tiyatro salonu ve fuayenin çatısı, enerji kazancının göz önünde bulundurulmasıyla geçirgen bir şekilde tasarlanmıştır. Biçimin

oluşturulmasında kristallerin ve kuaskristallerin (quasicrystals) yapısında bulunan paketleme (packing) strüktürlerinden faydalanılmıştır.



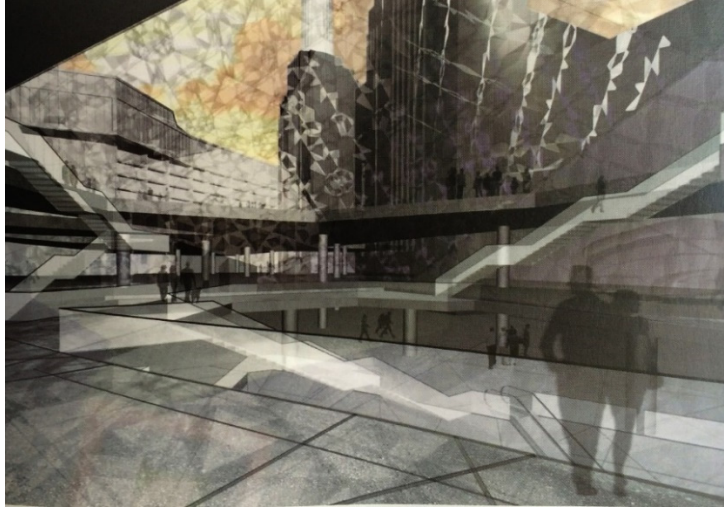
Şekil 4.24: Kristal strüktürün uzay kafes sistemi (Burry & Burry, 2010).

Tekrarlı olmayan “Danzer Aperiyojik Örüntüsü” burada üç boyutlu olarak kullanılarak tasarımın bir parçası haline getirilmiştir. Bir önceki bölümde bahsettiğimiz gibi aperiyojik örüntüler, periyotları büyük olduğundan düzensiz bir görünüm sergilerler, ancak oldukça kurallıdır. Bu örüntü sistemi kullanılarak yeni bir ızgara ve bu ızgara arasında ön görülemez boşluklar meydana getirilmiştir. Oluşturulan bu örüntü ile elde edilen kristal strüktürün uzay kafes sistemi her bir yüzeyi cam kaplı 14 polihedradan oluşmaktadır (Şekil 4.25).



Şekil 4.25: Mekanı Amman düzlemleriyle bölerek oluşturulmuş 14 polidehral karo (Burry & Burry, 2010).

Oluşturulan örüntü, bir yandan taşıyıcı bir karakter taşıırken öte yandan geometrik yapısı gereği ışığı değişik açılarda kırarak Şekil 4.26'da gösterilen mekanı oluşturmaktadır.



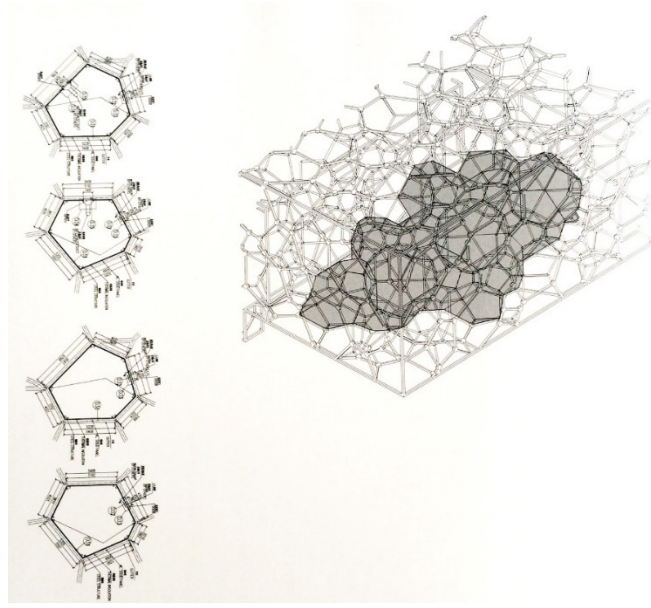
Şekil 4.26: Fuayenin içinden görünüm (Burry & Burry, 2010).

Proje, 2 boyutlu aperiodyk örüntüyü 3. boyuta taşıyarak strüktürel bir kabuğa dönüştürmesi bakımından önemlidir. Örüntü, düzgün geometrilerden oluştuğu için uygulama esnasında, malzeme ve taşıyıcılık anlamında hesaplanabilir olacaktır.

4.3.2 Örnek 2: The Water Cube

PTW Architects

2008 Beijing Olimpiyatları için tasarlanmış su sporları merkezleri, işleviyle uyumlu şekilde, su moleküllerinden esinlenilerek tasarlanmıştır. Binanın ağırlığını ve enerji kaybını azaltmak için malzeme olarak ETFE kullanılmıştır. Dış yüzeye kaplanmış olan ETFE ile iç mekan arasındaki üç boyutlu alanı kaplayacak strüktür için matematikten ödünç alınan “kristal paketleme” örüntüsünden yararlanılmıştır. Doğal örüntüler bölümünde detaylı bir biçimde açıklanmış olan sabun köpüğünün kristal yapısı ve strüktürel özellikleri incelenmiş ve tasarıma aktarılmıştır.



Şekil 4.27: Çeşitli boyutlardaki her bir hücrenin uygulama çizimi ve restoran bölümünün izometrik çizimi (Burry & Burry, 2010).

Sabun köpüğü deneyleri, 1887’de Lord Kelvin tarafından ortaya atılan, benzer hücrelerin minimum yüzey alanına sahip, uzay (mekan) doldurma düzenlemesi nedir sorusunun kaynağı olmuştur. 1993’te Weaire and Phelan’ın ortaya koydukları modelde, bu sorunun cevabı, sekiz adet düzensiz çokyüzlünün (altı adet on dört yüzlünün ve iki adet on ikiyüzlünün) tekrar etmesi olarak açıklanmıştır. Bu projede, bu çokyüzlülerin kenarları, Vierendeel uzay-kafes sisteminin çelik strüktürünün merkez kenarlarını oluşturmaktadır.



Şekil 4.28: Strüktür ve kaplaması (Url-49).

Dijital tasarım modelinde, çokyüzlü köpük hücreleri, yatay ve dikey olarak dizilerek, diyagonal aks etrafında 60^0 döndürülmüşlerdir. Oluşturulan bu dizi, daha sonra, düzlemlerle kesilerek cephe kabuğu oluşturulmuştur. Sadece restoran kısmında, üç boyutlu köpük strüktürünü görmekteyiz.

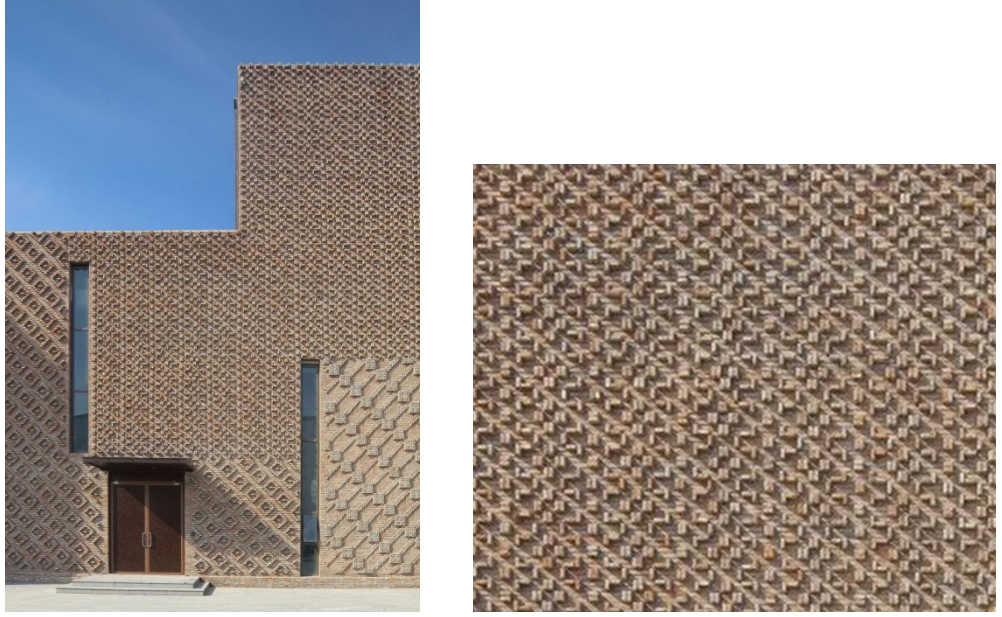


Şekil 4.29: Strüktürün kesitini gösteren maket (Url-50).

4.3.3 Örnek 3: Pavillion 4

HMA

Bir önceki bölümde bahsedilen domino örüntüsüne örnek olarak, HMA'nın Pavillion 4 isimli projesi verilebilir (Şekil 4.30). Pavillion 4'ün cephesinde tuğlalardan oluşturulmuş birçok örüntü yer almaktadır. Tuğla geometrisi gereği yapı alanında eski dönemlerden beri kullanılır olmakla beraber, bu projede, dikdörtgenler prizması olan tuğla, yatay ve düşey olmak üzere içerdiği iki farklı durum rastlantısal olarak seçilerek kullanılmış ve yapının karakterini oluşturmuştur.



Şekil 4.30: Pavillion 4 binasının ön cephesi (Url-51).

4.3.4 Örnek 4: Atrium at Federation Square

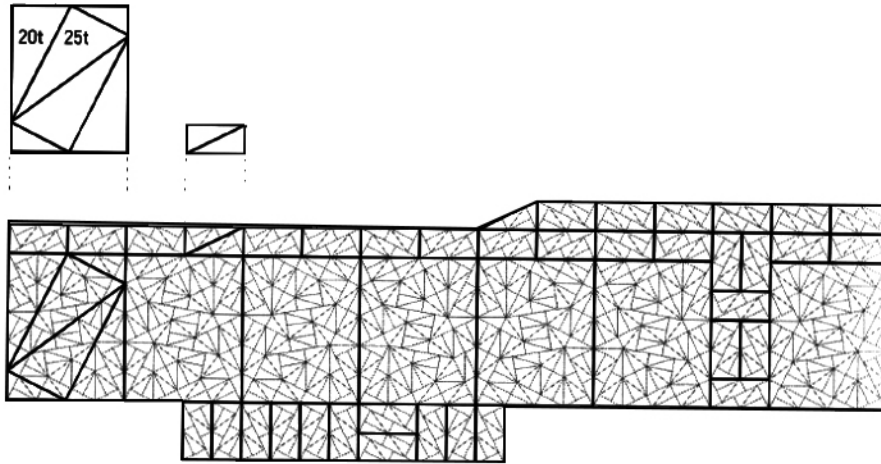
LAB + Bates Smart

Bir önceki bölümde bahsedilen çarkıfelek örüntüsünün bir örneği olan proje, iki boyutlu düzlemde sadece renk ile yakalanabilen rastlantısallığı mimari alanda, hem renk hem malzeme farklılaşmasıyla genişletmiştir. Bu sayede, bina kabuğunda karmaşık bir etki yaratılmıştır (Şekil 4.31).

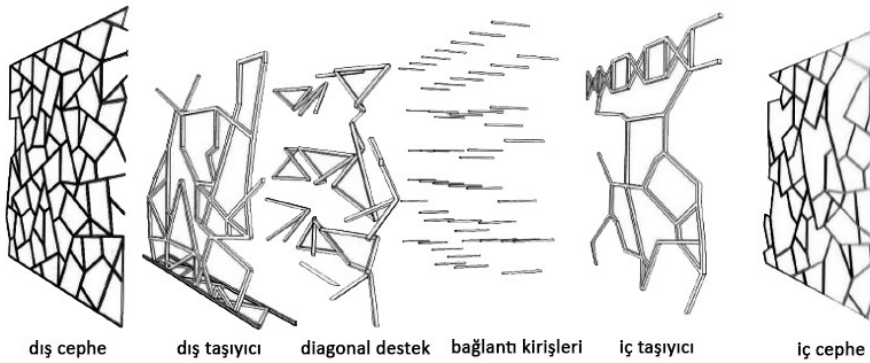


Şekil 4.31: Atrium at Federation Square binasında çarkıfelek örüntüsünün kullanımı (Url-52).

Şekil 4.32’de ise çarkıfelek örüntüsünün bina cephesinde tanımlanan bölümlere göre yerleştirilmiş hali görülmektedir. Binanın biçimine göre örüntü yer yer genişletilmiştir.



Şekil 4.32: Çarkıfelek örüntüsünün kurallarına göre cephenin parçalara ayrılması (Moussavi, 2006).



Şekil 4.33: Cephenin katmanlarını gösteren diyagram (Moussavi,2006).

Bu projede, örüntünün tekrarlı olmama haline ek olarak örüntü iki katmana ayrılarak örüntüyü oluşturan elemanların rastlantısal olarak içte ya da dışta olma hali nedeniyle de bir kaotik durum oluşmuştur. Ayırıştırılan bu iki katman diyagonal desteklerle birbirine bağlanmıştır (Şekil 4.33). Dış cephe kendi başına binanın kaotik kimliğini oluştururken, iç cephedeki farklılaşmalar da mekanların karakterini tanımlamıştır. Bu örnekte, rastlantısallığın iki boyuttan üç boyuta taşınması ve taşıyıcı özelliklerle zenginleştirilmiş olması söz konusudur.

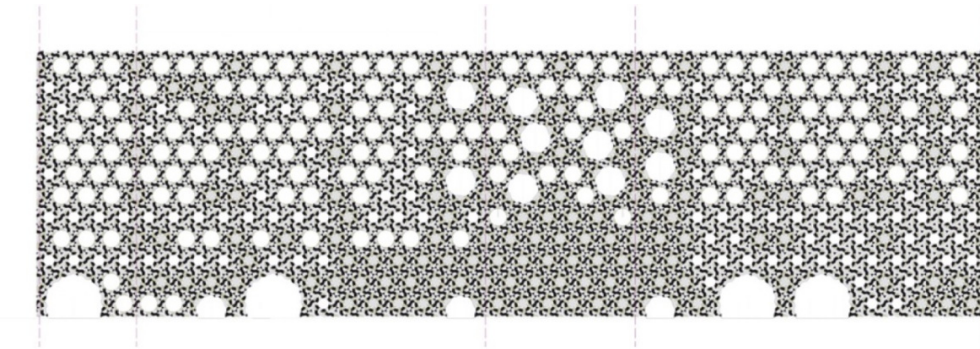
4.3.5 Örnek 5: Ravensbourne Campus

FOA

Penrose örüntüsü, FOA'nın Ravensbourne Campus binasının cephesinde renk ve malzeme farklılılarıyla da zenginleştirilerek cephe kaplaması olarak kullanılmıştır. Burada daha özel bir durum olarak, cephede yer yer açılan boşluklar sayesinde örüntünün parametreleri arasına iki boyutlu matematiksel örüntülerden farklı olarak geçirgenlik de girmiş oldu.



Şekil 4.34: Ravensbourne Campus cephesinde kullanılmış olan Penrose örüntüsü.(Url-53)

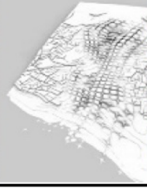


Şekil 4.35: Ravensbourne Campus güney cephesi görünüşü (Url-54).

Şekil 4.35'teki kampüs binasına ait güney cephesinde görüldüğü üzere, Penrose örüntüsünün halihazırda sağladığı tekrarlı olmama durumu örüntünün belli kısımlarının silinmesi ile şeffaflık sağlama amacıyla arttırılmıştır. İç mekanın ihtiyaçlarına göre belirlenen bu doluluk-boşluk oranları, aynı zamanda, binaya kendine özgü bir kimlik katmıştır.

Yukarıda bahsedilen tüm bu örnekler örüntünün uygulama alanı, karakteri, örüntüye etki eden etmenler ile eğer üretildiyse kullanılan malzeme ve mekanizma gibi başlıklar altında incelenerek Çizelge 4.1 'de görülen tabloya ulaşılmıştır.

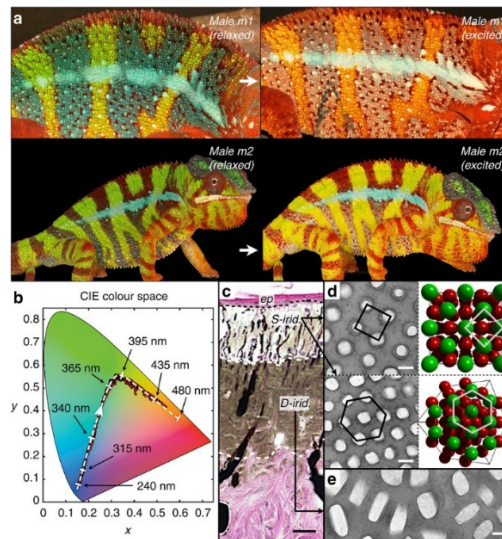
Çizelge 4.1: Örnek analizleri tablosu.

