



**İSLAMİ GEOMETRİK ÖRÜNTÜLERİN KİNETİK YÜZEY OLUŞTURMA
POTANSİYELLERİ ÜZERİNDE BİR DENEME**

Masoud MATINPOUR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Masoud MATINPOUR tarafından hazırlanan “İSLAMİ GEOMETRİK ÖRÜNTÜLERİN KİNETİK YÜZEY OLUŞTURMA POTANSİYELLERİ ÜZERİNDE BİR DENEME” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Figen BEYHAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN

Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetim Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 27/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Masoud MATINPOUR

27/06/2019

İSLAMİ GEOMETRİK ÖRÜNTÜLERİN KİNETİK YÜZEY OLUŞTURMA POTANSİYELLERİ ÜZERİNDE BİR DENEME

(Yüksek Lisans Tezi)

Masoud MATINPOUR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Mimari yüzeylerin tasarımı çağdaş mimarinin en önemli sorularından biridir. Binayı dış ortamdan ayıran bu eleman, binanın kimliğini belirlemekten enerji tüketimini optimize etmeye kadar pek çok önemli roller üstlenmektedir. Mimari yüzeylerin çevre ile uyumlu bir şekilde çalışabilen kabuklara dönüşebilmesi yüzyılın en önemli araştırma konularından olmuştur. Bu bağlamda kinetik mimari yüzeyler çevreyle uyumlu kabuk üretiminde önemli örnekler olarak öne çıkmaktadır. Araştırma binanın kültürel ve toplumsal olarak çevresine uyum sağlamasının yanı sıra çevresel etkilere de uyum sağlayabilen kinetik yüzey prototipleri oluşturmayı hedeflemiştir. Kinetik yüzey oluşturmada düzlemlerin anlamlı parçalara bölünmesi gerektiğinden, temelde birer teselasyon olarak çalışması tercih edilmiştir. Bu çalışmada, aynı zamanda bir teselasyon olan İslami geometrik örüntülerin sunduğu alternatiflerin “hareket edebilirliğini” ölçmek amacıyla bir seri maket oluşturulmuştur. Seçilen alternatifler üzerinden menteşeli desenlerin oluşturulabilmesi amacıyla çeşitli kurallar belirlenmiş ve bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Form bulma süreci dijital ortam yerine daha çok sezgisel geometrik algı üzerinden geliştirilmiştir. Hareket edebilir modüller oluşturmada sonucunda, menteşeli desenler için çok net kurallara ulaşılamasa da bazı hareket kuralları ayırt edilmiştir. Bazı modüllerin yarı açık veya tamamen kapalı duruma geçebilmesinden dolayı mimari yüzeylerde uygulanabileceği öngörülmüştür. Mimari ve inşaat pratiğinde önceden üretilmiş hazır elemanların (prefabricated) tasarlanması için yeni fikirler sunmak, bu araştırmanın bir diğer önemsendiği özelliktir. Süreçte yaparak öğrenme de vurgulandığından dolayı, çalışmanın mimari eğitim süreci için yararlı olabileceği de düşünülmektedir. Son olarak bu araştırmanın hesaplamalı mimari yüzey çalışmalarına veri ürettiğini de söylemek mümkündür. Çalışmanın sonraki aşamasında, daha karmaşık örüntülerin kinetik potansiyellerini keşfedebilmek için hesaplamalı yöntemlerle bir yazılım ara yüzü geliştirilmesi planlanmıştır.

Bilim Kodu : 80117
Anahtar Kelimeler : Geometri, Origami, Teselasyon, Dönüşüm, Uyarlanabilir
Yüzeyler, Hareket Edebilirlik, Kinetik, İslami Geometrik
Desenler
Sayfa Adedi : 161
Danışman : Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

AN INVESTIGATION ON THE POTENTIALS OF ISLAMIC GEOMETRIC
PATTERNS REGARDING KINETIC SURFACE DESIGN

(M. Sc. Thesis)

Masoud MATINPOUR

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

The design of architectural surfaces is one of the most important questions of contemporary architecture. This element, which separates the building from the external environment, has assumed many important roles, from identifying the building to optimizing energy consumption. The transformation of architectural surfaces into shells that can work in harmony with the environment is one of the most important research topics of the century. In this context, kinetic architectural surfaces stand out as important examples in environmentally friendly shell production. This research aims to create kinetic surface prototypes that can adapt to the environmental impacts of the building as well as adapt to the cultural and social environment of the building. It is preferred to work as tessellation because the planes need to be divided into meaningful parts in order to form a kinetic surface. Since Islamic geometric patterns are also tessellation, a series of models have been created to measure the mobility of the alternative patterns they offer. In order to create hinged patterns over selected alternatives, rules were determined and a method was tried to be developed. The form finding process was developed through intuitive geometric perception rather than digital media. As a result of the creation of movable modules, some rules of motion are distinguished, although very clear rules for hinged patterns cannot be reached. It is envisaged that some modules can be applied on architectural surfaces because they can be semi-open or completely closed. Another important feature of this research is to present new ideas for designing prefabricated elements in architectural and construction practice. Since this study cares about learning by doing, it is thought that it can be useful for architectural education process. Finally, it should be emphasized that this research produces data for computational architectural surveys. In the next stage of the study, it is planned to develop a software interface with computational methods in order to discover the kinetic potentials of more complex patterns.

Science Code : 80117

Key Words : Geometry, Origami, Tessellation, Transformation, Adaptive Surfaces,
Mobility, Kinetic, Islamic Geometric Patterns

Page Number : 161

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

TEŞEKKÜR

Değerli danışmanım, Sn. Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK’a derin şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE	9
2.1. Mimari Yüzeyler, Cepheler ve Kabuklar	9
2.1.1. Mimari yüzeylerde geometri	10
2.1.2. Mimari yüzeylerde dönüşebilirlik ve hareket	12
2.2. Mimarlıkta Geometri	14
2.2.1. Geometri ve oran	14
2.2.2. Geometrinin kısa tarihçesi	17
2.3. İslam Dünyası Mimarlığında Geometrik Desenler	20
2.3.1. İslam mimarlığı.....	20
2.3.2. Neden İslam dünyası mimarlığı?	21
2.3.3. İslam mimarlığında geometrik desenler	22
2.3.4. İslam dünyası mimarlığı geometrik desenlerin oluşumu	24
2.3.5. İslami geometrik desenlerin temel özellikleri.....	27