													
	Expo 2010	Kartal-Pendik Nazım Planı	Fibrosity	Mobilizarte	UK Pavillion Expo 2015	Open Columns	Globule	M.P.M.S.	Battersea Enerji İ.	The Water Cube	Pavillion 4	Atrium at Federation	R. Campus
Tasarımcı	DRL Egloo	Zaha Hadid Arc.	Cam Newman	Frentes+ Pax. Arq	Wolfgang Buttress	Omer Khan	Areddia, Lopez, Yassin, Lotto	IMD	Arup Agu	PTW Architects	HMA	LAB + Bates Smart	FOA
Uyg. Alanı	Kentsel	Kentsel	Kentsel+ Altyapısal	Strüktür	Strüktür	Strüktür	Strüktür	Strüktür	Bina Cephesi	Bina Cephesi	Bina Cephesi	Bina Cephesi	Bina Cephesi
Örüntü	Ağ sistemi	Periyodik-Grid	Akışkanlar	Periyodik Örgü	Balonlar	Periyodik Örgü	Periyodik Grid	Periyodik Grid	Aperiyodik - Grid Danzer	Balonlar	Aperiyodik - Grid Domino	Aperiyodik - Grid Çarkıfelek	Aperiyodik - Grid Penrose
Yöntem	DLA Algoritması	Etmen Tabanlı	Etmen Tabanlı	Etmen Tabanlı	Etmen Tabanlı	Etmen Tabanlı	Etmen Tabanlı	Etmen Tabanlı	Biçim Gramerleri	Biçim Gramerleri	Biçim Gramerleri	Biçim Gramerleri	Biçim Gramerleri
Kullanılan Yazılım	Maya+Kod	Maya+Kod	Rhinoceros Grasshopper+ Processing	-	Autodesk Inventor	-	Rhinoceros Grasshopper+ Arduinio	Rhinoceros Grasshopper	-	The Surface Evolver+Strand 7	-	-	-
Etkenler	Petri kabındaki yapışkan deneyleri	Ulaşım aksları + İnsan hareketi	İnsan hareketi+ Gürültü kontrolü	Güneş hareketleri + İşlev	Arı davranışları	CO ₂ seviyesi + İnsan sayısı	İnsan sayısı	Güneş+ Rüzgar+Medya	Güneş+ Yansıma	Strüktürel kararlılık	Strüktürel kararlılık	Strüktürel kararlılık	Strüktürel kararlılık
Malzeme	Sembolik	Sembolik	Sembolik	Membran	Aluminyum + Çelik	Üretan Elastomeri	Yarı geçirgen plastik	PVC	Kristal	ETFE	Tuğla	Çinko+ Kumtaşı +Cam	Anotlanmış alüminyum
Mekanizma	Statik	Statik	Statik	Pnömatik	Hoparlör + LED	Asma germe sistem	Pnömatik + Sensör	Pnömatik	Statik	LED	Statik	Statik	Statik

5. DOĞADAN ESİNLİ İNTERAKTİF BİNA KABUĞU TASARIMI İÇİN ÖRÜNTÜYE DAYALI BİR MODEL

5.1 Modele Esin Kaynağı Olan Doğal Süreçler

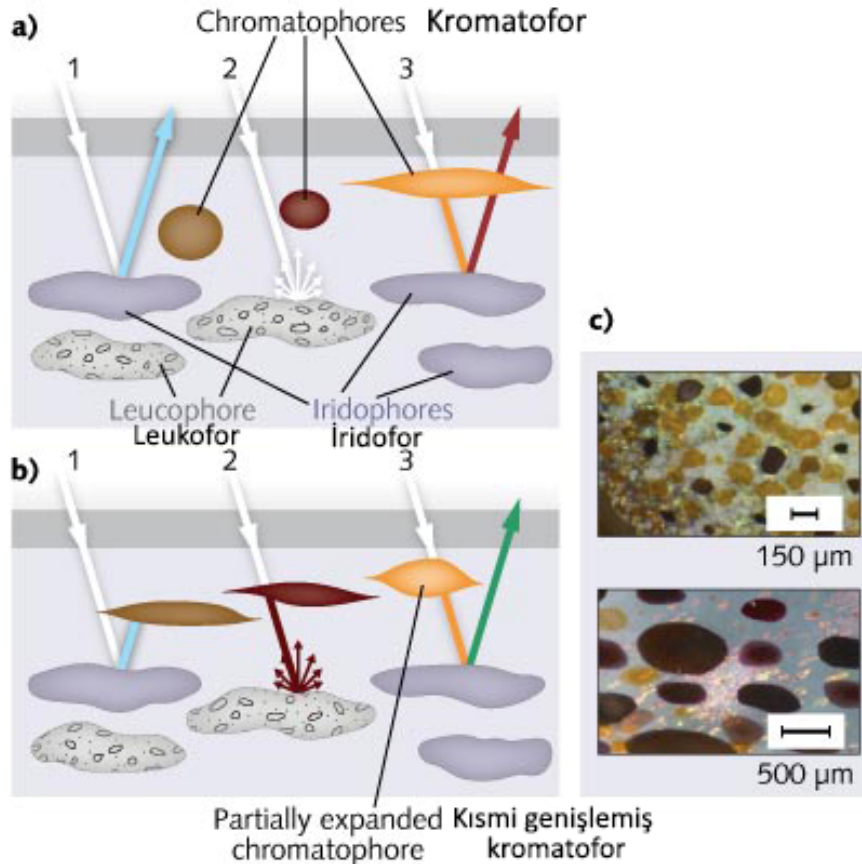
Canlılar, yaşamlarını devam ettirmek için birçok yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemler, bazen canlıyı üreme gibi amaçlar doğrultusunda belirgin hale getirmeye, bazense tehlikelerden korunma amaçlı kamufle etmeye yöneliktir. Bu durum, özellikle bukalemun gibi canlılarda, görsel etkilerin ötesine geçerek performansa dayalı birtakım özellikler de kazanmıştır. Bu hızlı renk değiştirme, genel olarak deri üzerindeki kromatoforların içerisinde bulunan renk pigment organellerinin ayrışması ya da bir araya toplanması olarak yorumlanmaktadır. Oysaki yapılan incelemeler sonucunda, bukalemunlardaki renk değişiminin iridoforların kalın katmanının içerisinde bulunan nanokristal kafesin aktif ayarlaması olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda, iridoforlar, güneş ışığını yansıtarak canlının deri sıcaklığını ayarlamasına yardımcı olmaktadır. İki üst üste getirilmiş katman sayesinde, hem verimli bir kamuflej hem de pasif bir ısı koruması sağlanmaktadır (Teyssier & diğerleri, 2015).



Şekil 5.1: Bukalemunda renk değişimi (Teyssier & diğerleri, 2015).

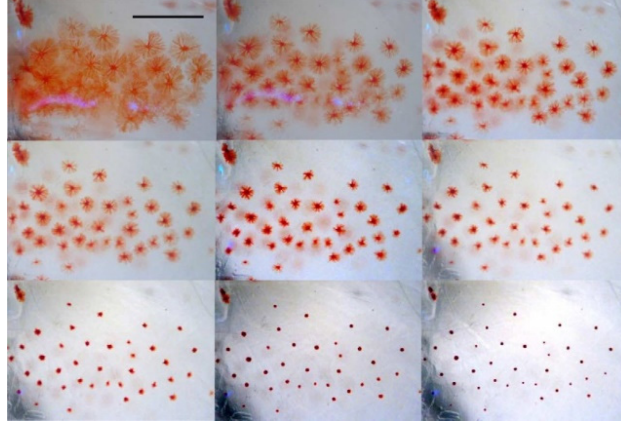
Şekil 5.1’de görüldüğü üzere, bukalemun heyecanlı ve sakin olduğu anlarda farklı deri renklerine sahiptir. Bu renk değişimi, kromatoforların kafes dizilimini değiştirmesi ile gerçekleşir.

Bukalemun dışında, kafadan bacaklılar ailesine mensup mürekkep balığı da deri rengini, şeffaflığını, yansıtıcılığını ve hatta biçimini değiştirerek hayatta kalan canlılardandır. Mürekkep balığının dış yüzeyinde bulunan ve birkaç katmandan oluşan sistem Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Renk filtresi olarak görev yapan ve boyutlarında değişiklik gösteren kromatoforlar balığın dış yüzeyine yakın konumda bulunmaktadır. Bu hücreler şişik durumda ise ışığı kendi bünyelerinden geçirerek bir alt katmanda bulunan iridoforlara iletirler. Bunlar gelen ışığı geliş açısına bağlı olarak yansıtırlar. Yansıtma durumunda kromatoforların şişme büyüklükleri ortaya çıkan rengi etkilemektedir. Eğer, kromatoforlar şişkin durumda değil ise gelen ışık leukoforlar (beyaz yansıtıcı hücreler) yardımıyla beyaz olarak yansıtılır. Sistemin çalışmasında renkler dışında, mekanik olarak çalışan kas sistemi ve tüm sistemin katmanlı yapısı da işlev görmektedir.



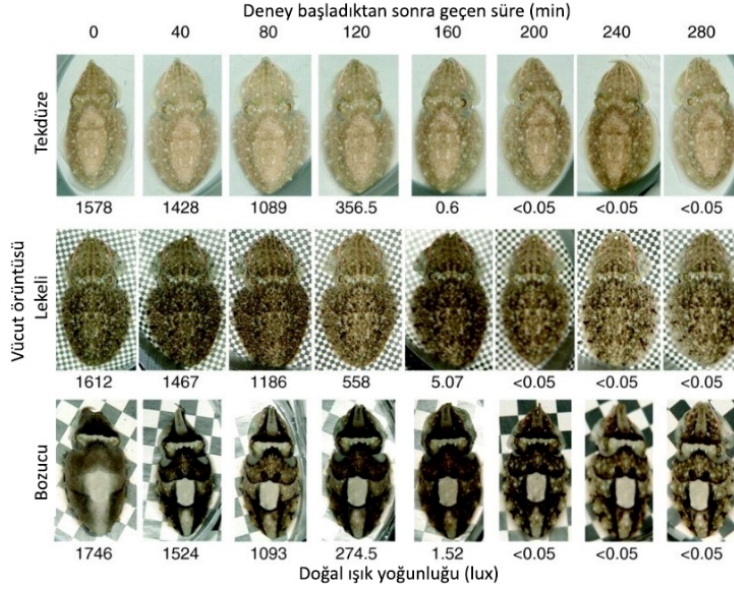
Şekil 5.2: Kafadan bacaklıların derisindeki kromatoforların çalışma prensibi (Url-55).

Mürekkkep balığı dışında “Antarctic krill” olarak isimlendirilen bir tür deniz canlısı da dış yüzeyindeki renk ve şekilleri değiştirebilmektedir. Şekil 5.3’de görüldüğü üzere bu değişim, şişme bir sisteme benzer şekilde, büyüyüp küçülen kromatoforların kaslar yardımıyla hareketi sayesinde gerçekleşmektedir. Büyüyen kromatoforlar, taşıdıkları rengi canlı derisinde baskın konuma getirmektedirler. Her bir kasılma durumunda birbirinden farklı karakterde örüntüler meydana gelmektedir.



Şekil 5.3: “Antarctic krill”in renk değişim mekanizması (Url-56).

Yukarıda bahsettiğimiz, doğal ortamlarında biçim ve renk değişimi gerçekleştiren canlılar ile yapay ortamlar oluşturularak birtakım deneyler yapılmıştır. Örneğin, mürekkep balığı ile yapılan deneylerde, arka plan ve ortam ışığı zaman içerisinde değiştirilerek canlının gerçekleştirdiği örüntü değişimleri kaydedilmiştir. Tek renge sahip yüzeylerde eşit dağılımlı bir örüntüye sahipken kontrastı yüksek yüzeylerde önce lekeli, ardından bozucu (disruptive) bir örüntüye bürünmüştür. Yapılan deneylerde, mürekkep balığının kontrastı oldukça yüksek yüzeyler üzerinde bile kamufle olabildiği gözlemlenmiştir (Şekil 5.4).



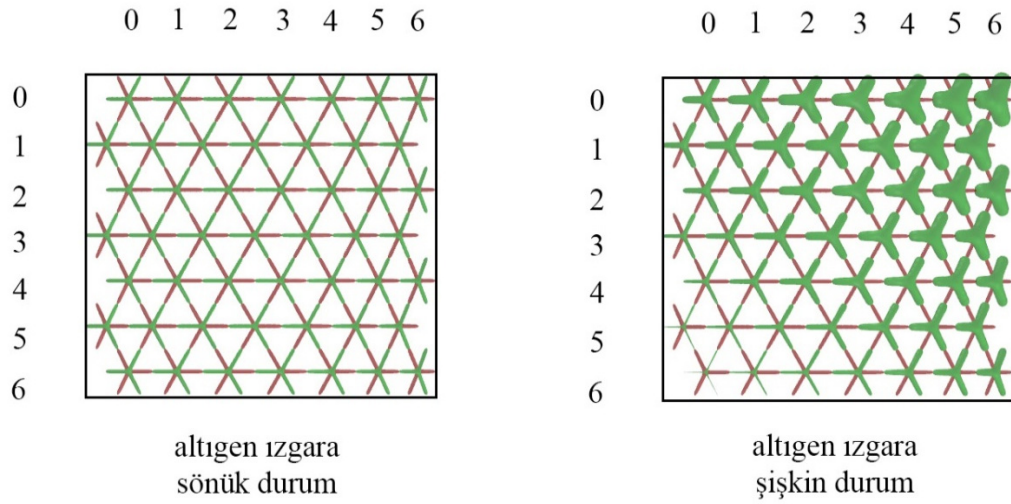
Şekil 5.4: Mürekkep balığının arka fona bağlı, dış yüzeyindeki örüntü değişimi (Url-57).

Canlıların dış yüzeylerinde gerçekleşen bu renk ve biçim değişimleri, bu tezin bölüm 3.1.6'da açıklandığı üzere, bir iletişim ve kamuflaj unsuru olarak görev yapmaktadır. Bu doğrultuda, bina kabuğu ile bahsettiğimiz canlılar arasında analogik bir ilişki kurulursa, bina kabuğunun da bulunduğu çevreye yer yer uyum sağlaması, yer yer de kendi kimliğini yansıtacak biçimde belirginleşmesi söz konusu olabilir. Bu noktada, bina kabuğunun yalnızca sabit ve belirli koşullara göre değil, değişen ve dönüşen çevre koşullarına uyum sağlaması beklenmektedir. Tez kapsamında geliştirilen parametrik modelin, güneş ışığının geliş açıları, insan yoğunluğu ve hareketine bağlı sıcaklık değişimleri ve binanın bulunduğu görsel çevrenin renk ve yapısından etkilenmesi kararlaştırılmıştır.

5.2 Örüntü Tabanlı Kabuk Tasarımı

Bu tez kapsamında, yukarıda bahsettiğimiz canlıların derilerinde renk ve biçim değişimine neden olan kas sistemi gibi şişerek ve sönerek çalışan, altıgen bir ızgaradan seçilen belirli köşegenlerin birleştirilmesiyle oluşturulan modüller yardımıyla doğadan esinli bir örüntü tasarlanmıştır (Şekil 5.5). Altıgen ızgara, doğada arı peteklerinde yer alan minimum malzeme ile maksimum hacim elde edilmesini sağlayan kararlı ve düzenli bir geometri olması açısından modelin başlangıç biçimi olarak seçilmiştir. Düzenli bir ızgara seçilmesinin nedeni ise, örüntü biçimlenmesinin doğada olduğu gibi, düzenli bir geometriden belirli etkenlere bağlı olarak değişim göstererek

şekillenmesinin kararlaştırılmış olmasıdır. Bu tez kapsamında tasarlanan modüller, voksel bir sistemdeki LED birimler gibi çalışmaktadır. Bu modeldeki matris üzerine yerleştirilmiş olan pikselleri sadece LED'ler değil, pnömatis olarak şişip sönen modüller oluşturmaktadır. Önerilen bina kabuğu, alt ve üst olmak üzere iki katmandan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Bu katmanlar, bahsedilen canlıların, farklı katmanlardan oluşan dış yüzeyleri gibi çalışmakta ve farklı uyaranlardan etkilenecek farklı işlevlere cevap vermektedirler.