Sayfa

2.3.6. İGD'lerin geometrik yapısı	31
2.3.7. İslam mimarlığı geometrik desen kompozisyonlarının biçimsel analizi ..	34
2.4. Teselasyon	38
2.4.1. Teselasyonların doğadaki örnekleri	41
2.4.2. Teselasyonlarda hareket edebilirlik/dönüştürülebilirlik	43
2.5. Origami	45
2.5.1. Origaminin temel teknikleri	46
2.5.2. Origami teselasyonlar	49
2.5.3. Origami sanatının mimaride kullanımı	50
2.5.4. Strüktür çalışmalarında origami	52
2.5.5. Kinetik yapılaşmalarda origami	54
2.5.6. Menteşelenebilir teselasyonlar.....	56
2.6. Hareket Edebilirlik.....	60
2.6.1. Kinetik yapılar	60
2.6.2. Mimarlıkta kinetik	63
2.6.3. Kinetik yapılar neden ve nasıl çalışmaktadır?	64
2.6.4. Dönüşüm stratejileri	66
2.6.5. Kinetik desenler	69
3. MATERYAL VE METOT	73
4. İSLAMİ GEOMETRİK DESENLER İLE KİNETİK YÜZEY TASARIMI SÜRECİ	81
4.1. Temel Biçimlerin Tanımlaması	81
4.2. İGD'lerin Detaylı Olarak İncelenmesi	82
4.3. Oluşturulan Modellerin Dönüşüm Yöntemi	87

	Sayfa
4.3.1. Dönüşüm	87
4.3.2. Teselasyonlar ve hareket edebilirlik	88
4.3.3. Çalışmada önem verilen hususlar	91
4.4. Model Tasarımı ve Oluşum Süreci	93
4.4.1. Sanal ortamda simülasyon modelleme	94
4.4.2. Maket çalışması ile simülasyon modelleme	99
5. SONUÇ, ÖNERİLER VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR	145
KAYNAKLAR	151
ÖZGEÇMİŞ	161

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. İslam dininde sayıların başlıca anlamı	26
Çizelge 4.1. Desenlerin hareket tipi ve sayısına göre sınıflandırması	143

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Altın oran ve altın dikdörtgen	15
Şekil 2.2. Leonardo Da Vinci tarafından çizilen Vitruvius Adamı	16
Şekil 2.3. Le Corbusier'in modular resimi	16
Şekil 2.4. Öklid geometri örnekleri	17
Şekil 2.5. Platonik cisimler	19
Şekil 2.6. İslami geometrik desenlerin geometrik temeli	25
Şekil 2.7. Kare ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci kök orantı sistemi	28
Şekil 2.8. Kök üç orantı sistemi	28
Şekil 2.9. Altın oran orantı sistemi	29
Şekil 2.10. Orantı kökleri: (a) $\sqrt{2}$ oranı; b) $\sqrt{3}$ oranı; (c) altın ortalama (Phi) oranı	29
Şekil 2.11. İGD'lerden bir rozet oluşum örneği ve birimi	32
Şekil 2.12. İslami geometrik desen aile ağacı	33
Şekil 2.13 (a, b, c, d, e, f, g, h, i ve j). Altıgen oluşum aşamaları	34
Şekil 2.14. Bir altıgen geometrik desen örneği	36
Şekil 2.15 (a, b, c, d, e, f ve g). Örnek altıgen desenin oluşum süreci	36
Şekil 2.16. Üçgenlerin, karelerin ve altıgenlerin düzenli teselasyonu	37
Şekil 2.17. Alhamra sarayında teselasyon örnekleri	38
Şekil 2.18. Düzenli teselasyonlar	39
Şekil 2.19. (a) Teselasyonlarda tepe; (b) Teselasyonların isimlendirmesi	40
Şekil 2.20 (a, b, c, d, e, f, g ve h). Yarı düzenli teselasyonlar	40
Şekil 2.21. (a) Bitki yapraklarında Stomata sistemi; (b) Stomata sisteminin çalışma detayı	42
Şekil 2.22. Bitki yapraklarının düzenlemesinden esinlenen modül desenleri	43

Şekil	Sayfa
Şekil 2.23. Escher çalışmalarından bir örnek	44
Şekil 2.24. Escher çalışmalarından bir örnek	45
Şekil 2.25. Ters kıvrım	46
Şekil 2.26. Elmas deseni	47
Şekil 2.27. Miura-Ori deseni	48
Şekil 2.28. Origami yapısı olarak tasarlanan cephe	55
Şekil 2.29. Kirigami örneği	56
Şekil 2.30. Teselasyon aracılığıyla altıgen origami oluşum süreci	57
Şekil 2.31 (a, b, c ve d). Kıvrım modeli, açılmış model ve katlanmış origami'nin arka ve önü	58
Şekil 2.32. Menteşeli desenler oluşumu	59
Şekil 2.33. Teselasyon için ilkel Örnek	59
Şekil 2.34. Altıgen ve üçgenden oluşan menteşeli desen	60
Şekil 2.35. Tipik bir mekanizma örneğinin kuvvet uygulanması neticesinde şekil değiştirmesi	61
Şekil 2.36. Temel hareket tipleri	62
Şekil 2.37. Mimaride kinetik tipolojilerin Şeması	62
Şekil 2.38. Angulasyon makas bileşenlerine dayanan serilebilir bir sığınak tasarımı ...	66
Şekil 2.39. Demonte edilebilir bir parça kiti sistemi örneği	67
Şekil 2.40. Katı mimari elemanların hareket sınıflandırması	68
Şekil 2.41. (a) Düzenli; (b) Yarı düzenli (Arşimet) teselasyonu	70
Şekil 2.42. Arşimet altıgenler ve üçgenler teselasyonuna dayalı döner diyafram ızgara	71
Şekil 3.1. Araştırma sürecinin taslağı.....	74
Şekil 3.2. Araştırma sürecinin içeriği.....	75
Şekil 3.3. Araştırma süreci aşamaları.....	76

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. (a) Üçgen: insan bilinci; (b) Kare: toprak ve maddiyat; (c) Altıgen: gökyüzü ve cennet	81
Şekil 4.2. İslami süslemelerde yaygın olarak kullanılan geometrik desenlerin dönme simetrileri	82
Şekil 4.3 (a, b ve c). Temel biçimlerin daire üzerinden analizi	83
Şekil 4.4 (a, b, c, d, e, f, g ve h). Çokgenlerin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analizi	84
Şekil 4.5. Örnek desenin geometrik çizimi	86
Şekil 4.6. Örnek desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analizi	86
Şekil 4.7. Düzenli origami teselasyonlar	89
Şekil 4.8. Temel kareler ve eşkenar üçgenlerden oluşan ızgara modelleri	89
Şekil 4.9. Karelerden oluşan {4,4} düzenli teselasyon şeması.....	102
Şekil 4.10. Kare teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	102
Şekil 4.11. Örnek teselasyonun çizimi	104
Şekil 4.12. Örnek teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	105
Şekil 4.13. Üçgen poligon biçimlerden oluşan düzenli teselasyon	106
Şekil 4.14. Örnek üçgen teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	106
Şekil 4.15. Altıgen birimlerden oluşan düzenli teselasyon	109
Şekil 4.16. Altıgen teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması .	111
Şekil 4.17. Örnek teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması ..	114
Şekil 4.18. Örnek İGD'nin teselasyon mantığı ile çizimi	115
Şekil 4.19. Kare ve sekizgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	116
Şekil 4.20. Kare, üçgen ve altıgenlerden oluşan birimin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	117
Şekil 4.21. Kare, üçgen ve altıgenlerden oluşan modülün küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	117

Şekil	Sayfa
Şekil 4.22. Örnek İGD çizimi	120
Şekil 4.23. Örnek desenin geometriksel çizimi	121
Şekil 4.24. Karelerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	121
Şekil 4.25. Örnek geometrik desenin çizimi	124
Şekil 4.26. Altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	124
Şekil 4.27. Örnk desenin çizimi, Hamse-i Nizami, Hirat, Afganistan 15.yy.	126
Şekil 4.28. Yamuk ve altıgenler biçimlerinden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	126
Şekil 4.29. Örnek geometrik desenin çizimi	129
Şekil 4.30. Karelerden oluşan örnek desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması.....	129
Şekil 4.31. Örnek desenin geometrik çizimi	132
Şekil 4.32. Üçgen, yıldız ve altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analizi	132
Şekil 4.33. Örnek desenin geometrik çizimi.....	134
Şekil 4.34. Altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	134
Şekil 4.35. Örnek desenin geometrik çizimi	136
Şekil 4.36. Kare ve altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması	136

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Bir bina yüzeyinde basit geometri kullanımı	11
Resim 2.2. ZAS Architects tarafından hazırlanmış bir bina yüzeyinde kompleks geometri kullanımı	11
Resim 2.3. Fahad milli kütüphanesi, yarı açık cephe	13
Resim 2.4. Şah Nimetullah Veli türbesi, Mahan, İran, 15.Yy	27
Resim 2.5. Doğrusal gelişen kompozisyonlar, Netenz Camii, Netenz, İran	32
Resim 2.6. Çok kollu yıldız geometrileri, Taj Mahal, Agra	33
Resim 2.7. Altıgenlerden oluşan desen örneği, Lashkar-i Bazar, Afganistan, 11. yy.....	35
Resim 2.8. Çapraz desen	47
Resim 2.9. Miura-Ori teselasyonundan üretilen modül	48
Resim 2.10. Miura-Ori prensibiyle üretilen uzay uydusundaki katlanan güneş paneli .	49
Resim 2.11. Mozaik origami - Ron Resch'in Waterbomb deseni; (a) Katlanmış konfigürasyon; (b) Katlanır yerlerin çizgi deseni	50
Resim 2.12. Hava harp okulu şapeli, Colorado Springs, ABD	51
Resim 2.13. Yokohama Uluslararası Yolcu Terminali / Foreign Office Architects (FOA).....	52
Resim 2.14. Brüksel'de evsizlere dağıtılan karton çadırlar	54
Resim 2.15. Kiragami yüzey örnekleri	56
Resim 2.16. Villa Girasole'un dış görünüşü ve merkezi kulesindeki dönme sistemin yapısı	63
Resim 2.17. Hareket edebilir serilen kalıp yapı	67
Resim 4.1 (a, b, c, d, e, f ve g). Temel biçimlerin küresel noktalar yöntemi ile analizi .	85
Resim 4.2. Topkapı sarayı'nın iç yüz desenlerinden bir örnek	86
Resim 4.3 (a, b ve c). Vadi ve tepelerin tekrarlamasıyla oluşan origami teselasyonlar örneği; üst: İki boyutlu çizimler; alt: Üç boyutlu resimler.....	90

Resim	Sayfa
Resim 4.4. Şeyh Lütfullah Camii'nin pencereleri, İsfahan, İran, 1619	92
Resim 4.5. Rhinoceros Grasshopper programında çizilen bir yaygın katlanır origami yapı örneği	96
Resim 4.6. Wolfram internet sayfasında yer alan geometrik bir desenin kinetik animasyon örneği	97
Resim 4.7. Codepen çevrimiçi yazılım internet sayfasından hareket eden karelerden oluşan kinetik bir desenin animasyon örneği	97
Resim 4.8. Algrant internet sayfasından çevrimiçi olarak kullanılan "hinged tessellations generator" sayfasından bir görüntü	98
Resim 4. 9 (a, b, c, d ve e). "Hinged tessellations generator" yazılımı yardımıyla bir yamuktan oluşan geometrik desenin hareket dizisinin animasyonundan görüntüler	98
Resim 4.10 (a, b, c ve d). Kare birimlerden oluşan düzenli teselasyonun tekrarlanır modülünün hareket dizisi	103
Resim 4.11 (a, b, c, d ve e). Kare birimlerden oluşan düzenli teselasyonun hareket dizisi	104
Resim 4.12 (a, b, c, d ve e). İki farklı ölçüde kare birimlerden oluşan düzenli teselasyon panelin hareket dizisi	105
Resim 4.13 (a, b, c, d ve e). Üçgen biçimlerden oluşan düzenli teselasyonun tekrarlanır modülün hareket dizisi	107
Resim 4.14. Üçgen teselasyonlardan oluşan ek bağlantılı kinetik yapı	107
Resim 4.15 (a, b ve c). Üçgen birimlerden oluşan panelin hareket alternatifleri	108
Resim 4.16. Üçgenlerden oluşan teselasyonun hareket edebilir panelin düzensiz hareket şeması	108
Resim 4.17 (a, b, c, d ve e). Çok yönlü dış güç etkileri ile düzenli hareketler gösterebilir panelin geometrik hareket dizisi.....	109
Resim 4.18. Doğal arı peteği	110
Resim 4.19. Yezd camii, iç yüz altıgen desen, Yezd, İran, 15.yy	110
Resim 4.20 (a, b ve c). Örnek İGD'den hareket edebilir panelin hareket dizisi	112
Resim 4.21. Altıgen ve üçgenlerden oluşan bir İGD, Topkapı saray, İstanbul	112