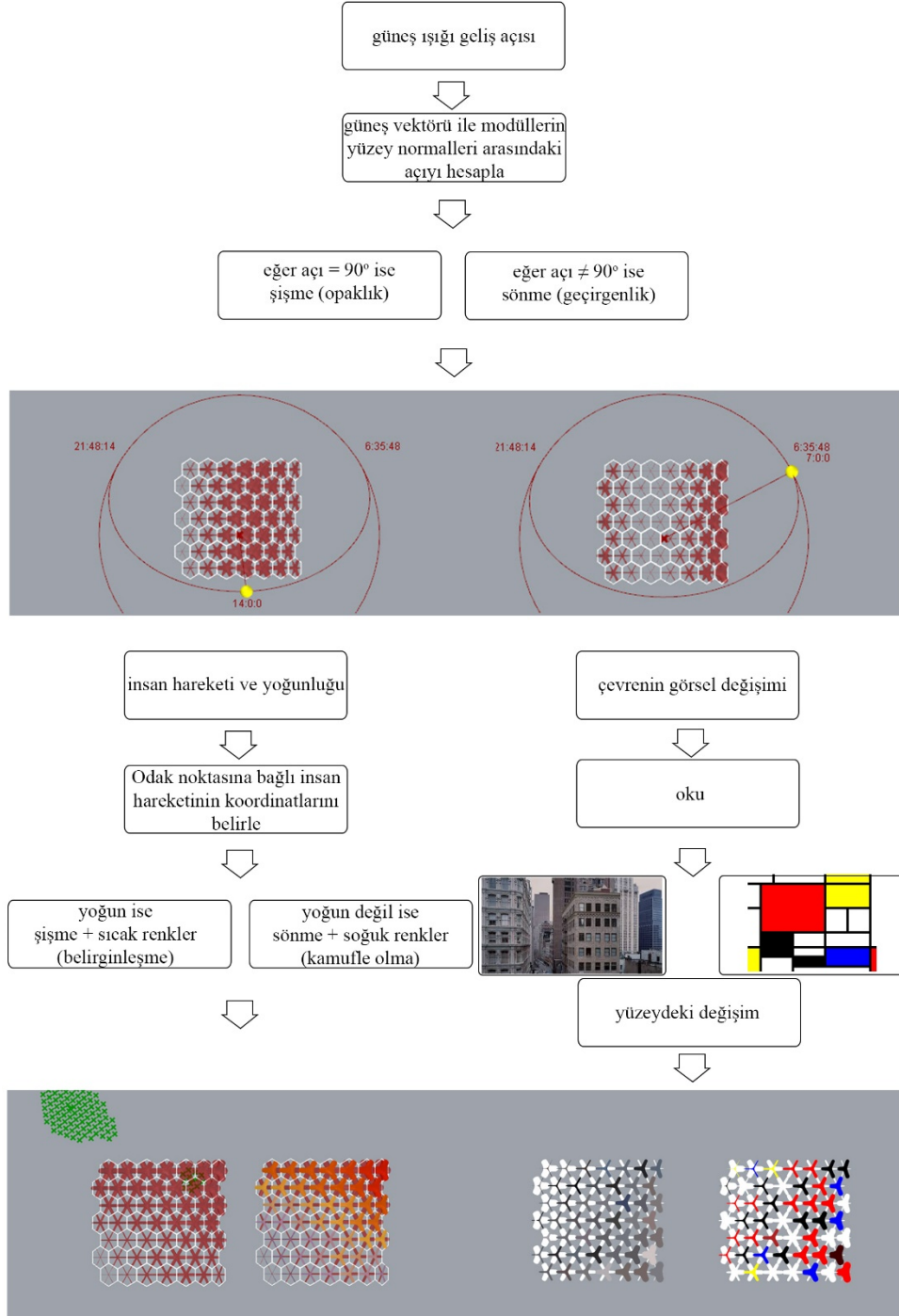


Şekil 5.5: Örüntü biçimlenmesini gösteren diyagram.

Örüntüyü oluşturan ve her biri pnömatis özelliğe sahip modüller, sönük durum olarak tanımlanan başlangıç durumunda, altıgen bir kafes sisteminden türetilmiş düzenli bir örüntü halindedirler. Şekil 5.5'te görüldüğü üzere, örüntü, uyaranlara bağlı olarak düzenli durumdan düzensiz duruma geçmektedir. Bu model kapsamında kullanılan etkenler, güneş, insan hareketleri ve değişen çevrenin görüntüleridir. Bu etkenler, modele esin kaynağı olan canlıların davranışlarından yola çıkarak belirlenmiştir. Modelin yüzey renginin değişimini sağlaması açısından ışık, dolayısıyla güneş ve çevrenin örüntü karakteri kullanılmıştır. Canlıların sakin ya da heyecanlı olma durumlarına bağlı olarak gerçekleşen deri değişimleri ise, yapı kapsamında, yapının kullanımı yani insan hareket ve yoğunluğuyla ilişkilendirilmiştir.

Modelde, altta bulunan katman ışığa duyarlı hareket ederek iç mekan konforunu sağlamaktadır. Şekil 5.6'da detaylı biçimde gösterildiği üzere güneş geliş açısına bağlı olarak şişip sönen modüller kabuğun geçirgenliğini kontrol etmektedirler. Üstte

bulunan katman ise ortam renk örüntüsüne göre tepki vermektedir. Aynı zamanda, bir deri gibi çalışan bu kabuk, koyu renklere bürünerek soğukta ısı tutuculuk, sıcakta ise, yansıtıcılık sağlayabilmektedir. İstenirse bu ikinci katman, belirli bir görselin renk değerleriyle de uyumlu çalışabilmektedir. Tüm bu renk bilgisi, web cam aracılığıyla elde edilecek ya da doğrudan seçilen görüntünün piksel bilgisinin okunması ile modele aktarılmaktadır. Binanın çevresiyle iletişimini de kontrol eden bu en dış katman, iç mekandaki insan yoğunluğuna bağlı olarak sıcak renklere soğuk renklere uzanan bir aralıkta ışık yayarak bir çekim merkezi oluşturabilecektir. Bu sayede, bina kabuğu bir medya cephesi işlevi görebilecektir. Aynı zamanda, bina kabuğunun bütünlüğü içerisinde hareketli yani yoğun, hareketsiz yani تنها bölgeler, bina kabuğunun dış yüzeyine yansıtılabilecektir. Bina kabuğunun işlevine bağlı olarak, bu değişimler, çevredeki ilgiyi çekmek için ya da örtü altındaki bir etkinliğin habercisi olarak kullanılabilir. Bu durum Şekil 5.6'da gösterilen ve belirlenen odak noktalarını takip eden insanların konumunun veri olarak kullanılması ile oluşmaktadır. Bukalemunun heyecanlı olduğu anlarda, sıcak renklere dönen deri rengine benzer biçimde tasarlanan örüntü, yapı içerisindeki aktif ve pasif noktaların bir göstergesi olabilecektir. Bahsedilen etkenler, farklı kombinasyonları üretebilecek biçimde de kullanılabilir.



Şekil 5.6: Kabuğun çalışma prensibini gösteren diyagram.

5.3 Kullanılan Yöntem ve Araçlar

Modelin tasarım sürecinde, Rhinoceros ve eklentisi Grasshopper kullanılmıştır. Rhinoceros, çeşitli alanlarda kullanılan modelleme ve analiz programıdır. Eklentisi Grasshopper sayesinde, parametrik bir karakter kazanan Rhinoceros, Grasshopper

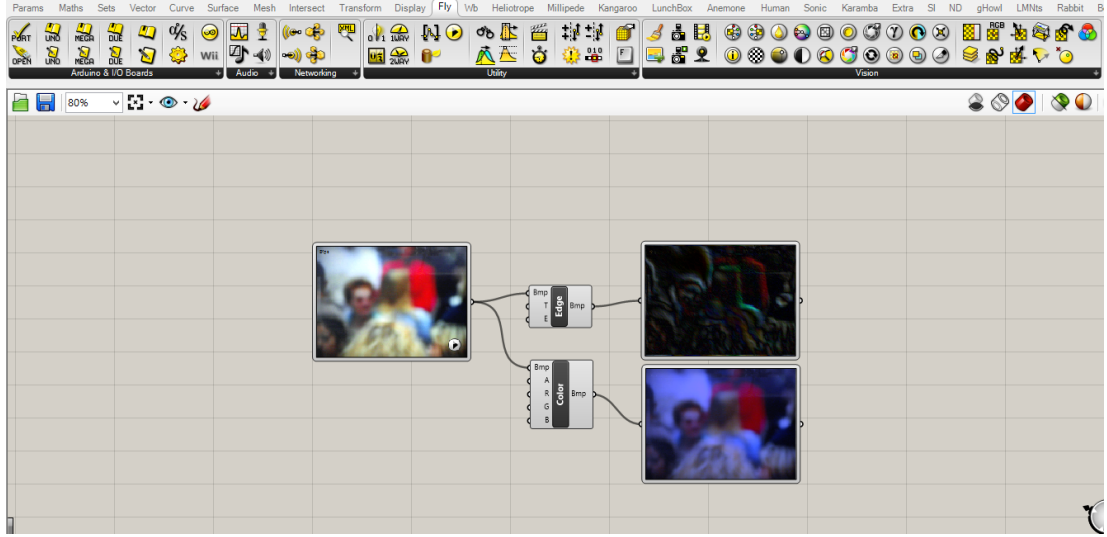
üzerine eklemlenen diğer eklentilerle de birçok hesaplama ve modellemeyi yapabilir konuma gelmektedir.

Kullanılan eklentilerden ilki, canlıların iskelet sistemi gibi belirli kalınlığa ve düğüm noktalarına sahip ağ sistemlerini modellemede kullanılan Exoskeleton'dır. Bu eklenti, verilen bir tel kafes sisteminin her bir kenarının kalınlığı ile birleşim noktalarının boyutlarını kontrol etmektedir. Bu tez kapsamında tasarlanan modelde, bu eklentiden altıgen ızgaranın dönüşümü ile elde edilen modüllerin şişme ve sönme durumlarının kontrolünde faydalanılmıştır.

Modüllerin boyutları bu şekilde oluşturulduktan sonra ortaya çıkan örüntü Mesh tabanlıdır. Bu Mesh'in daha yumuşatılmış kenarlara sahip olması için yine Grasshopper üzerinden erişilen Weaverbird eklentisi kullanılmıştır. Weaverbird, Mesh tabanlı tüm geometrilerin yüzey, kenar ve köşe noktalarını düzenleme işlemleri yapmak için geliştirilmiştir. Bu eklenti sayesinde, oluşturulan ve yumuşatılan Mesh, yine belirlediğimiz değişkenlere göre gradiyent biçimde boyanıp tekrar oluşturulabilmektedir.

Çevre renk değişimini okumak üzere kullanılan Firefly eklentisi sayesinde, her türlü ses ve görüntü eş zamanlı olarak Grasshopper'a aktarılabilir. Firefly, içerisinde barındırdığı bileşenler yardımıyla bilgisayara bağlı web kamerasına ulaşarak ortam görüntülerini dijital ortama aktarmaktadır. Bu aktarımdan sonra, çeşitli Bitmap analiz bileşenleri kullanılarak elde edilen görüntünün renk değerleri okunarak tasarıma aktarılabilir. Bu sayede, ortamda yaşanan değişimler, eş zamanlı olarak sayısal düzleme ve dolayısıyla tasarlanan modele yansıtılmış olur.

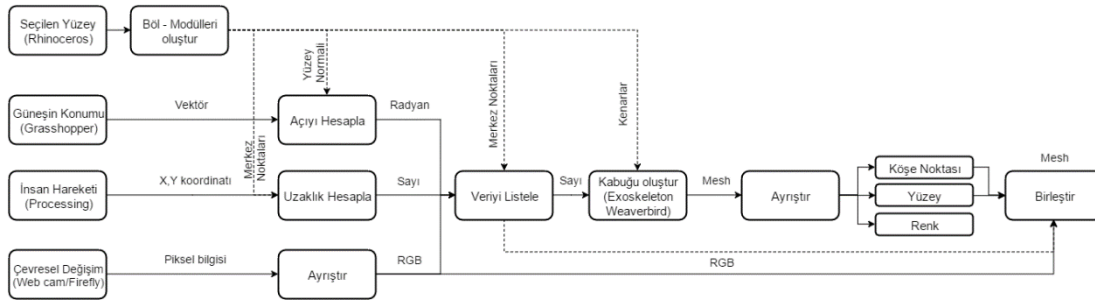
Örüntüyü etkileyen bir diğer etmen olan ve belirlenen yere ve zamana göre değişiklik gösteren güneş vektörünün hesaplanmasında ise Grasshopper üzerinde VB script ile geliştirilen koddan yararlanılmıştır. Bu kod, modelin güneş ışığına bağlı hareket eden alt katmanını kontrol etme amacıyla kullanılmıştır. Elde edilen güneş vektörü ile modüllerin normalleri arasındaki açı hesaplanarak güneşin dik geldiği bölümdeki modüllerin şişerek örüntü geçirgenliğini azaltması diğer durumda ise geçirgenliğini arttırması kararlaştırılmıştır.



Şekil 5.7: Firefly arayüzü ve web kamerası bağlantısı.

Şekil 5.7’de görüldüğü üzere, web kamerası sayesinde elde edilen çevredeki insan hareketi, görüntü analizi bileşenleri kullanılarak yapılmakta ve renk bilgisi başta olmak üzere, birçok veri elde edilebilmektedir. Siyah beyaz bir resim kullanılarak elde edilen piksel verisi, herhangi bir geometrinin yükseklik girdisi olarak ele alınarak görüntü bazlı topografyalar da elde etmek mümkündür. Kısaca Firefly, her türlü ortam verisini bir girdi olarak Grasshopper’a aktarabilmektedir.

Çevre renk değerleri dışında, ortam değişkenleri olarak faydalanılabilecek olan insan sayısı ve hareketi ise, Processing adı verilen Java tabanlı bir yazılım sayesinde oluşturulmaktadır. Processing üzerinde, bu tez kapsamında fare işaretçisinin X ve Y koordinatları kullanılarak takip edilen bu hareket, gHowl adı verilen ve Grasshopper üzerine kurulan bir eklenti yardımıyla Grasshopper’a aktarılmaktadır. Bu sayede insanların yoğunlaştığı bölgelerde, sıcaktan soğuğa değişim gösteren renkler kullanılarak çevresiyle iletişim kurabilen bir bina kabuğu, cephe elemanı ya da enstalasyon Mesh tabanlı bir geometri olarak oluşturulabilmektedir. Renk bilgisinin eklenmesi için ayrıştırılan Mesh tabanlı geometri tekrar tüm özellikleriyle bir araya getirilerek son ürünü ortaya çıkarmaktadır. Modelin oluşturulmasında kullanılan programlar ve eklentileri arasındaki veri akışı Şekil 5.8’de gösterildiği gibidir.

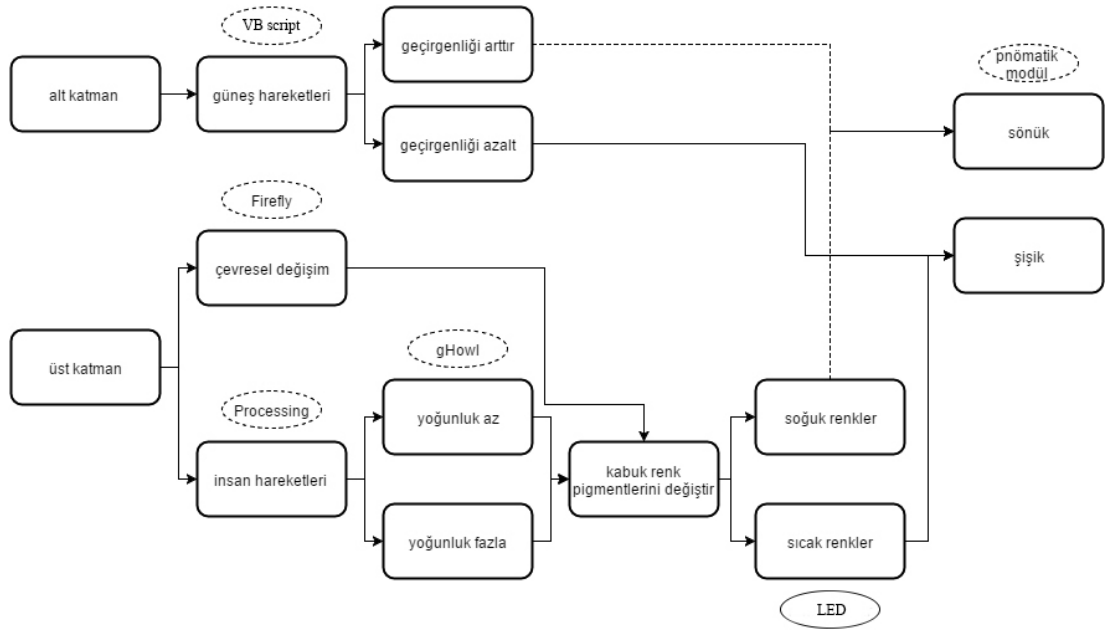


Şekil 5.8: Programlar ve eklentiler arasında aktarılan veri türünü gösteren diyagram

Bu tez kapsamında tasarlanan modelde, tüm bu eklentiler birbirleriyle koordineli biçimde çalışarak tasarımda etkin rol alan girdilerin, modelle etkileşimini sağlamaktadır. Bu sayede, çevresine duyarlı ve interaktif bir bina kabuğunun elde edilmesi mümkün olmaktadır.

5.4 Modelin Algoritması ve Parametreleri

Tasarlanan örüntünün adapte edileceği yüzey, Rhinoceros'ta oluşturularak Grasshopper'a aktarılmıştır. Bu yüzey farklılaştırılabilir. Grasshopper'da altıgen bir ızgaranın dönüşümü ile elde edilen ve iki farklı katmandan oluşan örüntü, çeşitli uyarılara maruz bırakılmıştır. Bu uyarılar, alt kısımda bulunan katmanı etkileyen güneşin konumu, üst kısımdaki katmanı etkileyen insan hareket ve yoğunluğu ile değişken çevrenin görüntüleridir. Altta bulunan katman, yıllık güneş hareketlerine bağlı olarak Grasshopper üzerinde yazılan VB script kullanılarak analiz edilmiştir. Daha sonra bu veriler bina kabuğundaki geçirgenliği belirleme amacıyla kullanılmıştır. Üst kabuğu etkileyen iki parametreden biri olan insan hareketleri, Processing'de yazılan bir kod ile oluşturulmuştur. Buradaki insanların hareket ve konumları, gHowl eklentisi ile Grasshopper'a aktararak kabuk yüzeyinde bulunan ve pnömomatik bir sistem gibi şişip sönen modülleri etkilemektedir. İnsan yoğunluğu artışı, kabukta daha canlı renklerin oluşmasını sağlayarak bir çekim merkezi oluşturmaktadır. Üst kabuğu etkileyen diğer parametre olan çevre değişimine bağlı elde edilen görüntüler ise yine Grasshopper'a bir eklenti olarak yüklenen Firefly eklentisi ile elde edilmiştir. Kullanılan bir web cam aracılığıyla kabuğun bulunduğu çevrenin görüntülerini işleyen eklenti, bu görüntülerden renk analizini yaparak kabuğa aktarılmasını sağlamaktadır (Şekil 5.9).



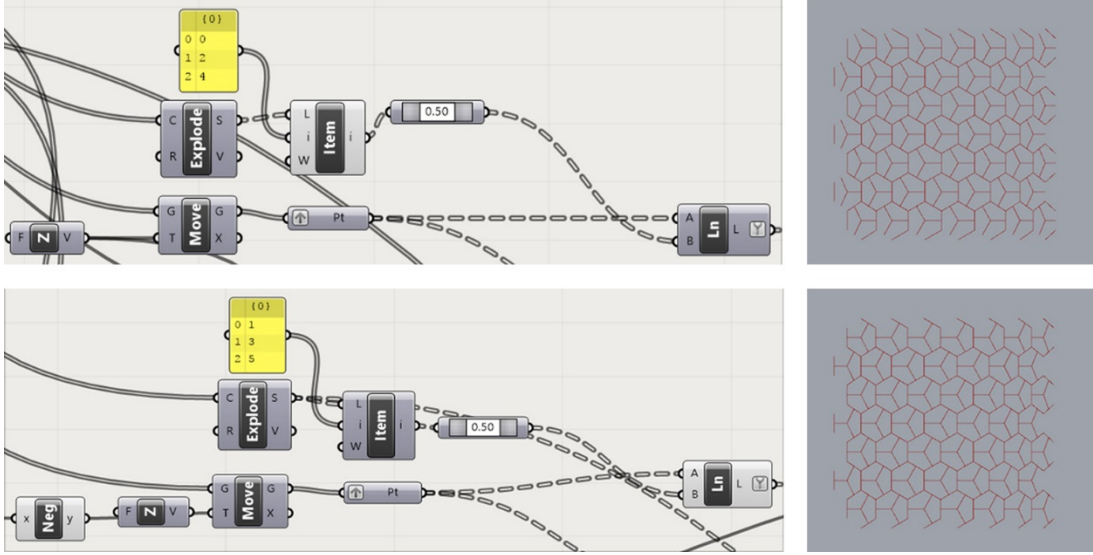
Şekil 5.9: Akış diyagramı.

Modelin parametreleri öncelikle, altıgen ızgaranın seçilen yüzeye X ve Y koordinatlarında olmak üzere, kaç adet yerleştirileceğini gösteren Şekil 5.10'da gösterilen değişkenlerdir. Bu değişkenler, tasarlanan modelde, X yönünde 7 ve Y yönünde 10 olarak belirlenmiştir. Yani, yüzey üzerinde 70 adet düğüm noktası olarak tanımlanan modül yerleşimi yapılmıştır.



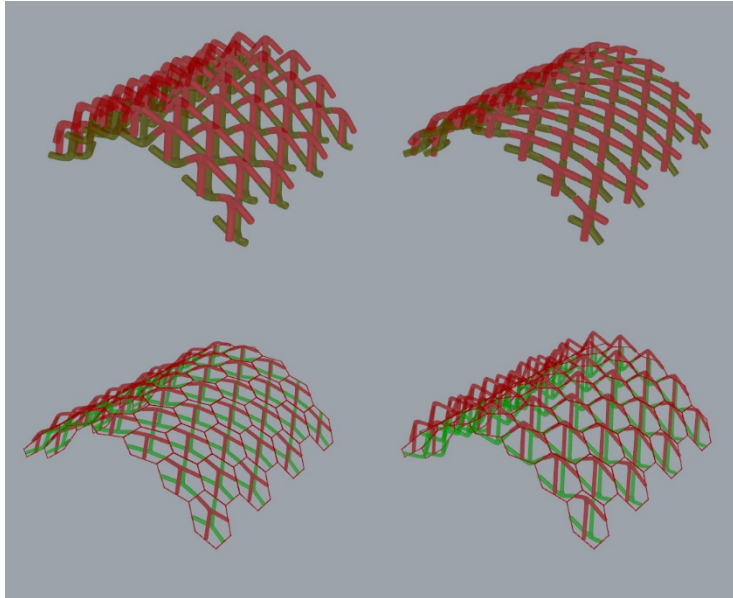
Şekil 5.10: Altıgen ızgaraya bağlı modüllerin yüzey üzerindeki yerleşimleri.

Modelin akış diyagramında da açıklandığı üzere, oluşturulan bu ızgara üzerindeki altıgenlerin kenarlarının orta noktaları ile altıgenin merkez noktasının iki farklı şekilde birleştirilmesi sonucu iki katman elde edilmiştir (Şekil 5.11).



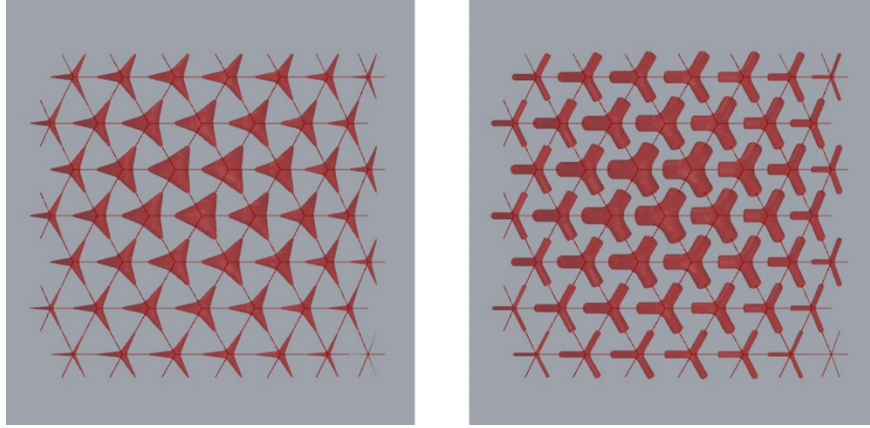
Şekil 5.11: Seçilen ayrıtları gösteren diyagram.

Elde edilen ayrıtlar, Exoskeleton eklentisi sayesinde belirli bir kalınlığa sahip olmuştur. Bu kalınlık, Re ve Rs adı verilen iki parametre ile kontrol edilmektedir. Re kalınlaştırmanın son noktasını, Rs ise ilk, yani başlangıç noktasını göstermektedir. Şekil 5.12’de modelin tasarım aşamaları esnasında, Re ve Rs parametrelerinin eşit değerde olduğu durumda bina kabuğu görülmektedir. Modülleri oluşturan ayrıtların kalınlıkları ile alt ve üst katmanda yer alan modüllerin birbirlerine olan uzaklıklarının değişimi, örüntü biçimlenmesini etkilemektedir.



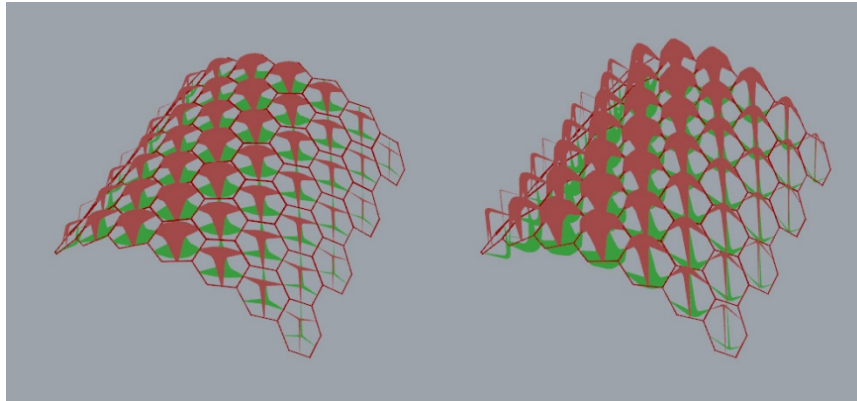
Şekil 5.12: Farklı kenar kalınlığı ve modül uzaklığını gösteren diyagram.

Modüllerin uç noktalarında gerçekleşen incelme durumu Re parametresinin belirlenen bir katsayı ile küçültülmesi ile gerçekleşir. Bu sayede, çeşitli modüller elde edilebilmektedir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13: Modüllerin bitiş noktalarının parametrik olarak değişimi.

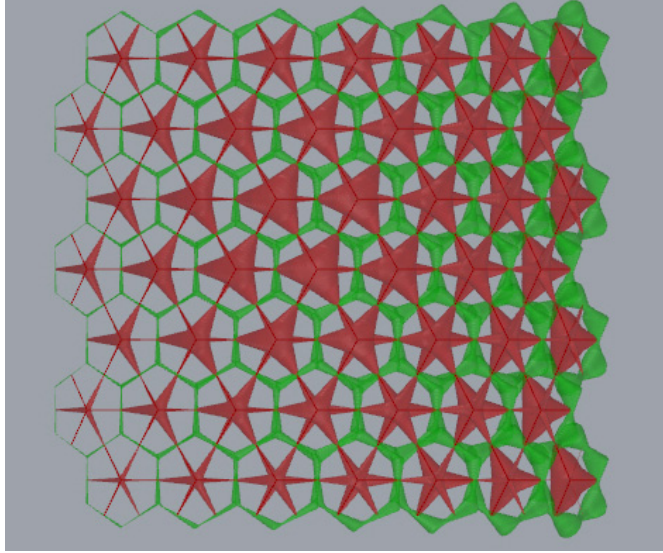
Birbirine örülü durumda bulunan iki katmanın üzerinde yer alan modüller arasındaki uzaklığın değişimi, modüllerin şişkin olma durumu ve modüllerin uç noktalarında gerçekleşen incelme ile birlikte incelendiğinde Şekil 5.14'teki durum gözlenmektedir. Uzaklık arttırıldığında örüntünün yapısı daha üç boyutlu bir hale gelirken azaltıldığında yüzeysel kalmaktadır.



Şekil 5.14: İki modül arasındaki mesafe ve şişkin durumun ilişkisi.

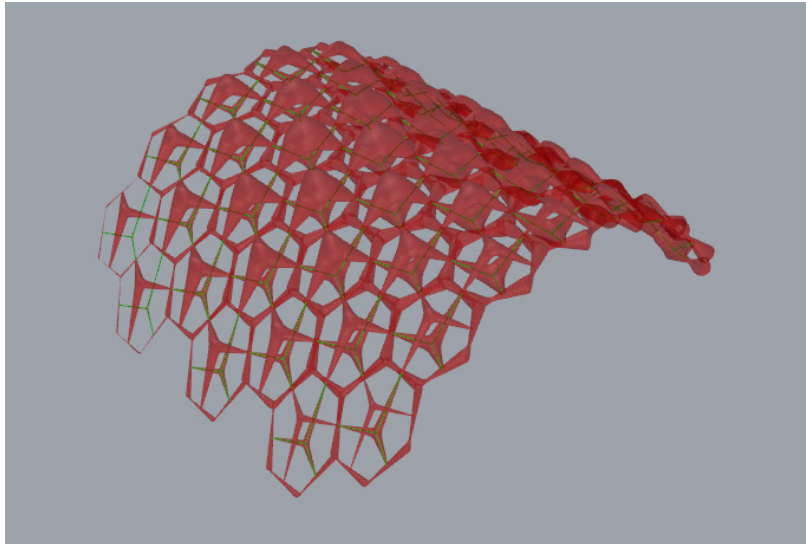
Bu şekilde iki katmanın da oluşturulması ile birlikte altıgen ızgara kenarları üzerindeki taşıyıcı da örüntüye eklenerek örüntü tamamlanmış olur. Şekil 5.14'de gösterilen örüntü, her bir katman değişkenlere bağlı olarak farklılaşmış durumda gösterilmektedir. Periyodik örüntüler kısmında bahsettiğimiz gibi, düzenli örüntülerin elde edilme yöntemlerinden olan kafes sistemi üzerinden belirli biçimlerin seçilmesi

ile çoğaltılarak oluşturulan bu örüntü, kullanılan değişkenlerle de analog olarak üretilen örüntülerin ötesine geçerek parametrik bir özellik kazanmıştır. Bu yönüyle, tasarlanan örüntü, geleneksel geometrik örüntülerin malzeme ve değişkenlerle zenginleştirilmiş, dijital bir yorumu olarak görülebilir.



Şekil 5.15: Tüm katmanların bir araya gelişini gösteren diyagram.

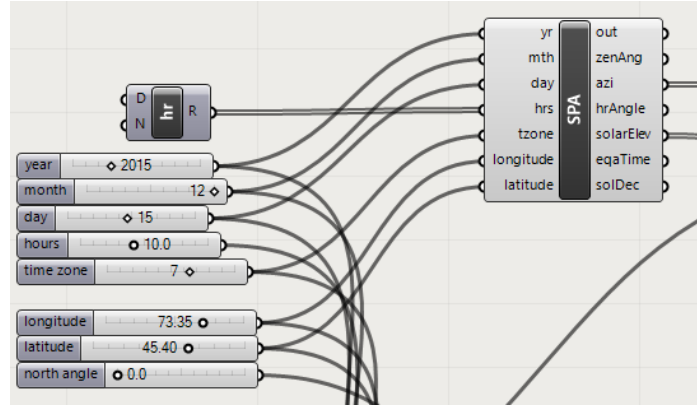
Şekil 5.15’te ise, iki katmanın birbirleriyle örülmüş hali gösterilmektedir. İki benzer ızgaranın çoğaltılıp örülmesi durumu, bina kabuğunun taşıyıcılık anlamında da güçlendirilmesini sağlamakta, aynı zamanda karmaşık bir örüntüye sebep olmaktadır.



Şekil 5.16: Örüntünün uygulandığı kabuğun perspektifi.

5.4.1 Güneşin konumuna göre kabuk örüntüsünün değişimi

Modelde oluşturulan örüntü karakterini etkileyen parametreler, bahsedildiği üzere alt katmanda ve üst katmanda farklılaşmaktadır. Bunlardan ilki, alt katmandaki geçirgenliği etkileyen güneşin konumu, yani güneş ışınlarının geliş açısını belirleyen güneş vektörüdür. Güneş vektörü, doğrudan yılın hangi gün ve saatinde ve dünyanın neresinde bulunduğuyla ilgili olarak değişkenlik göstermektedir. Şekil 5.17’de VB script’te (Url-58) yazılmış ve bu tez kapsamında yazar tarafından düzenlenmiş kodun “SPA” bileşenine ait bulunulan konuma ve zamana ait parametreler gösterilmektedir. Bulunulan konum için girilen enlem ve boylam seçilen yere göre farklılaşırken, belirlenen zaman 15.12.2015 günü saat 10.00’dur.



Şekil 5.17: Güneş vektörü hesabı için tarihin belirlenmesi.

Belirlenen tarih, saat, zaman dilimi ve konuma bağlı olarak güneş vektörünün hesaplanması için gerekli çıktıları veren Visual Basic kodu, modüller ile bu vektör arasındaki açının hesaplanmasını sağlamaktadır.