Resim	Sayfa
Resim 4.22. Altıgenlerin bir üçgen boşluk çevresinde birleşmiş modülü	113
Resim 4.23 (a, b, c, d ve e). Altıgenlerin bir kare boşluk çevresinde birleşmiş modülün hareket dizisi	113
Resim 4.24. Kare, üçgen ve altıgen biçimlerden oluşan yarı düzenli teselasyon, İspanya, Sevilla Arkeoloji Müzesi'ndeki mozaik zemin	114
Resim 4.25 (a, b, c ve d). Örnek teselasyonun hareket edebilir modülün düzenli hareket dizisi	115
Resim 4.26 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD' den hareket edebilir modülün hareket dizisi .	116
Resim 4.27 (a, b ve c). Örnek desenden oluşan modülün hareket dizisi	117
Resim 4.28. Resim 4.27'nin ışımsal olarak genişletilen modülü	118
Resim 4.29 (a, b, c ve d). Örnek teselasyon modülün düzensiz ve düzenli hareket alternatifleri	118
Resim 4.30 (a, b ve c). Örnek teselasyon modülün hareket şeması	119
Resim 4.31 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD' den oluşan modülün hareket dizisi	120
Resim 4.32. Örnek desen, Bagh-e Delgoşa, Şiraz, İran	121
Resim 4.33 (a, b, c, d, e ve f). Örnek İGD panelin düzenli/geometrik hareket dizisi	122
Resim 4.34 (a ve b). Örnek İGD panelin düzensiz hareket şeması.....	123
Resim 4.35. Örnek desenin Karakan kümbetlerin dış yüzeyinde kullanımı, Karahan, İran, 11.yy	123
Resim 4.36 (a, b, c, d ve e). Altıgenlerden oluşan düzenli teselasyonun tekrarlanır modülünün hareket alternatifleri	125
Resim 4.37 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD panelin düzenli ve düzensiz hareket alternatifleri	125
Resim 4.38. Yamuk birimlerden oluşan modül şeması.....	127
Resim 4.39 (a, b, c ve d). Yamuk birimlerden oluşan modüllerin düzenli ve düzensiz hareket dizisi	127
Resim 4.40 (a ve b). Örnek İGD panelin hareket şeması	128
Resim 4.41. Dış kontrol etkisi ile düzenli şekilde biçimlendirilmiş panel alternatifi	128

Resim	Sayfa
Resim 4.42. Karakan türbelerinden dış yüzey desen, Karahan, İran, 11.yy.	129
Resim 4.43 (a, b, c ve d). Örnek İGD modülün hareket edebilirlik alternatifleri	130
Resim 4.44 (a, b ve c). Örnek İGD panelin hareket alternatifleri	131
Resim 4.45. Yezd camiinde, altıgen, üçgen ve yıldızlardan oluşan iç yüzey süslemelerinden bir örnek desen, Yezd, İran, 15.yy.	131
Resim 4.46 (a, b ve c). Örnek İGD panelin hareket dizisi	133
Resim 4.47. Mustansiriya Medresesi dış yüzey süslemelerinden bir örnek desen, Bağdat, Irak, 13. yy.	133
Resim 4.48 (a, b, c ve d). Örnek İGD modülünün hareket dizisi	135
Resim 4.49. Şeyh Cebrail türbesi iç yüz süsölmelerinden bir örnek, Erdebil, İran, 17. yy.	135
Resim 4.50 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD panelinin hareket dizisi	137
Resim 4.51 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD' den hareket edebilir panelin hareket dizisi ...	137
Resim 4.52. Üçgen biçimin modül şeması	138
Resim 4.53 (a, b, c ve d). Kare modülünün biçim değiştirme dizisi	139
Resim 4.54 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k ve l). Altıgen biçimin, biçim değiştirme alternatifler şeması	140
Resim 4.55 (a, b, c, d ve e). Beşgen biçimin, biçim değiştirme alternatifler şeması	141

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

cm

Santimetre

m²

Metrekare

Kısaltmalar

Açıklamalar

İGD

İslami Geometrik Desenler

M.Ö.

Milattan önce

M.S.

Milattan sonra

yy

Yüzyıl

1.GİRİŞ

Mimari yüzeyler binayı dış ortamdan, rüzgâr, yağmur ve güneş ışığı gibi iklim koşullarından koruyan mimari elemanlardır. Yapı malzemeleri ve bina yapım teknolojilerindeki gelişmeler doğrultusunda, mimari yüzeyler de hızla değişmekte ve çeşitlenmektedir. Mimarlık tarihi boyunca yapılarda “hareket edebilir” mimari elemanlar kullanılmıştır. Ancak mikro ve makro düzeyde binaları etkileyen kinetik mimari, 20. yy sonlarında geliştirilen ve literatüre giren bir kavramdır. Zaman içerisinde yeni binalarda hareket edebilirliğin ötesinde duyarlı cephe (responsive facade) kavramı gelişmiştir. Bu gelişme mimari mekân algısı ve yapım tekniklerine disiplinler arası bir bakışın sonuç ürünüdür. Binanın yüzeyi statik değil dinamiktir ve çevresel etkiler sonucunda kullanıcı gereksinimlerine göre dönüşebilmektedir. Mimarlıkta kinetik yaklaşımlar adapte edilebilir mekân tasarımına katkı sunduğu için mimari mekân kalitesinin artırılmasında etkilidir. İç mekânın kontrol edilmesine yardımcı olarak bina hizmetleri sistemlerinin enerji tüketimine de katkı sağlayabilmektedir.

İslami geometrik desenler ve origami sanatı sentezinde kinetik yüzey elde etmek amacıyla denemeler yapan bu araştırmada öncelikle İslami sanat ve mimaride kullanılan geometriler araştırılmıştır. İslam coğrafyasında bina tasarımından cephe örüntülerine kadar pek çok seviyede bu geometrik yaklaşım kullanılmıştır. Bu örüntülerle elde edilen sonuç ürünler her ne kadar birbirinden farklı ve karmaşık görünseler de özünde benzer nitelikler taşımaktadır.