Visual Basic

(kısaltılmış bir örnek)

.....

```
Private Sub RunScript(ByVal yr As Double, ByVal mth As Double, ByVal day As Double, ByVal hrs  
As Double, ByVal tzone As Double, ByVal longitude As Double, ByVal latitude As Double, ByRef  
zenAng As Object, ByRef azi As Object, ByRef hrAngle As Object, ByRef solarElev As Object, ByRef  
eqaTime As Object, ByRef solDec As Object)
```

```
Dim hourAngle, haRad, csz, zenith, azDenom As Double
```

```
Dim azRad, azimuth, exoatmElevation, refractionCorrection, te As Double
```

```
Dim solarZen, elevation, coszen As Double
```

```
'timenow is GMT time for calculation
```

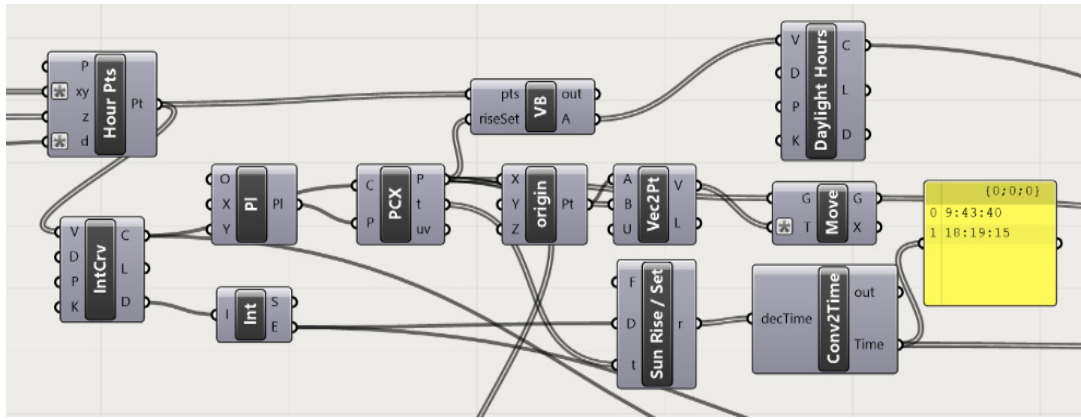
```

Dim timenow As Double = hrs - tzone
longitude = longitude * -1
Dim JD As Double = calcJD(yr, mth, day)
Dim T As Double = calcTimeJulianCent(JD + timenow / 24.0)
Dim R As Double = calcSunRadVector(T)
Dim alpha As Double = calcSunRtAscension(T)
Dim theta As Double = calcSunDeclination(T)
Dim Etime As Double = calcEquationOfTime(T)
'Dim theta As Double = calcGeomMeanLongSun(T)
Dim eqTime As Double = Etime
Dim solarDec As Double = theta
Dim earthRadVec As Double = R
Dim solarTimeFix As Double = eqTime - 4.0 * longitude + 60.0 * -tzone
Dim trueSolarTime As Double = hrs * 60 + solarTimeFix
While trueSolarTime > 1440
    trueSolarTime -= 1440
End While
hourAngle = trueSolarTime / 4.0 - 180.0
If hourAngle < -180 Then
    hourAngle = hourAngle + 360
End If
haRad = degToRad(hourAngle)
csz = Math.sin(degToRad(latitude)) * Math.sin(degToRad(solarDec)) +
Math.cos(degToRad(latitude)) * Math.cos(degToRad(solarDec)) * Math.cos(haRad)
If csz > 1.0 Then
    csz = 1.0
ElseIf csz < -1.0 Then
    csz = -1
End If
zenith = radToDeg(Math.acos(csz))
azDenom = (Math.cos(degToRad(latitude)) * Math.sin(degToRad(zenith)))

```

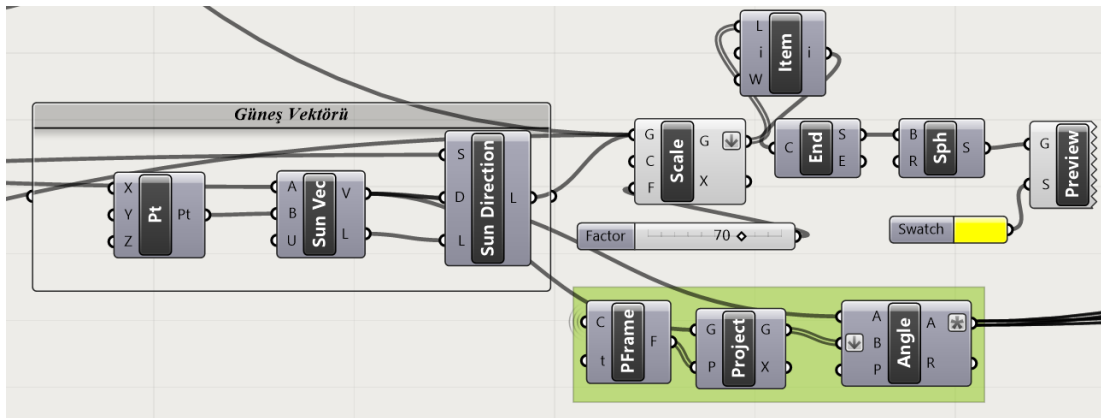
.....

Güneşin konum değişimini gerçekleştirdiği çember elde edilerek, bu çember yeryüzü düzlemiyle kesiştirilir ve gün ışığı süresi hesaplanmış olur. Şekil 5.18'te yukarıda belirlenen tarihe bağlı olarak hesaplanmış, güneş doğuş ve batış saatleri görülmektedir. Eğer girilen saat, doğuş ve batış saatleri arasındaki sürenin dışında ise kod uyarı verdiğinden dolayı saatin değiştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.18: Güne bağlı olarak güneşin doğuş ve batış saatlerinin hesaplanması.

Tüm bu hesaplamalar sonucunda güneşin konumuna bağlı olarak elde edilen vektör ile modüllerin yüzey normaleri arasındaki açı, Şekil 5.19’da gösterildiği gibi hesaplanarak güneş ışınlarını dik açıyla alan modüller şışik, diğerleri sönük olmak üzere durum değiştirmektedirler. Bu durum değişimi istenirse bir renk analizi ile de gösterilebilmektedir.

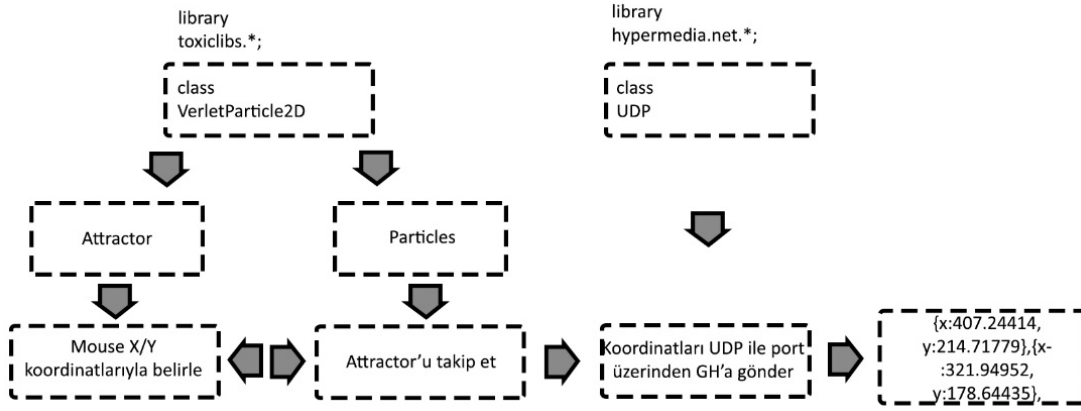


Şekil 5.19: Güneş vektörü ile modüllerin yüzey normalleri arasındaki açının hesaplanması.

5.4.2 İnsan hareketlerine göre kabuk örüntüsünün değişimi

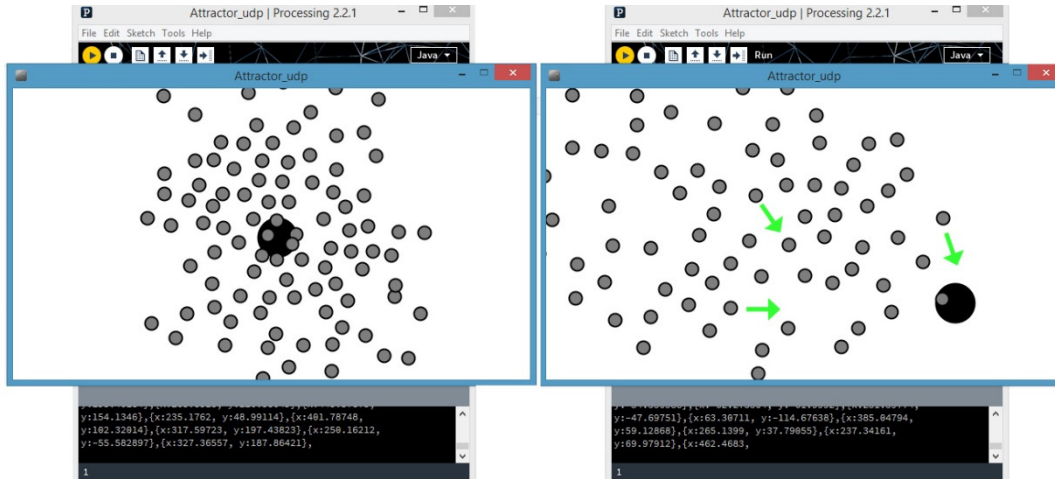
İnsan hareketleri ise, yine kabuk üzerinde gösterilen etkileşimli bir parametredir. Processing’de oluşturulan (Url-59) ve bu tez kapsamında yazar tarafından düzenlenen bu veri, girdi olarak Grasshopper’a aktarılmakta ve insanların bulunduğu konum bilgisine göre örüntüde değişim sağlanmaktadır. Şekil 5.20’de gösterildiği üzere Processing’de insan hareketlerinin temsili ve modellenmesi için “Particles” sınıfı, toplanma noktalarının temsili içinse “Attractor” sınıfı kullanılmıştır. Particles sınıfının her bir elemanı Attractor’u takip etmekte öte yandan birbirleriyle etkileşmektedirler.

İnsan sayısı Particles sınıfının eleman sayısı ile Attractor konumu ise ekran işaretçisinin konumu ile kontrol edilmektedir.



Şekil 5.20: Processing kodunun akış diyagramı.

Şekil 5.21 'de gösterilen Processing'de simüle edilen bu insan davranışlarının temsili, portlar (bağlantı noktaları) üzerinden Grasshopper'a aktarılarak modüllerin şişme-sönme durumlarını etkileyen girdiler olarak kullanılmıştır. Grasshopper'da ise ghowl eklentisi yardımıyla işlem adımları uygulanarak başlangıç biçimi olarak belirlenmiş altıgen ızgaranın etkileşimli olarak değişimi sonucu, bina kabuğunda da eş zamanlı olarak renk ve biçim değişimi gerçekleşmektedir. Bu durum, Processing üzerinden elde edilen X ve Y koordinatlarının birer veri ağacına dönüştürülerek, Grasshopper'da bina kabuğunu etkileyen bir etken olarak kullanılmaları sonucu oluşmaktadır.



Şekil 5.21: Processing'de insanların toplanma noktasını (Attractor), insan hareketlerini ve yoğunluğunu gösteren (Particles) diyagram.

Processing Kodu

```
import toxi.geom.*;
import toxi.physics2d.*;
import toxi.physics2d.behaviors.*;
import hypermedia.net.*;
ArrayList<Particle> particles;
Attractor attractor;
VerletPhysics2D physics;
//gHowl
UDP udps;          // define the UDP object
String message;    // the message to send
String ip = "127.0.0.1"; // the remote IP address
int port = 6090;   // the remote port
void setup () {
  size (640, 360);
  frameRate(80);
  udps = new UDP( this, 6005 ); //sending from this port
  physics = new VerletPhysics2D ();
  physics.setDrag (0.01);
  particles = new ArrayList<Particle>();
  for (int i = 0; i < 100; i++) {
    particles.add(new Particle(new Vec2D(random(width),random(height))));
  }
  attractor = new Attractor(new Vec2D(width/2,height/2));
}
void draw () {
  background (255);
  physics.update ();
  attractor.display();
  for (Particle p: particles) {
    p.display();
  }
  if (mousePressed) {
    attractor.lock();
    attractor.set(mouseX,mouseY);
  } else {
```

```

    attractor.unlock();
}
sendMessage();
}
void sendMessage(){
    message = "";
    for(VerletParticle2D p: physics.particles){
        message = message + p + ",";
    }
    udps.send( message, ip, port );
    println(message);
}

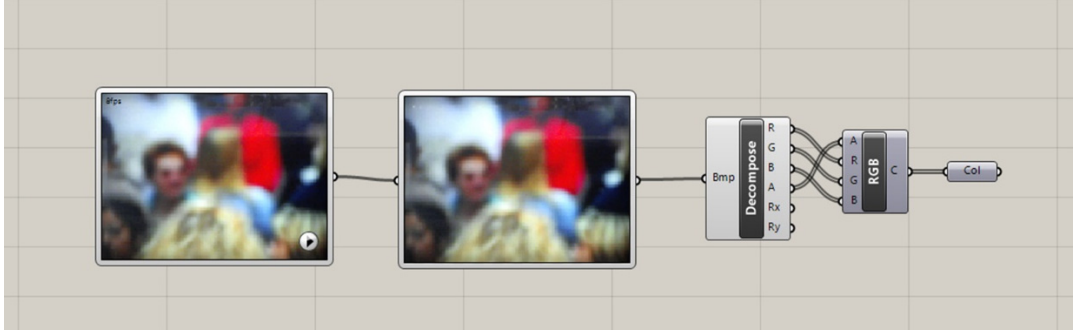
```

Bina kabuğu içerisinde gerçekleşen hareketin bir simülasyonu olarak görülebilecek bu durum, bina içerisinde yoğun ya da az yoğun bölgelerin analizini yapmada kullanılmaktadır.

Bahsedilen etkenler, birbirleri yerine kullanılabilecekleri gibi, tek başlarına da kullanılabilirler. Örüntüdeki değişim, etken güneş olduğunda, güneş vektörü ile modüller arasındaki açıya; etken insan hareketleri olduğunda ise, hareket eden insanların modüllere olan uzaklıklarına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

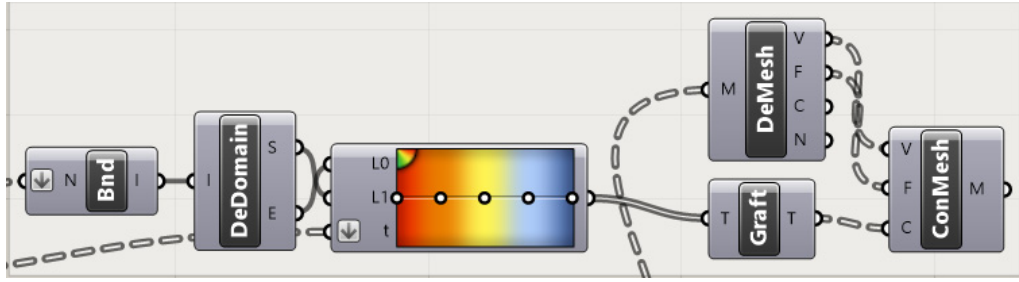
5.4.3 Çevresel verilere göre kabuk örüntüsünün değişimi

Modülün üst kabuğunu etkileyen değişkenler ise web kamerasından elde edilen çevresel değişimler, insan hareketleri ve yoğunluğudur. Modelde kullanılan eklentiler bölümünde de bahsedilen Firefly yardımıyla, çevresel görüntüler Bitmap formatında Grasshopper'a aktarılarak istenilen şekilde kullanılabilir. Bu model kapsamında görüntünün RGB değeri, bina kabuğunun dış kabuğuna yansıtılarak kullanılmaktadır (Şekil 5.22).



Şekil 5.22: Web kamerasıyla elde edilmiş görüntünün renk bilgisi.

Farklı görsellerin piksel bilgisi modele aktarılarak farklı görünüm elde edilebilmektedir. Bu da, piksellerden elde edilen veri ağacının, modüllerin bulunduğu matrisin bulunduğu aralık ile eşleştirilerek çıktının bina kabuğuna aktarılması sonucunda gerçekleşmektedir. Bu renk aralığı ortamdan veri olarak alınabileceği gibi, çeşitli kullanımlara bağlı olarak el ile de girilebilmektedir (Şekil 5.23).



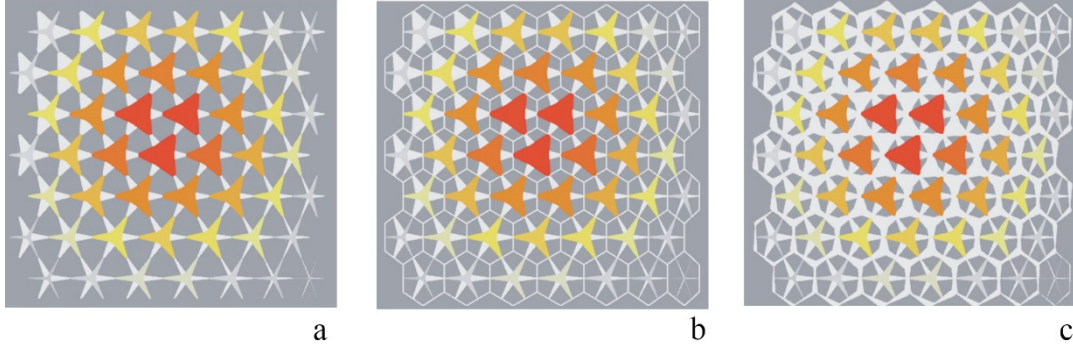
Şekil 5.23: Girdi olarak piksel verilerini alarak renk çıktısına dönüştüren kod.

Bu tez kapsamında turuncudan maviye geçiş gösteren renk aralığı, sıcak renkten soğuk renge geçişi temsil ettiği için tercih edilmiştir.

5.5 Modelin Uygulama Örnekleri ve Potansiyelleri

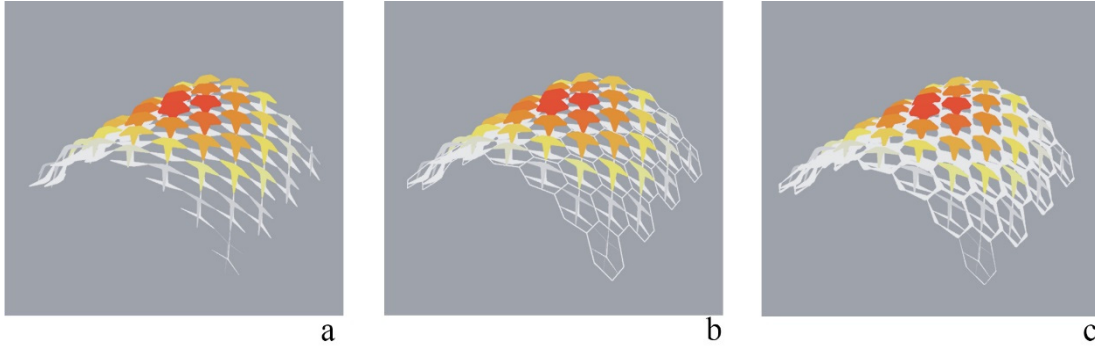
Bu tez kapsamında geliştirilen model, bina kabuğu, cephe ve enstalasyon tasarımı gibi farklı ölçeklerde kullanılabilmektedir. Bina kabuğu anlamında, PVC esaslı malzemeler kullanılarak üretilebilecek pnömatik örüntü, Şekil 5.24'te a ile gösterilen durumda olduğu gibi, çeşitli iskeleler ile desteklenmek suretiyle bir mimari tekstil olarak kullanılabilir. Bu sayede, bölüm 4.2.1'de incelenen Mobilizarte projesine benzer esnek hacimler elde edilebilir. Mimari tekstil dışında, b ve c durumlarında gösterildiği üzere altıgen ızgaranın sağladığı taşıyıcı özellikten faydalanılarak örüntüye bağlı bir iskelet ile ilişkili olarak da kurgulanabilmektedir. c durumunda

b'den farklı olarak altıgen ızgara üzerindeki modüller de pnömatik olarak tasarlanmıştır ve modelin genelini etkileyen etkenlerle ilişkili olarak değişim göstermektedir.