Araştırmanın bir sonraki aşaması bu örüntülerin analizi, geometrik açıklamaları ve kuralları üzerinde odaklanmıştır. Bu özellikler formların analiz edilmesinde ve yeni formların oluşturulmasında göz önünde bulundurulmuştur. Bu örüntülerin hareket edebilme potansiyellerinin araştırılması sürecinde origamik yüzeylerin mimari yüzey olabilme durumları araştırılmıştır. Origami sanatı, araştırma sürecinde bu sanatın matematik açısından ayrılmış bir dalı olarak tasarım sürecini etkilemiştir. Menteşelenebilir teselasyonlar (hinged tessellations) olarak isimlendirilen bu dokuların, düzenli ve yarı düzenli teselasyonlara ayrılarak, kinetik bir yüzey tasarımı için gerekli potansiyelleri barındırdığı görülmüştür.

Konunun tanımı

Binaların yüzeyi/kabuğu, bir mimari eseri tanımlayıp gösterebilecek en önemli öğelerden

biridir. Bu görsel ve simgesel etkinin yan sıra, hem geleneksel hem de çağdaş mimaride enerji kriterlerinin daha da önemsenmesinden dolayı tasarım yaklaşımları bu doğrultuda ele alınmaktadır. Çağdaş dönemde mimari yüzeylerin önemi Buckminster Fuller, Bernard Tschumi, Jean Nouvel ve Norman Foster gibi mimarların çalışmalarında görülmektedir. Çağdaş mimari çalışmaların gündeminde ele alınmakla birlikte, konuyla ilgili akademik çalışmalar da bulunmaktadır. Konunun bir diğer önemli boyutu, yeni tasarlanan mimari eserlerin kendi coğrafya ve kültürel değerlerini yansıtmasını sağlamaktır. Bunun yanı sıra bu kültürel öğeleri içinde barındıran mimarlığa temas etmenin sonucunda yeni mimari eserlerde, yaratıcı formların ortaya çıkmasıyla birlikte doğaya daha uyumlu yapılı çevrelerin tasarlanması umut edilmektedir.

Eski dönemlerde mimari yüzeyleri kaplayan materyaller, bina içinde ve yapısında kullanılan malzemelerden çok farklı değildir. İslam coğrafyasındaki mimari eserlerde iç ve dış materyallerin aynı olması bu iddiaya bir örnek teşkil etmektedir. Genel olarak yığma yapıların hepsinde bu materyal özdeşleşmesi görülmektedir. Ancak günümüze gelindiğinde yeni etkenlerin oluşması nedeniyle, mimarlık kavramları da değişmiştir. Daha önceki yıllara göre bina yüzeyleri daha gösterişli ve dayanıklı hale gelmiş ve ayrıca son yıllarda duyarlı bina yüzeyleri (responsive building skins) gibi kavramlar ortaya çıkmıştır.

Modern dönem binalarının yüzeylerinde kullanılan düzlemsel, basit ve pratik bir şekilde yapılan giydirme cephe sistemleri, zaman ilerledikçe yerini daha uyumlu ve duyarlı bina yüzeylerine bırakmıştır. Bu araştırma, çağdaş dönem gelişmelerini göz önünde bulundurarak yeni yüzeylerin tasarımı adına zemin oluşturulması ve geometrik oranlarla duyarlı cephelerin tasarlanması için orijinal bir fikir sunmayı amaçlamıştır. Bu konseptin gelişmesinde matematiksel hesaplamalardan ziyade, sezgisel geometrik algıya önem verilmiş ve alternatifler bu şekilde geliştirilmiştir. Mimari ve binalarla ilgili mühendislik alanlarında, geometrinin önemli bir rolü bulunmaktadır. Mimarlık tarihindeki altın oran ve mozaikleme gibi matematiksel ve geometrik ilkelere bakıldığında, geometrinin eski mimari üsluplardaki etkisi açıkça görülmektedir. Nitekim çağdaş mimarlar, tasarımlarında geometri ve yapı arasındaki ilişkiyi kullanarak tasarımlarını geliştirmişlerdir.

Dünyanın farklı noktalarındaki mimari eserlere dikkat edildiğinde, mimari yüzey tasarımının önemi anlaşılmaktadır. İslamiyet dönemi mimari eserler de, kendi döneminin kimlik ve tasarım düşüncesini taşımakla beraber işlev ve konuma göre oransal yüzeyler

ortaya koymuştur. Bu mimari üslupta, teselasyonun en üst düzeyde kullanıldığı görülmektedir. Dolayısıyla söz konusu dönemlerin mimari eserlerinde, bina yüzeyi binanın kimlik simgesi olarak vurgulanmaktadır.

Geometrik oranlar mimarlıkta çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Eski Yunan ve Roma mimarisi'ndeki altın oran (golden ratio) bunun en yaygın örneklerindendir. Afrika'dan Asya'nın uzak doğusuna kadar yayılmış İslam dininin sanat ve mimarisinde, geometrik oranlar temel öğelerden biridir. İslamiyet inancının getirdiği kısıtlamalar ve düşünceleri sonucunda oluşan geometrik desenler, bir binanın tasarımında işlevsellik ve verimlilik açısından ilkeler oluşturmuştur. Bu çalışmada İslam mimarisinin geometrik oranları, verimlilik özelliği bağlamında temel bir öğe olarak kabul edilmiştir.

Çağdaş toplumların yaşadığı en önemli sorunlardan biri insanların doğaya karşı olan yabancılaşmasıdır. Doğadan uzaklaşmanın bir sonucu olarak yeryüzü daha da yaşanılmaz hale gelmiştir. Dolayısıyla bu konunun mimarlığı ilgilendiren boyutlarının düşünülmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda, çalışmanın temelinde doğayla uyumlu olan bina kabuklarının tasarımı bulunmaktadır. Tarihi İslam mimarisinin doğayla uyumlu bir mimari olduğu varsayılarak ondan esinlenmiş mimari anlayış ve o mimari anlayışı oluşturan biçimler, doğaya uyumlu mimari tasarım için bir alternatif olarak düşünülmüştür.