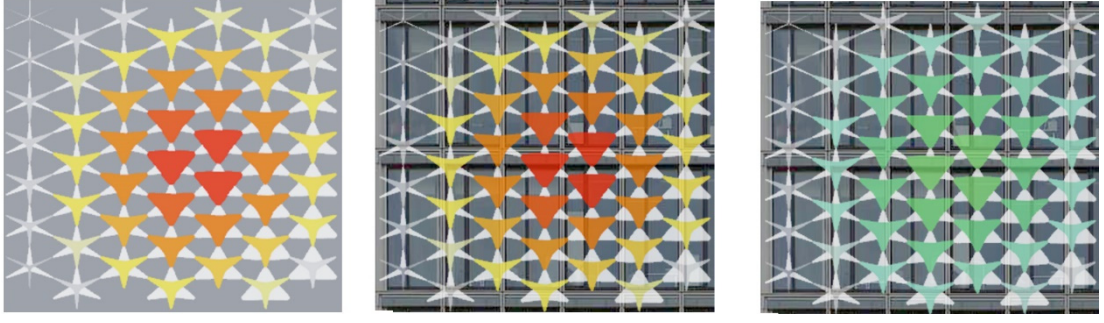
Şekil 5.24: Bina kabuğunda kullanılan örüntü çeşitlendirmeleri.

Tasarlanan örüntünün Şekil 5.25'te gösterilen perspektiflerinden de anlaşılacağı gibi, pnömatik modüller, hem kesit hem plan düzleminde genişlemektedirler. İki katman birbirleriyle örülü (inter-woven) durumdadır.



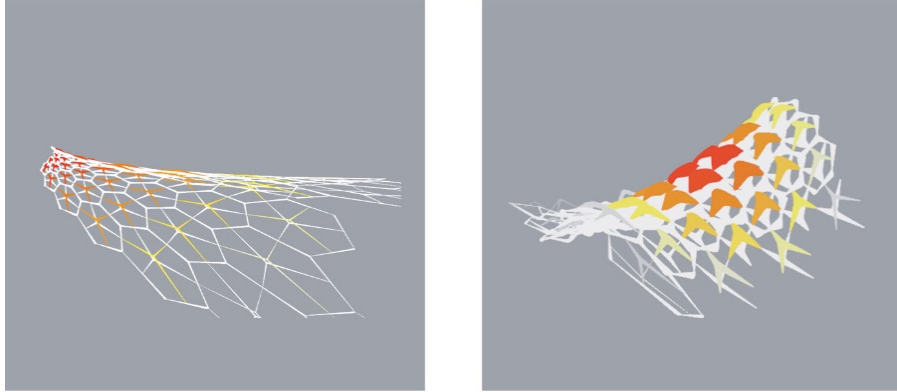
Şekil 5.25: Bina kabuğundan kullanılan örüntünün perspektifleri.

Bina cephesinde de kullanılabilecek pnömatik örüntü, yeni bina cephelerine uygulanacağı gibi düzlemsel ya da eğimli olmak üzere halihazırda inşa edilmiş cephelere de monte edilebilecektir. Bu sayede, mevcut binalarda da, ısı ve ışık değişkenleri kontrol altına alınabilirken enerji tasarrufu sağlanabilecektir. Öte yandan, iletişimsel olarak çevresiyle interaktif bir ilişki içerisinde olan örüntü, eski binalara yeni bir kimlik katabilecektir. Şekil 5.26'da da detaylı biçimde gösterildiği üzere, çevre yapılarıdaki ya da dokudaki değişim görsel olarak bina kabuğuna yansıtılabilecektir.



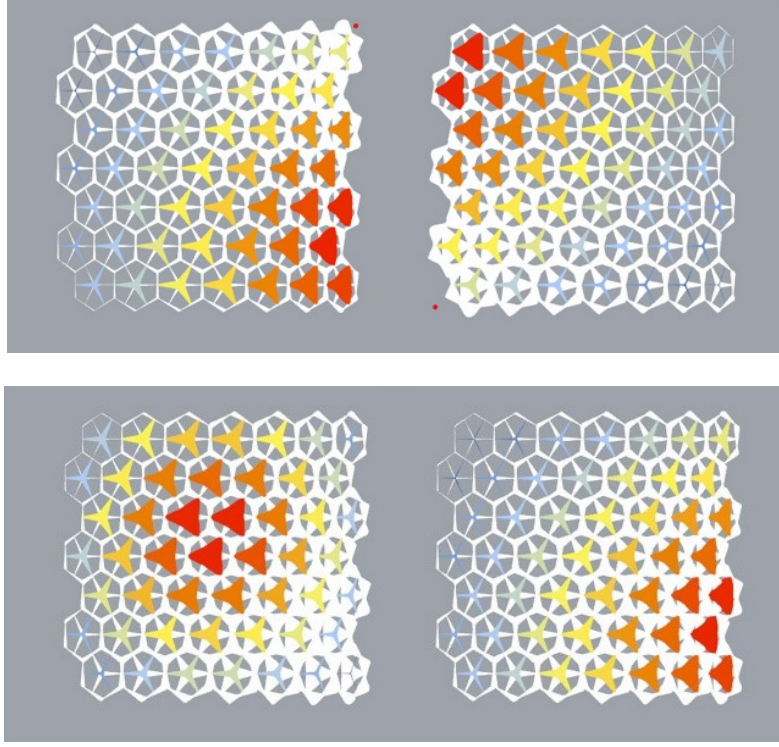
Şekil 5.26: Örüntünün mevcut cephelerde kullanımını gösteren diyagram.

Enstalasyon veya eleman ölçeğinde ise, tasarlanan örüntü, dış mekanda ya da iç mekanda tavan, duvar ya da zeminle ilişkili olarak bir kamuflaj ya da iletişim yüzeyi olarak kullanılabilir. Bu yönüyle örüntü, oldukça çeşitli kullanım potansiyelleri sunmaktadır. Örneğin, tavanda bir enstalasyon olarak kullanımının yanı sıra, ses tutucu ya da yansıtıcı olarak mekan içerisinde kullanımı işlev ile birleştirilebilmektedir. Bina kabuğu ve cephede oluğu gibi çeşitli renk kombinasyonları ile interaktif sanat çalışmalarında kullanılabilir (Şekil 5.27).



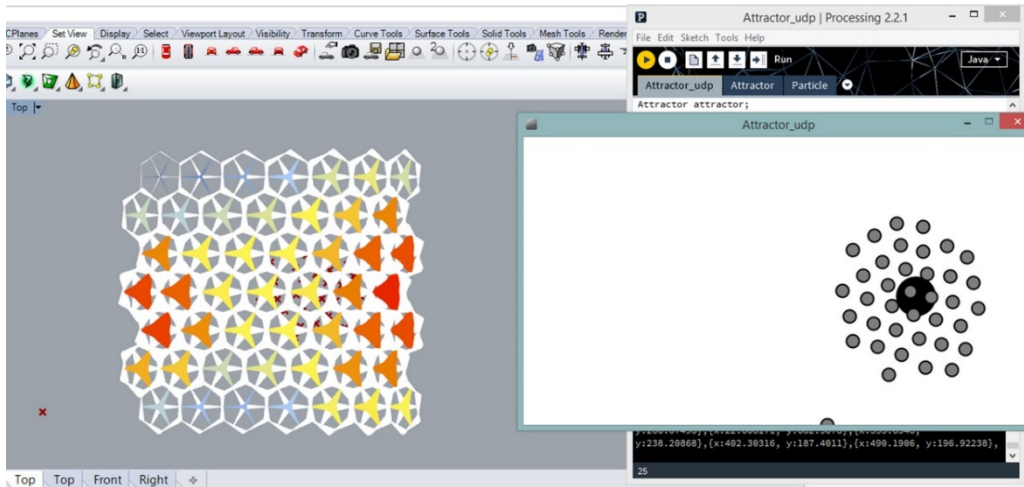
Şekil 5.27: Örüntünün amorf yüzeylerde enstalasyon amaçlı kullanımı.

Tasarlanan modelin farklı amaçlar için kullanımı dışında, kullanılan etkenin farklılaşması ile de çeşitli örüntüler elde edilebilmektedir. İki katmana ayrı ayrı etkiyen tek bir noktasal etkenin örüntüye etkisi Şekil 5.28’teki gibidir. Dairesel bir etki alanı oluşturan etmen, sıcaklık ya da CO₂ artışı gibi birçok farklı unsuru içerebilmektedir. Bu sayede, örüntünün kullanıldığı farklı mekanlar için farklı kurgular oluşturulabilmektedir.



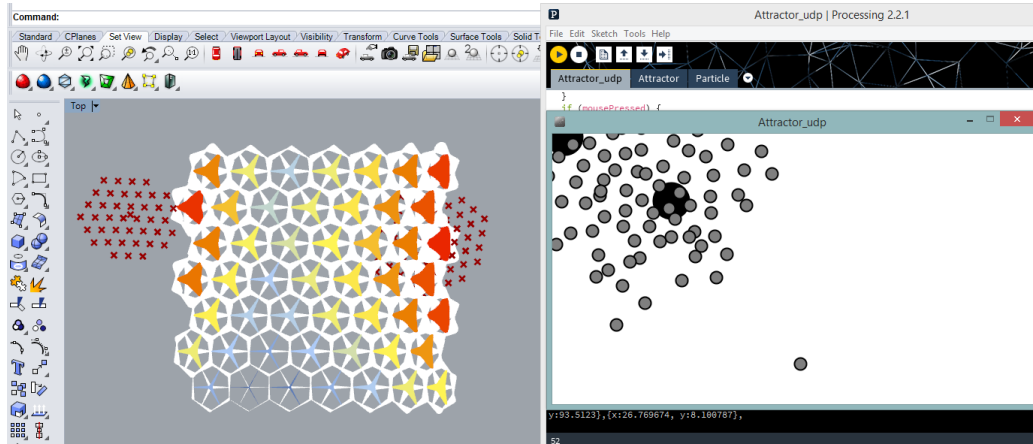
Şekil 5.28: Noktasal etmenlere bağlı olarak değişen örüntü.

Başlangıçta noktasal etkenlere bağlı olarak araştırılan örüntüdeki değişim, üst kabuğun interaktif bir öğeyle yani insan hareketleriyle etkileşimi sağlanarak bina kabuğu içerisindeki hareket ile ilişkilendirilmiştir. Bunun sonucunda oluşan örüntü değişimi ise Şekil 5.29'daki gibidir. Processing ekranının alt kısmında görülen X ve Y koordinatları Grasshopper'a aktarılarak örüntü oluşumuna dahil edilmektedir. Burada, insan hareketinin yoğun olduğu bölgeler sıcak renklerle, diğer bölgeler ise soğuk renklerle temsil edilmiştir. Processing'de temsil edilen odak noktası tectir.



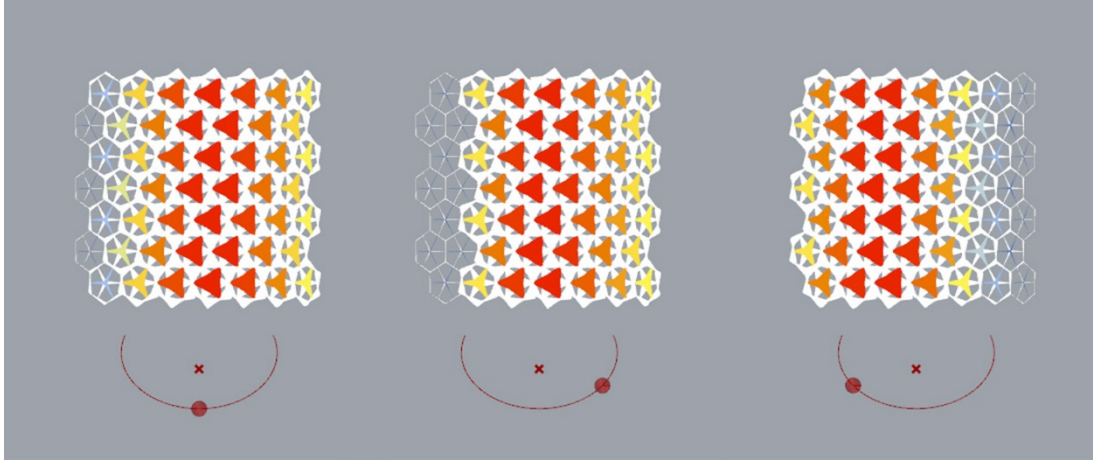
Şekil 5.29: İnsan hareketine bağlı örüntü dönüşümü.

Şekil 5.29’da tek bir odak noktasına bağlı olarak gözlemlenen değişim, istenirse iki ya da daha fazla odak noktası bina içerisine dahil edilerek örüntü dönüşümü sağlanabilir. Odak noktaları dışında, bu odağı takip eden insan sayısı da kodun parametreleri arasındadır. Bu etkileşimlere bağlı olarak geniş kapsamda, bulunan yer ile bina kabuğu arasında ilişki kurmak mümkündür. Şekil 5.30’da iki odak bulunması durumundaki insan hareketleri gösterilmektedir.



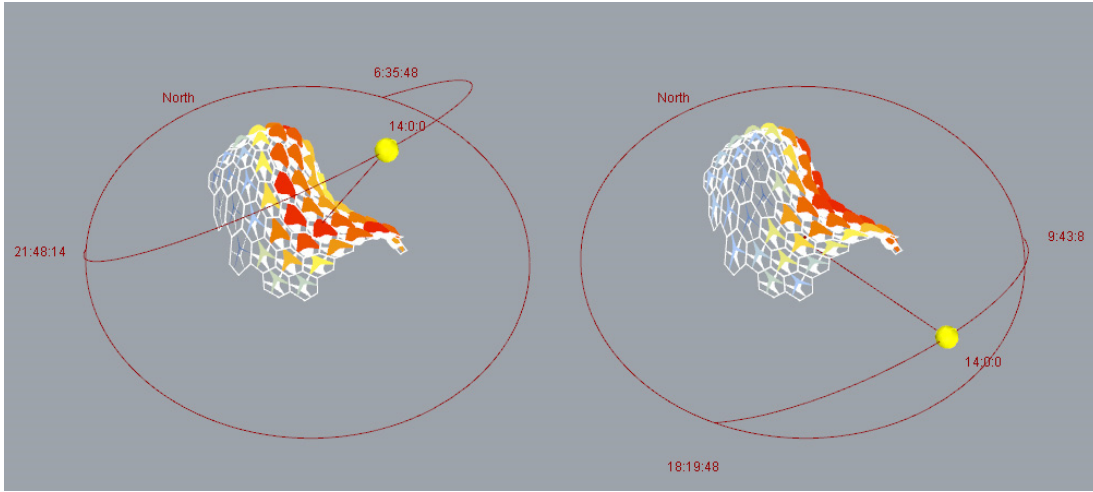
Şekil 5.30: İki odak noktası durumunun örüntü değişimi ile ilişkisi.

Güneşin konumuna bağlı olarak gerçekleşen değişim ise, güneşin doğuşundan batışına kadar olan süre içerisindeki güneş ışığı geliş açısına bağlı değişimdir. Bunun örüntüye etkisi Şekil 5.31’de gösterildiği gibidir. Küre ile gösterilen güneşin konumu, yılın hangi gününde ve saatinde bulunduğuyla bağlı olarak bir eğri üzerinde hareket ederek değişim göstermektedir. Tasarlanan modelde güneşin bulunduğu noktada güneş ışığı geliş açısıyla dik açı oluşturan modüller şişmekte ve kabuktaki ısınmayı azaltmaktadır. Bu durumun aksine, güneş ışığını az alan bölgeler ise sönmekle daha fazla ışıktan faydalanılmasını sağlamaktadırlar. Bu sayede, kabuk geçirgenliği zaman içerisinde değişkenlik göstererek sürdürülebilir bir karakter kazanmış olur.



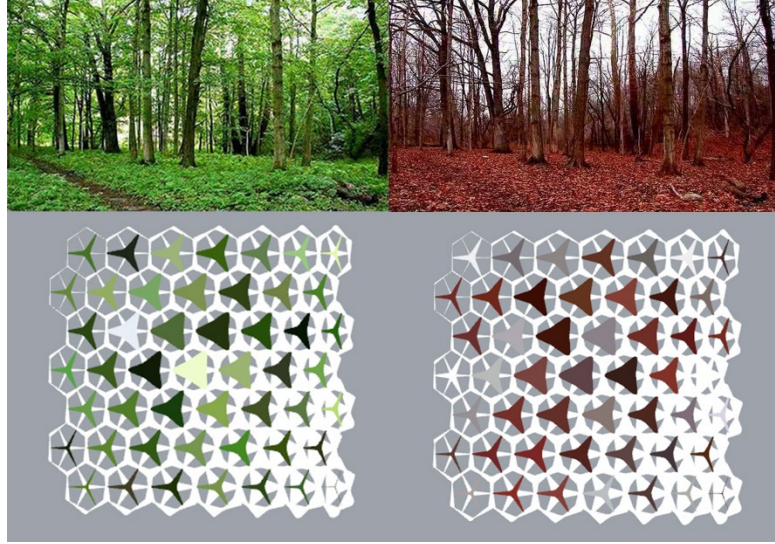
Şekil 5.31: Örüntünün güneşin geliş açısına göre değişimi.

Güneşin geliş açısı, mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin; güneş ışınları, kuzey yarım kürede yazın daha dik açıyla gelirken, kışın daha eğik açıyla gelir. Bu değişim, Temmuz ayında, Şekil 5.32’de solda görülen örüntünün, Aralık ayında ise sağda görülen örüntünün oluşumuna sebep olmaktadır. Tanımlanan renk aralığına bağlı olarak sıcak renkler güneş ışığının dik açıyla geldiği bölgeleri gösterirken soğuk renkler ise diğer bölgeleri işaret etmektedir.



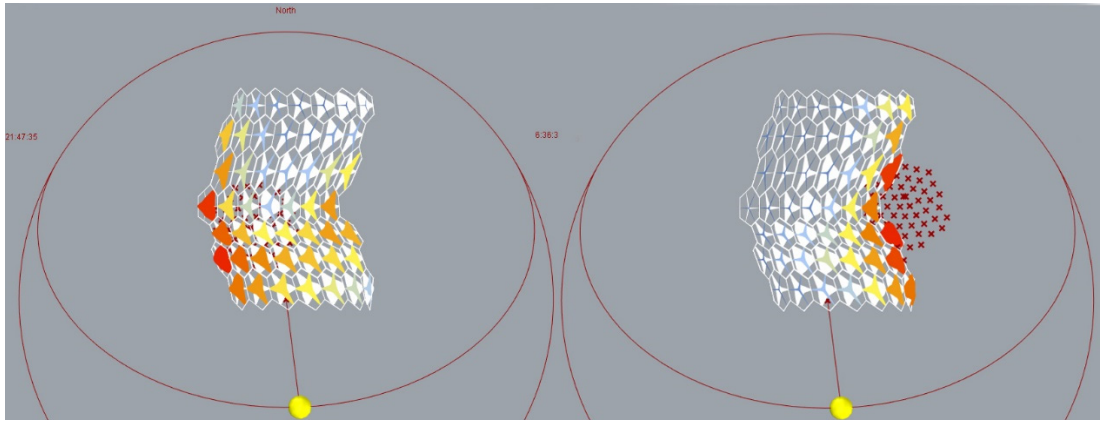
Şekil 5.32: Güneş açısına bağlı mevsimsel örüntü değişimi.

Güneşin geliş açısının mevsimsel değişimi ile doğada görsel olarak gözlemlenen mevsimsel değişim ilişkilendirilerek, bina kabuğunun bu görsel değişimden etkilenmesi de mümkündür. Şekil 5.33’te gösterilen bu durum, binanın bulunduğu ortama göre farklılık gösterebileceği gibi, aynı ortamda bulunsa dahi ortamda meydana gelen zamana bağlı değişimden de etkilenebilmektedir.



Şekil 5.33: Örüntünün değişen mevsimlere bağlı görsel dönüşümü.

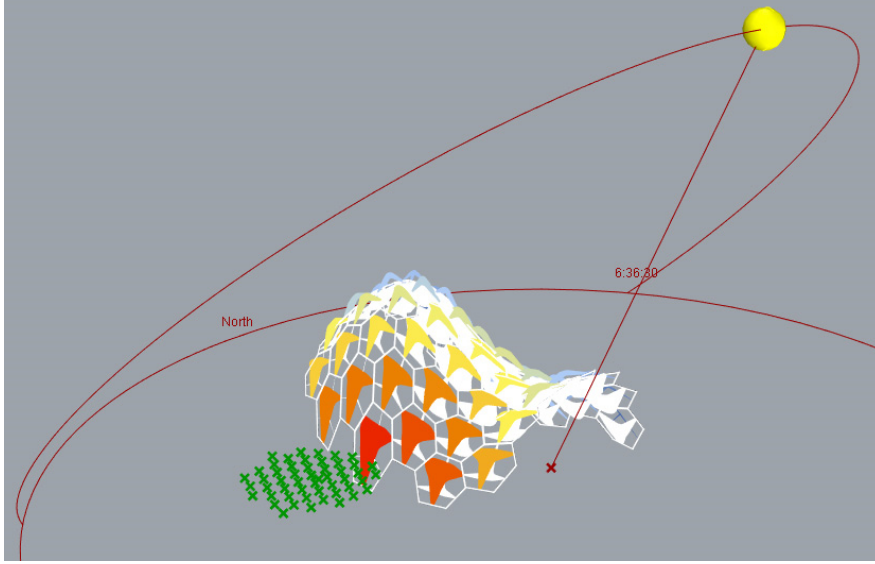
Yukarıda bahsettiğimiz örüntü çeşitleri, tasarlanan modeldeki etmenlerin birbirleriyle kombinasyonları sayesinde çoğaltılabilmektedir. Örneğin, farklı bir yüzey üzerine uygulanan modelde, 15.07.2015 yani yaz mevsimi, öğlen saat 14.00’da, yapı içerisindeki bir etkinlik dolayısıyla insan hareketlerinin değiştiği durumu ele alırsak, örüntünün değişimi Şekil 5.34’teki gibi dinamik olacaktır. Yay üzerindeki sarı küre güneşi, kırmızı noktalar ise insanları sembolize etmektedir. Şekil 5.34’te görüldüğü üzere, güneşin dik açıyla geldiği modüller şişkin durumda iken, diğerleri sönmüştür ve insanların yoğun olduğu bölümlerde üst katman şişerek sıcak renklere bürünmüştür.



Şekil 5.34: İnsan hareketi ve güneş hareketi birleşiminin renk değişimi ile kombinasyonu.

Bu değişim üçüncü boyutta gözlemlenirse, Şekil 5.35’teki modele ait perspektifte, kabuk içerisinde farklı yapıda birçok mekanın oluştuğu görülür. Bu yönüyle model heterojendir. Yine bu görselde, sarı küre güneşi sembolize ederken yeşil ile gösterilen

noktalar insan hareket ve yoğunluğunu temsil etmektedir. Orijin olarak belirlenen noktadan güneşe doğru uzanan vektör ise güneş vektörüdür. Bu vektör ile modüllerin normalleri arasındaki açıya bağlı olarak örüntü, dinamik bir değişim sergilemektedir.



Şekil 5.35: Modele ait perspektif.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında tasarlanan modelde, LED gibi medya teknolojileri pnömatik bir örüntüye entegre edilerek, Haeusler'ın tanımladığı kromatoforik mimarlık (2010) duyarlı interaktif mimarlık düzlemiyle birleştirilmiş ve doğadaki renk ve biçim değiştiren canlılara benzer bir sistem kurgulanmış ve analiz edilmiştir. Bu analizin sonucunda, Çizelge 5.1'deki tablo elde edilmiştir. Elde edilen örüntüler, tabloda, kullanımlarına, mevsimlere, insan hareketlerine ve çevresel değişimlere bağlı olarak sınıflandırılarak modelin potansiyelleri ortaya konulmuştur. Görüldüğü üzere, kabuğun biçimine bağlı olarak da farklılaşan, bazen düzenli ve kararlı bazen de beklenmedik ve değişken örüntüler ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5.1: Modelin parametreleri yardımıyla üretilmiş örüntüler.

		Etkenler				Örüntü							
		Güneş	İnsan Hareketleri	Çevresel Değişim		Plan 1	Perspektif		Plan 2	Perspektif	Cephe	Amorf Yüzey (Enstalasyon)	
0	Kullanım					Bina Kabuğu (Mimari Tekstil)			Bina Kabuğu (Taşıyıcı)		Mimari Tekstil	Bina Kabuğu (Taşıyıcı)	
1	Alt katman	+	-	-									
	Üst katman	+	-	-	07.2015 07.00			12.2015 10.00					
2	Alt katman	+	-	-									
	Üst katman	+	-	+	07.2015 14.00			12.2015 14.00					
3	Alt katman	+	-	+									
	Üst katman	+	-	+	07.2015 20.00			12.2015 18.00					
4	Alt katman	-	+	-	çift odak noktası			tek odak noktası					
	Üst katman	-	+	-									
5	Alt katman	-	+	-	çift odak noktası			tek odak noktası					
	Üst katman	-	+	+									
6	Alt katman	+	-	-	07.2015 14.00			07.2015 14.00					
	Üst katman	-	+	+	çift odak noktası			tek odak noktası					
7	Alt katman	+	-	-	tek odak noktası			çift odak noktası					
	Üst katman	-	+	+	07.2015 14.00			07.2015 14.00					

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Tez çalışması kapsamında, örüntüler tarihi genel bir bakış açısıyla değerlendirildikten sonra, örüntünün tanımı yapılmış ve daha sonra örüntü oluşumu doğal ve yapay olmak üzere sınıflandırılarak incelenmiştir. Bu inceleme, tez kapsamında, mimari anlamdaki örneklerle derinleştirilerek örüntülerin ne gibi alanlarda ve tasarım evrelerinde kullanıldıkları araştırılmıştır. Bu araştırma sonucu, mimaride geleneksel anlamdaki statik örüntülerden, sayısal teknolojiler yardımıyla geliştirilen dinamik ve duyarlı örüntülere kadar birçok alanın olduğu görülmüştür. Bu tez kapsamında, başlangıç biçimi olarak seçilen altıgen bir ızgaranın, canlıların derilerinde meydana gelen performansa ve iletişime dayalı değişimlerle benzerlik gösterir biçimde, uyaranlara bağlı olarak değiştiği interaktif bir model tasarlanmıştır. Bu modelin parametrelerini güneş ve insan hareketleri ile çevrenin görsel değişimi oluşturmaktadır. Yani, örüntü oluşumu, değişimlere duyarlı biçimde tasarlanarak geleneksel yöntemlerden sayısal yöntemlere uzanan yeni bir bakış açısı geliştirilmiştir.

Tezin ilk bölümü, örüntünün mimari anlamda değerlendirilmesini, tarihsel süreçte farklı bakış açılarıyla ele alarak incelemiştir. Bu inceleme sonucu, örüntünün sayısal olarak analiz edilmesiyle birlikte, mimarlık düşüncesinden bağımsız olamayacağı ve mimariyi derinleştirdiği anlaşılmıştır. Devam eden bölümde ele alınan örüntünün tanımı konusu ise, örüntüyü oluşturan modüllerin tekrar etmesi, tekrar ederken dönüşmesi ve başkalaşması üzerinden anlatılmaya çalışılmıştır. Bu başkalaşım, düzen ve düzensizlik-kaos gibi iki genel kavram üzerinden tartışılarak, örüntü tanıma işlemlerinin ne gibi temeller üzerinde oturduğundan bahsedilmiştir. Kuramsal bölümde, örüntülerin sınıflandırılması yapılırken ise, doğal yani doğada gözlemlenen ve belirli fiziksel kanunlara tabi olan örüntüler ile yapay yani genel olarak insan yapımı diyebileceğimiz örüntüler olmak üzere iki ana başlık kullanılmıştır. Bu başlıkların detaylandırılması, doğal örüntülerde, bazen zebranın derisindeki örüntüler gibi morfogenetik özelliktekiler ele alınarak, bazense cam kırılmasında olduğu gibi moleküler bazda yaşanan değişimler incelenerek yapılmıştır. Yapay örüntülerin

sınıflandırılmasında ise, matematikte kullanılan temel sınıflandırma olan düzenden rastlantısallığa olan geçişe dayanan bir sınıflandırma sistematığından faydalanılmıştır.

Örüntülerin kuramsal açılımını takiben, mimari anlamda kullanımları kentsel ölçekten başlayarak, strüktürel ve mikro ölçek diye tabir edebileceğimiz yüzey kaplamaya kadar incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, örüntülerin analog olarak kullanımlarının yanı sıra, sayısal teknolojilerle birleştirilmiş kullanımlarına da rastlanmıştır. Tasarımın ilk aşamalarından, sadece modül bazında kullanımlarına kadar geniş bir yelpazede, bir araya getirme ve düzenleme aracı olarak kullanıldığı görülmüştür. Mevcut durumların analiz edilerek arkalarındaki kural dizilerinin anlaşılması gibi tersten okumalarda da örüntülerden yararlanıldığı söylenebilir.

Tüm bu geniş kapsamlı örüntü araştırmaları sonucu, çevreye hem iletişimsel hem performatif anlamda duyarlı bir model tasarlanarak, örüntülerin gelecek kullanımları üzerine öneriler sunulmaya çalışılmıştır. Tanımlanan çeşitli etmenlerin etkisiyle değişen ve dönüşen bina kabuğu fikri, günümüzün dinamik ve karmaşık dünyasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu fikrin, geçmişteki bir takım analog örüntü üretme yöntemlerinin sayısal teknolojiler yardımıyla genişletilerek kullanımı bu tezin ana omurgasını oluşturmaktadır. Bu duyarlı ve interaktif bina kabukları, küresel ısınma gibi tehditlerin bulunduğu dünyamızda giderek artan bir öneme sahip olacaktır. Bu bina kabuklarının doğadan esinli biçimde tasarlanması ve geleneksel örüntü üretme yöntemlerini kullanarak, bunları mekanik ve elektrik gibi sistemlerle birleştirmesi, hem ekolojik hem de belirli matematiksel düzenlere sahip olduklarından dolayı ekonomik açıdan oldukça önemlidir.

Modelin potansiyelleri mimari ve sürdürülebilir anlamda oldukça fazladır. Model, bina kabuğu, cephe ve enstalasyon tasarımı gibi farklı ölçeklerde uygulanabilmekte ve bu biçimsel dil yapının fonksiyonu ile birleştirilerek de kullanılabilir. Modelin güneşin geliş açısına bağlı olarak değişimi ısıl kazanç ve ışık kontrolü sağlarken insan hareketleriyle olan etkileşimi yapıyı kullanan insanlarla dinamik bir ilişki kurulmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda, modelin, çevrenin değişen görüntülerine renk değişimi anlamında cevap vermesi çevresiyle görsel açıdan da uyumlu olmasını sağlamaktadır. Bu sayede, bina kabuğu bir iletişim yüzeyi tariflemektedir.

Sonuç olarak, sayısal tasarım yöntem ve araçlarının gelişmesi ile birlikte örüntü tanıma ve üretme yöntemleri de farklılaşmıştır. Karmaşık ve interaktif örüntü üretme

yöntemleri, çeşitli etkenlere bağlı olarak düzenli durumdan düzensiz duruma geçiş gösterebilen, çevreye duyarlı ve adapte olabilme yeteneğine sahip binaların üretilmesinde faydalanılabilmeleri açısından önemlidir. Bu araçların ve canlılarda var olan kamufla olma ve iletişim kurma yöntemlerinin birleştirilmesiyle, minimum malzeme/maksimum çeşitlilik sağlanmak suretiyle verimli tasarımlar yapılabilecektir. Geleceğe yönelik olarak düşünüldüğünde ise, genelde PVC, polietilen, polyester veya poliamitten üretilen plastik filmlerin ya da esnekliğinin daha fazla olmasından dolayı kauçuk membranın (EPDM) kullanımı ile modelin pnömatik sistem tasarımı yapılarak uygulama sürecindeki davranışları gözlemlenebilecektir. Farklı elastisite modülüne sahip malzemelerin model kapsamında değerlendirilmesiyle birlikte modelin üretim sürecindeki potansiyelleri ortaya çıkarılabilecektir. Tasarlanan pnömatik sisteme, LED sisteminin entegrasyonu ile şişme-sönme durumunun renk ile birleştirilmesi önerilmiştir. ETFE gibi daha şeffaf malzemelerin kullanımı, iki katmanlı örüntünün farklı renklerde olabilecek modüllerinden geçen ışık sayesinde, bina kabuğu üzerinde farklı renk kombinasyonlarının elde edilmesini sağlayabilecektir. Bu sayede, tez kapsamında incelenen renk ve biçim değiştiren canlı derilerine benzer olarak tasarlanan duyarlı ve interaktif model, mimarlık anlamında sürdürülebilir ve verimli tasarım yaklaşımları geliştirilmesini sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M.** (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. New York: Oxford University Press.
- Aranda, B. ve Lasch, C.** (2005). *Pamphlet Architecture 27: Tooling*. Princeton Architectural Press.
- Ball, P.** (1999). *The Self-Made Tapestry: Pattern Formation in Nature*. Oxford University Press.
- Ball, P.** (2009). *Nature's Patterns: A Tapestry in Three Parts: Shapes*. Oxford University Press.
- Burke, A. ve Tierney, T.** (2007). *Network Practices: New Strategies in Architecture and Design*. New York: Princeton Architectural Press, Sf. 69-71.
- Castle, H.** (2010). Editoril. *AD: New Structuralism (Architectural Design)*.
- Castle, H.** (2009). Editorial. *AD: The Patterns of Architecture (Architectural Design)*.
- Churchill, F. B.** "Roux, Wilhelm." Complete Dictionary of Scientific Biography. 2008. alındığı tarih: 02.04.2015 <<http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830903754.html>>.
- Garcia, M.** (2009). Prologue for a History, Theory and Future of Patterns of Architecture and Spatial Design, *AD: The Patterns of Architecture (Architectural Design)*. Sf. 6-16.
- Grünbaum, B. ve Shephard, G. C.** (1987). *Tilings and Patterns*. New York: W. H. Freeman.
- Hanlon, R.** (2007). Cephalopod dynamic camouflage. *Current Biology*, Vol 17 No 11.
- Haeusler, M.** (2010). *Chromatophoric architecture: Designing for 3D media façades*. Berlin: Jovis.
- Khan, O.** (2011), *Reflexive Architecture Machines*. Matthew Hume.
- Knaack, U., Klein, T. ve Bilow, M.** (2008). *Façades. Imagine 01. Delft University of Technology*. Sf.117.
- Leach, N.** (2006). *Camouflage*. MIT Press.
- Lynn, Greg.** (2000). Greg Lynn: Embryological Houses. *AD: Contemporary Processes in Architecture*. 70, 3, London: John Wiley & Son, Sf.26-35.
- Moussavi, F.** (2006). *The Function of Ornament*. Harvard Graduate School of Design. Cambridge.
- Palsson, E. ve Cox, E. C.** (1995). Origin and evolution of circular waves and spirals in Dictyostelium discoideum territories. *Proc. Nati. Acad. Sci. USA*, Vol. 93, Sf. 1151-1155.