Çalışmada İslamiyet dönemi mimari özellikleri araştırılmakla birlikte, bu mimari üslubun geometrik özelliklerine odaklanılmıştır. İslamiyet'in yayıldığı coğrafyada inşa edilen mimari eserler, bir mimari üslup oluşturmuştur. İslami olarak adlandırılmasına rağmen, bu topraklardaki sanat ve mimarlık üslubu tamamen İslami düşünceden kaynaklanan eserler olmamış, zaman içinde o coğrafyalarda yaşayan toplumların kültür ve geleneklerinin bu üsluba ciddi katkıları olmuştur. Genel anlamda bu geniş coğrafyadaki mimari eserler birbirlerine benzemekle birlikte, bölgesel olarak kendi kimliklerini taşımakta ve yerel anlamda ayrışabilmektedirler. Bu çeşitliliğin kanıtları binalardaki süslemelerde daha net bir şekilde görülmektedir.

Eski geometrik desenlerin oluşumuna dair yapılan araştırmaların birçoğunda süsleme sistemlerinin temel formunun daire olduğu görülmektedir. Genel olarak desenlerin geometrik oluşumu hakkında yapılan araştırmaların birçoğunun konusu, dairelerin

birleşmesi ve hangi noktalardan kesiştiklerine bağlı olarak çeşitli biçimler ve yüzey biçimlerinin oluşmasıdır. Geometrik desenleri anlamak için üzerinde analizler yapılması gerekmektedir. Bu alan anlamsal ve biçimsel açıdan çok geniş olduğu için hepsinin üzerinde çalışmak bu çalışma türüne uygun değildir; dolayısıyla konuya en çok yardımcı olabilecek biçimleri inceledikten sonra düzenli¹ veya yarı düzenli² teselasyonlar seçilmiştir. Araştırmada İslami geometrik desenler içinden, teselasyon kavramına uyan desenleri seçilmesiyle birlikte çalışmanın amacına ulaşılmıştır. Bunların yanı sıra bazı biçimler ve desenlerde kinetik kanunların açıklayıcısı olmaları nedeniyle çalışmaya dahil edilmişlerdir. Teselasyon, aralarında herhangi bir boşluk kalmadan veya birbiri üzerine örtüşmeden bir düzlemi kaplamak için kullanılan düzlemsel şekiller kümesi olarak da ifade edilen yaygın bir matematiksel tekniktir. Literatürde, mozaikleme³ olarak da isimlendirilen teselasyon, bir bina yüzeyini kaplayabilecek en verimli ve kontrol edilebilir yöntemlerden biri olarak tanımlanmaktadır. Biçimlerin bir araya gelmesini sağlayan bu teselasyonlar bina yüzeylerinin kaplanması için bir yöntem oluşturmaktadır. Teselasyonlar sadece mimarlık alanında kullanılmamış veya bir mimari üsluba ait olmamıştır. Doğa dikkatle incelendiğinde, teselasyonların esas kaynağının orası olduğu görülmektedir. İslam mimarlığı sadece kendi dini ve düşüncesine bağlı kalmayarak doğanın içindeki düzeni araştırıp düşünerek, sanat ve mimaride kendi tarzını oluşturmuştur.

Yaşadığımız modern çağ içinde bulunan teknolojik çalışmalardaki değişim hızı bina ve mimari alanlarını da etkilemektedir. Bu hızlı değişimin nedeninin, doğal kaynakların her geçen gün azalması ve bu kaynakların maliyetlerindeki artıştan kaynaklandığını söylemek mümkündür. Bu ekonomik ve doğaya dayalı değişimlerin bir sonucu olarak mimari biçimler de değişmektedir. Kinetik mimarlık çevreye uyum sağlama özelliği sayesinde bu değişime pozitif bir katkı sağlaması açısından büyük bir önem taşımaktadır. Kinetik mimari, güneş enerjisini azaltmaya ve binaya taze havanın geçişini sağlayarak iç ortam hava kalitesinin değiştirilmesine yardım etmektedir. Cephenin hareketli elemanları, iklim ve diğer çevresel faktörlere, zamana, seviyeye ve kullanım türüne göre programlanabilmekte ve böylece performans ve verimliliği arttırılabilmektedir. Kinetik bir bina cephesi, statik veya sabit olmaktan ziyade dinamik olarak değişen, binanın yüzeyinde harekete izin veren bir cephedir. Bu durumda, Buckminster Fuller'ın “bir eklem yeri olarak yüzey etkisi” (skin-like

1 Regular Tessellations

2 Semi-regular Tessellations

3 Tiling

articulation) (Nakapan ve Siripattanamongkol, 2019) olarak ifade ettiği anlamı daha iyi anlaşılır ve bir binanın sadece bir konteyner olmayıp, aktif bir sistem olduğu fikrinin bir uzantısı olduğu söylenebilir.

Geometrik desenlerin hareket edebilir kinetik bir yüzeye dönüşmesi için origami sanatından yardım alınmıştır. Eski bir uzak doğu kâğıt katlama sanatı olan yöntem, çağdaş mimaride katlanabilir formların tasarımına yardımcı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada origami tekniğinin bir yöntem olarak kullanılmasının nedeni, origami ile İGD’ler arasında olan benzerliktir. Her iki sanatta da üçgen formlardan oluşan dokuların olması bu seçimin en önemli nedenlerinden olmuştur. Bu ortak özellikten yola çıkılarak origami sanatının geometrik ve matematiksel potansiyelleri “seçilmiş teselasyonlarda” denenerek farklı alternatifler üretilmiştir. Menteşeli teselasyonlar (hinged tessellations) matematikçiler tarafından origami sanatının bir dalı olarak ele alınmıştır⁴. Mimari eserler incelendiğinde origamiden esinlenmiş sınırlı sayıda kinetik yapının var olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile kinetik yapıların sayısının artırılması amacı doğrultusunda origami sanatından destek alarak İGD biçimlerinin hareket edebilirlik potansiyeli sergilenmeye çalışılmıştır.

Araştırmanın temel konsepti, İGD’lerin mimari yüzeylerde etkin bir şekilde kullanılmasıdır. Bu çerçevede, araştırma, cevap bulmaktan ziyade bir eğitsel süreci hedeflemektedir. Konunun birçok yöntem ve teknik disiplinle sınırlı olmasıyla birlikte, bu yöntem ve teknikleri birleştiren nokta biçimlerin hareket edebilir olmasıdır. Bu amacın gerçekleşmesi için simülasyon (modelleme) yönteminin kullanılması uygun bulunmuştur. Bu modellemelerin ilk aşamada bilgisayar destekli tasarım programları ile yapılması planlanmıştır. “Rhino/Grasshopper” gibi grafiksel programlarda çizim ve modelleme potansiyelleri araştırılmıştır, ancak araştırma konusu olan modellemeler için bir ara yüz bulunamamıştır. Bir başka yöntem olarak C tabanlı bilgisayar kodlama programlarından yardım alınmaya çalışılmıştır. Tasarlanacak bir mimari kabuğun yapısal, estetik veya işlevsel açıdan irdelenmesi için onun geometrisini anlamak gerekir. En doğru geometriyi bulmanın yolu, denemeler yardımıyla çeşitli modellerin üretilmesi ve onların karşılaştırılmasıdır. Bu sebeple farklı İGD temel alan maketler hazırlanarak menteşeli teselasyonlar oluşturulmuş ve söz konusu örüntülerin kinetik olma potansiyelleri araştırılmıştır.

4 Çalışmalar, Greg Frederickson ve Helena Verrill tarafından yapılmıştır.

Mimari uygulamalarda kullanılan teselasyon tabanlı yüzeylerde gün ışığı geçirgenliği kontrol edilmektedir. Dolayısıyla önerilen alternatiflerde teselasyonun açılıp kapanması ile birlikte, güneşin ısı ve ışığı ile genel olarak bina dışı etkenlerin nasıl kontrol edilebileceğini göstermek amacıyla alternatif fiziksel modeller yapılmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, alternatif modellerin uygulanması halinde, sensörler yardımıyla duyarlı cepheler tasarlanabilir.

Araştırmanın sorusu

İslamiyet dönemi mimarisinde kullanılan geometrik desenlerin günümüz koşullarına göre yeniden yorumlanması ve origamik tekniklerin kullanılması ile kinetik mimarlık araştırmaları için bir veri sağlaması mümkün müdür?

Araştırmanın amacı

Bu çalışmada, İslamiyet dönemi mimarisi, geometri, origami ve kinetik mimarlık disiplinlerinden destek alarak ve bu disiplinleri birleştirerek, matematiksel teselasyon yöntemiyle, düzenli kinetik düzlemsel yüzeylerin tasarlanması için denemeler yapılmıştır. Denemelerin sonucuna bağlı olarak da, çalışmanın devamında menteşeli teselasyon tabanlı kinetik yüzeyler için bir yöntem bulunmaya çalışılmıştır.

Araştırmanın önemi

Küreselleşen dünyamızın en önemli sorunlarından biri, "kimlik" meselesidir. Toplumların kimliklerini ve beğenilerini şekillendiren geleneksel biçimler ise "mimari kimlik" konusuna bir çözüm yolu olarak dayatılabilmektedir. Öte yandan enerji kaynaklarının tükenmesi ile birlikte iklim ve çevre bilimciler tarafından dünyanın yaşanılmaz hale geleceği öngörülmektedir. Bu tezde toplumların eski kültür ve sanat değerleri temel bir bilgi olarak kabul edilerek, doğayla uyumlu çağdaş tasarım ve üretim yöntemleri ve çözümlerinin bulunmasının önemi vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda, desteklenebilecek "form arayışlarında" matematiksel teselasyon çalışmalarının önemine odaklanılarak bir çalışma yürütülmektedir. Çağdaş tasarım yöntemlerinden birisi, kinetik strüktürlerdir ve bu strüktürler yeni yüzeylerin en önemli araştırma alanlarından biri haline gelmiştir. Özellikle

sürdürülebilirlik üst başlığı ile çevre koşullarına tepki veren cephe tasarımı konusunda önemli bir araç/ara yüz olarak origami sanatının İslami geometrik örüntülerle birlikte ele alınması fikri bu alanda çalışma yapacak araştırmacılar için önemli bir potansiyel barındırmaktadır.

Araştırmanın varsayımları ve sınırları

Çalışmaya, temel poligonal teselasyonlar kullanmanın, disiplinler arası, çok boyutlu ve verimli bir biçimlendirme yöntemi olabileceği kabulü ile başlanmıştır. Düzenli ve yarı düzenli teselasyonları kapsayan bu çalışma, gerekince bu kapsamda sığmayan İGD'leride deneme listesine almıştır. Başka bir ifade ile bu çalışma, mimari temel biçimler desteği ile hareket edebilir biçim tasarımını, benzetme ve modelleme metoduyla geliştirerek, hesaplamalı tasarıma taban oluşturabilecek bir biçimlendirme yöntemi denemektedir. Bu biçimlendirme yönteminin nesnesi, poligonlar ve teselasyonlar olarak kabul edilmiştir.

Temel polihedronların ve poligonların yapısı doğadaki biçimlenme sisteminden alınmıştır. Bu yapı, doğanın kimyasal ve cansız kristal biçimlerinde bulunmaktadır. Öte yandan İslami sanat ve özellikle geometri eserleri incelendiğinde, İslam sanatı ve düşüncesinin doğadan esinlendiği gözlemlenmektedir. Kısaca, destek alınan iki farklı disiplinin kökenlerinin, çalışma sorunu ve amacına atıfta bulunarak, aynı olduğu var sayılmıştır.

Araştırmanın yöntemi

Bu tez çalışmasının sonraki bilimsel eleştirilere ve gelişmelere açık olması için belli soruların cevaplanması gerekmektedir; bu araştırmada toplanan veriler ve temel bulgular nasıl ve hangi araçlarla analiz edilecektir? Söz konusu olan araştırma türüne nasıl yaklaşılr? Hareket edebilir biçim bilgisini geliştirmek için hangi bilimlerin kullanılması konuyu istenen hedeflere ulaştırabilmektedir? İslami desenlerin hareket edebilirlik ve üç boyutlu olma potansiyelleri araştırmasında, poligonlar ve polihedronlar nasıl bir temel bilgi oluşturmaktadır? Bu makro ve mikro düzeydeki sorular, araştırma yöntemine karar verme sürecinde incelenmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi, bu çalışmanın temel amacı kinetik düzlemsel yüzeylerin tasarlanması için matematiksel teselasyon tekniği yardımıyla bir yöntem geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle konunun araştırma kapsamı, amacına göre belirlenmiştir. Konunun araştırılması için çeşitli disiplinler incelenmiştir;

ardından benzetim (simulation) metodu yöntem olarak kabul edilmiş ve toplanan veriler ve analizler temel alınarak fiziksel modeller/maketler hazırlanmıştır. Yaparak öğrenmeye yardımcı olan benzetim modelleri, mimarlık eğitiminde ve tasarım uygulama alanında önemli roller üstlenmektedir. Bu metotla yapılan çalışmaların sonucu somut ve bağımsız bir şekilde değerlendirilebilir.