- Radin, C.** (1994). *Annals of Mathematics*. United States: Princeton University and the Institute for Advanced Study, Sf.661-702.
- Ritter, A.** (2007). *Smart Materials: In Architecture, Interior Architecture and Design*. Springer Science & Business Media.
- Senechal, M.** (1994). Tilings, Diffraction, and Quasicrystals. *The Mathematica Journal*. Volume 4 Issue 2 Spring 1994.
- Schumacher, P.** (2009). Parametric Patterns, *AD: The Patterns of Architecture (Architectural Design)*, 79/6, Sf.28-42.
- Schumacher, P.** (2009). Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design. *AD: Digital Cities (Architectural Design)*, 79/4, Sf.14-24.
- Stevens, M. ve Merilaita S.** (2009). Animal camouflage: current issues and new perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364, Sf. 423-427.
- Teyssier, J., Saenko, S. V., van der Marel, D. & Milinkovitch, M. C.** (2015). Photonic crystals cause active colour change in chameleons. *Nature Communications* 6: Nature Publishing Group.
- Tramontin, M. L.** (2006). Textile Tectonics: An Interview with Lars Spuybroek. *AD: Architextiles (Architectural Design)*, 76/6, Sf. 52-59.
- Velikov, K. ve Thün, G.** (2013). Responsive Buildings Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigms. *Design and Construction of High-performance Homes: Building Envelopes, Renewable Energies and Integrated Practice*. Routledge. Sf. 75-92.
- Venturi, R.** (1977). *Complexity and Contradiction in Architecture*. Museum of Modern Art, New York.
- Verebes, T.** (2009). Experiments in Associative Urbanism, *AD: Digital Cities (Architectural Design)*, 79/4, Sf. 24-34.
- Url-1** <<http://www.aboutfacesentertainment.com/pages/about-face-paint.html>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-2** <<http://167.206.67.164/resources/humanities/review/ArtHistory/Gardner%20Art%20History%20Chapters%20Study%20Guide/..%5CG24.i/default.htm>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-3** <<http://brendachacon.blogspot.com.tr/2011/08/pabellon-aleman-de-barcelona-de-mies.html>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-4** <<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/91/74/2f/91742f995ff88c8add1beb99e6160467.jpg>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-5** <http://glform.com/wp-content/uploads/2012/01/embryological_2-516x344.jpg>, alındığı tarih: 13.04.2015.
- Url-6** <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/521932/sand-dune/49753/Dune-and-sheet-patterns>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-7** <<http://dictionary.reference.com/browse/form>>, alındığı tarih: 02.04.2015.
- Url-8** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Nautilus>>, alındığı tarih: 14.04.2015.

- Url-9** <<http://www.math.ubc.ca/~cass/courses/m308-03b/projects-03b/skinner/lindenmayer.htm>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-10** <<https://codequotidien.wordpress.com/2011/10/16/dla/>>, alındığı tarih: 19.05.2015.
- Url-11** <http://design.epfl.ch/piraeus/wp-content/uploads/2010/03/100321_gh-sc-1024x552.jpg>, alındığı tarih: 19.05.2015.
- Url-12** <<http://www.dailykos.com/story/2010/04/11/856217/-An-Ant-s-Rant#>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-13** <<http://demonstrations.wolfram.com/AntColonyOptimizationACO/>>, alındığı tarih: 14.04.2015.
- Url-14** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Apis_florea_nest_closeup2.jpg>, alındığı tarih: 19.05.2015.
- Url-15** <<http://www.kymcox.com/plateau/>>, alındığı tarih: 19.05.2015.
- Url-16** <<https://iam.tugraz.at/workshop14s/2014/03/25/soap-bubbles-and-minimal-surfaces/>>, alındığı tarih: 19.05.2015.
- Url-17** <http://farm6.staticflickr.com/5494/9819835724_ff398bf7ac_o.jpg>, alındığı tarih: 19.05.2015.
- Url-18** <<http://www.thirteen.org/bucky/dome.html>>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-19** <<http://geo-dome.co.uk/article.asp?uname=domefreq>>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-20** <http://www.geo-dome.co.uk/cumbria/Photos/frequency_diagram.jpg>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-21** <https://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Chladni>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-22** <http://c300221.r21.cf1.rackcdn.com/chladni-vibration-patterns-1339996218_b.jpg>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-23** <https://kylejanzen.files.wordpress.com/2013/09/pamphlet-architecture-tooling_page_70.jpg>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-24** <<https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid>>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-25** <<http://www.montclair.edu/forward-thinking/spring-2013/visualizing-fluid-flow-patterns/>>, alındığı tarih: 11.09.2015.
- Url-26** <<http://content.lib.washington.edu/cgi-bin/getimage.exe?CISOROOT=/dp&CISOPTR=414&DMSCALE=38.19048&DMWIDTH=802&DMHEIGHT=1021.9771428571&DMX=0&DMY=0&DMTEXT=&REC=4&DMTHUMB=0&DMROTATE=0>>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-27** <<https://wewanttolearn.files.wordpress.com/2014/11/img-20141107-wa0008.jpg?w=545&h=726>>, alındığı tarih: 19.09.2015.
- Url-28** <http://en.wikipedia.org/wiki/Islamic_geometric_patterns>, alındığı tarih: 08.10.2015.
- Url-29** <<https://howtobecomeanarchitect.wordpress.com/tag/islamic-patterns/page/3/>>, alındığı tarih: 8.12.2014.

Url-30 <<https://raceandarchitecture.wordpress.com/2014/03/26/architectural-biology-in-the-genomic-age/>>, alındığı tarih: 08.10.2015.

Url-31 <<http://grahamshawcross.com/2012/10/12/aperiodic-tiling/>>, alındığı tarih: 08.10.2015.

Url-32 <<http://tilings.math.uni-bielefeld.de/glossary/nonperiodic>>, alındığı tarih: 08.10.2015.

Url-33 <http://tilings.math.uni-bielefeld.de/substitution_rules/domino>, alındığı tarih: 08.10.2015.

Url-34 <http://tilings.math.uni-bielefeld.de/substitution_rules/pinwheel>, alındığı tarih: 8.12.2014.

Url-35 <http://tilings.math.uni-bielefeld.de/substitution_rules/penrose_rhomb>, alındığı tarih: 8.12.2014.

Url-36 <http://euler.slu.edu/escher/index.php/Aperiodic_Tessellations>, alındığı tarih: 08.10.2015.

Url-37 <<http://www1.icsi.berkeley.edu/~janin/cs270/approach.html>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-38 <<http://emlakkulisi.com/guncel/kapadokya-uchisar-kalesi/326381>> alındığı tarih: 17.04.2015.

Url-39 <<http://varoudis.github.io/depthmapX/>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-40 <<http://divisare.com/projects/83400-ludovico-lombardi-craft-id-AADRL-v10-2008>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-41 <<http://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan/>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-42 <<http://www.camnewnham.com/portfolio/fibrosity/>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-43 <<http://www.archdaily.com/142864/mobilizarte-frentes-arquitetura-pax-arq/>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-44 <<http://yournewswire.com/uk-pavilion-flies-the-flag-at-milan-expo-food-poverty-gathering/>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-45 <<http://www.designboom.com/architecture/uk-pavilion-expo-milan-2015-wolfgang-buttruss-05-01-2015/>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-46 <<http://www.architecturaldigest.com/blogs/daily/2015/06/milan-expo-2015-wolfgang-buttruss-pavilion>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-47 <<http://www.iaacblog.com/maa2013-2014-public-space-capsules/2014/03/globule>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-48 <<http://www.imd.tu-bs.de/index.php?/projects/mims/>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-49 <https://c1.staticflickr.com/1/99/259725984_3905db81b5.jpg>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-50 <<http://detail-online.com/inspiration/%E2%80%9Cwatercube%E2%80%9D%E2%80%93national-swimming-centre-in-beijing-103313.html>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-51 <<http://www.archdaily.com/324197/pavilion-4-hma-architects-designers/>> alındığı tarih: 8.12.2014.

Url-52 <<http://hometruthsmelbourne.com/2011/08/06/hometruths-twelve/>> alındığı tarih: 8.12.2014.

Url-53 <<http://static.guim.co.uk/sys-images/Society/Pix/pictures/2011/5/23/1306172664654/Ravensbourne-007.jpg>> alındığı tarih: 8.12.2014.

Url-54 <http://images3.arq.com.mx/noticias/articulos/12957-dzn_Ravensbourne_FOA_18_elevation-north-no-caps_1000.jpg> alındığı tarih: 10.12.2014.

Url-55 <<http://d10k7sivr61qqr.cloudfront.net/content/royinterface/10/78/20120601/F4.large.jpg>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-56 <<http://mdiazbiol4550.blogspot.com.tr/2010/11/release-of-rpch-from-neurosecretory.html>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-57 <<https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS5IcFr3nQSlc92seVrY3udkf9TUZjWzEP8teM5lPW4GQsRuO1SCg>>, alındığı tarih: 19.09.2015.

Url-58 <<http://www.tedngai.net/?p=286>>, alındığı tarih: 04.11.2015.

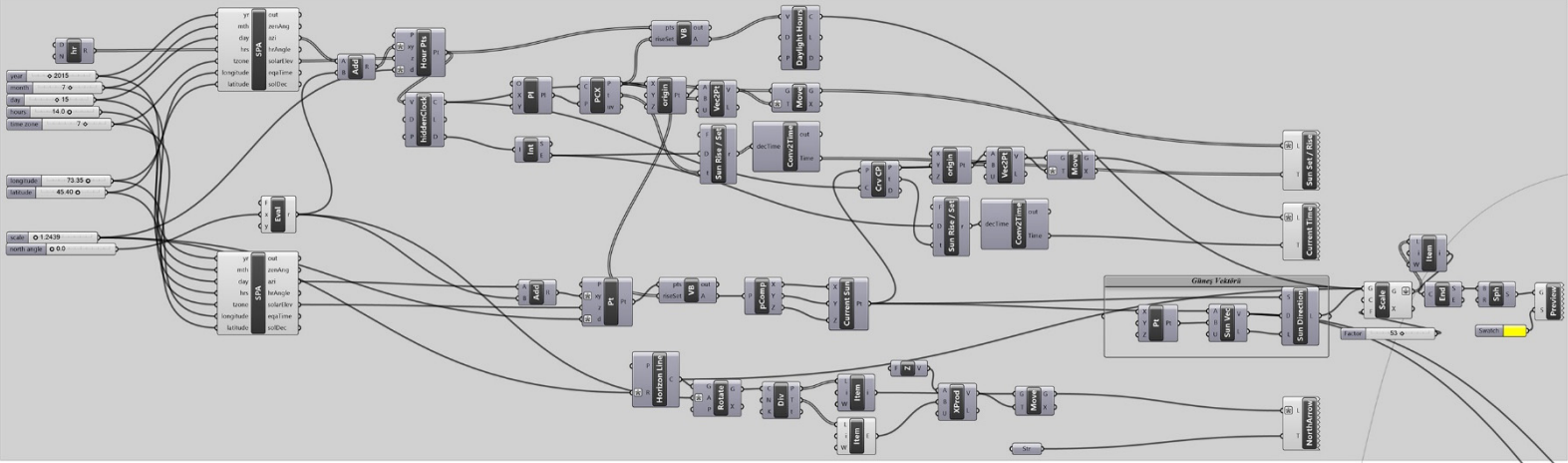
Url-59 <<http://natureofcode.com/book/preface/#520-attraction-and-repulsion-behaviors>>, alındığı tarih: 18.05.2015.

EKLER

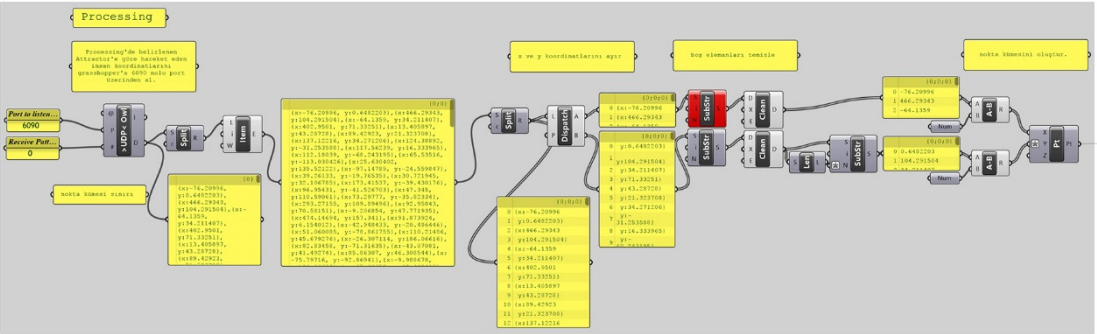
EK A: Grasshopper Kodu.

ETKENLER

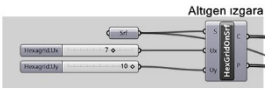
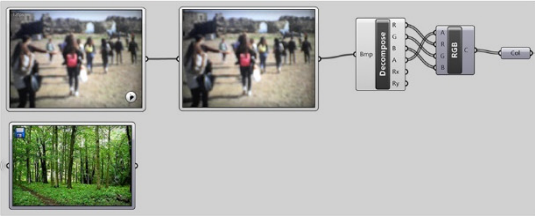
Güneş vektörü hesabı



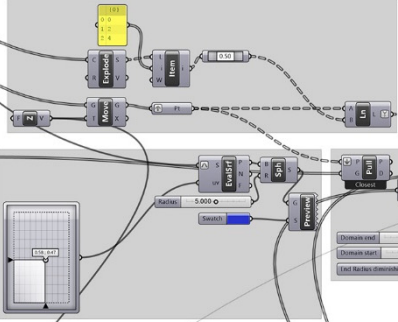
İnsan hareketleri ve yoğunluğu



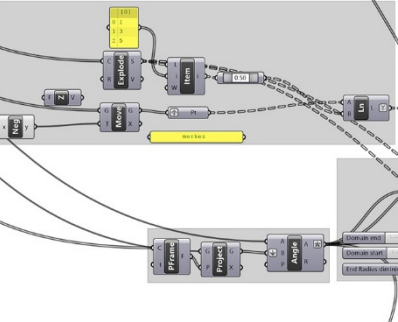
Çevrenin görsel değişimi



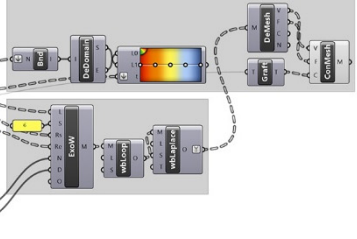
Modüllerin oluşturulması



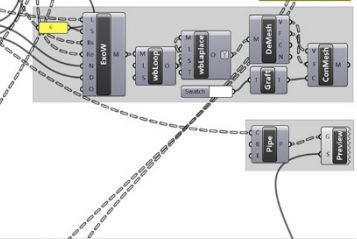
Modüllerin oluşturulması



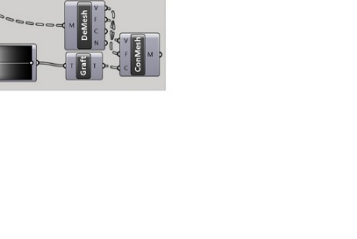
Modüllerin etkene göre renklendirilmesi



Modüllerin etkene göre renklendirilmesi



Modüllerin etkene göre renklendirilmesi



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Hülya Oral
Doğum Tarihi ve Yeri : İstanbul / 1987
E-posta : hulya.orall@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yükseklisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2011-2015: Serbest Mimarlık Deneyimi
- 2015-.....: Araştırma Görevlisi (İstanbul Bilgi Üniversitesi)

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Oral H. ve Karakoç E., “Interactive Structures in Nature Inspired Design” Generative Art 2015. 48. Milano 2015.
- Oral H. ve Karakoç E., “Doğadan Esinli Tasarımda Etkileşimli Strüktürler”, IX. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu. 157-169. İstanbul 2015.