Çalışma sürecinde parçadan bütüne giden bir sistem mantığı takip edilmiştir. Kendi içerisinde bir mantığı bulunan sistemde, çalışan parçalar arasındaki ilişkinin matematiksel, yaparak öğrenmeye dayalı, işlevsel ve bağlamsal, geometrik değişime ve yeni birleşimler oluşturulmasına yönelik bir çalışma olması sebebiyle, benzetim yöntemi gerekli altyapıyı sağlamaktadır.

Deneylerle metot geliştirme sürecinde, origamik teselasyon üzerinden bazı bilgisayar programları aracılığıyla denemeler yapılmıştır. Bu programlar aracılığı ile gramer kurallarıyla türeyebilecek yeni örüntü denemeleri yapılmıştır. Yürütülen çalışmada, kinetik hareket üzerinde denemeler yapılarak onun mantığı ve tanımına odaklanılmıştır. Rhinoceros/Grasshopper bir parametrik tasarım programı olarak ve C tabanlı bilgisayar programları ise modellerin nasıl hareket ettiğini ve nasıl değiştirilebileceğini görmek için tasarım sürecinde kullanmıştır. Yeni kinetik formlar bulma sürecinde bu programlar tasarımcının yaratıcılığını sınırladığı için beklenen modellerin ortaya çıkması zorlaştırmıştır. Bunun nedeni ise, bu programlar daha karışık modellerin çizimi için zaman ve donanım açısından yeterli bulunmamasıdır. Dolayısıyla tasarımcının zihninde oluşan biçimleri kolaylıkla üretmek daha da zorlaşmıştır. Araştırma konusu, menteşeli teselasyonlar ile sınırlandırıldığı için gerçek modelleme bir sonraki modelleme aracı olarak seçilmiştir. Çalışma gereği oluşturulan prototip ile anlaşılmaya ve irdelenmeye çalışılan bilgi, araştırmacı tarafından istendiği kadar tekrar edilebildiğinden dolayı, bu süreçte yeni kurallar ve tasarım cevapları bulması açısından modellemeyi devam edebilir hale getirmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Mimari yüzeylerin en belirgin fonksiyonu, bir yapıyı dış çevreden koruyan mimari unsur olmaları ve yapıyı iklim koşullarına karşı korumalarıdır. Mimari kabuk, yapıyı çevreleyen ve ortamı dış ve iç olarak sınıflandıran fiziksel özelliklere sahiptir. Yapı kabuğunun tasarımında mimari yüzeylerin form ve biçimlerinin işlevi ve estetiği önem arz etmektedir.

Yüzyıllardan beri yapıli çevrelerde form ve strüktür tasarımında, geometri ve sayısal tasarım öğeleri kullanılmıştır. Geometri mimari tasarımın en vazgeçilmez araçlarından biridir. Çalışmanın bu bölümünde geometrinin mimarlıkta kullanımı ve İslam dünyası mimarlığı özelinde geometrik desen tasarım yöntemleri anlatılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın esin kaynağı olan İGD’lerin (İslami Geometrik Desenlerin) çağdaş dönem yöntemleri çerçevesinde yorumlanma olasılıkları üzerinde durulmuştur. Teselasyonların kinetik mimarlık bağlamında ele alınmasıyla hareket edebilirlikleri ve dönüştürülebilirlikleri tartışılmıştır. İGD’ler ve origami sanatının benzerlikleri ve mimariye yansımaları üzerinde durularak teselasyon ve origami sanatı entegrasyonlarının mimari yüzeylerdeki yeni form bulma-üretme çalışmaları doğrultusunda tanımlamalar ve açıklamalar yapılmıştır.

2.1. Mimari Yüzeyler, Cepheler ve Kabuklar

TDK Türkçe sözlükte⁵, kabuk kelimesi isim olarak tanımlanmış ve bir şeyin üstünü kaplayan ve onu dış etkilere karşı koruyan veya kendiliğinden oluşmuş sertçe bölüm olarak açıklanmıştır. Hasol (2014), Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü’nde mimari kabuk terimini “yumurta kabuğu ilkesindeki gibi, kendi kendini taşıyan ve geniş açıklıkları kolayca aşabilen çelik, ahşap ya da betonarme çok ince örtü”⁶ şeklinde açıklamaktadır. Aynı kaynakta, Arapçadan alınmış olan cephe kelimesi, “bir binanın yüzeylerinden her biri; özellikle ön yüzü” olarak ifade edilmiş, yüzey terimi ise “bir cismi uzaydan ayıran dış ve yaygın bölümü” olarak açıklanmıştır (Hasol, 2014: 108, 230 ve 511).

5 Türk Dil Kurumu: TDK (<http://www.tdk.gov.tr/>)

6 Kabuk, etkisi altında bulunduğu kuvvetleri iki boyutta yanyan taşıyıcı bir eğri yüzeydir. Kabuklar tek ya da iki eğrilikli yüzeyler oluşturabilirler. Bunların kalınlıkları, aştıkları açıklıklara oranla çok azdır. Bir taşıyıcı örtünün kabuk sayılabilmesi için üç koşul gereklidir 1. Tek ya da çift eğrilikli olması, 2. Kalınlığının açıklara göre son derece az olması, 3. Kabuğun hem basınca hem de çekmeye karşı koyacak öğelerden oluşması. Bu nedenlerle, her küre ya da silindir parçası kabuk olmayabilir. Örneğin, tuğla kubbeler küresel oldukları halde basınç ve çekme kuvvetleri dağılımı bakımından kabuk değildirler; tonozlarda ise kuvvetler tek doğrultuda yayılırlar. İlk kabukları Dischinger Almanya’da yapmıştır. İlk büyük kabuk 1926’da Düsseldorf’ta yapılan Planetarium’dur. Kabukların çoğu betonarme olup kalınlıkları 7-8 cm’dir (Hasol, 2014).

Mimari yüzeyler, mimarlıktaki farklı felsefi ve düşünsel kurgulara göre şekillenmektedir. Mimari biçim mekânsal-kütlesel bir kurgu sonucu “iç” ve “dış” olarak mimari yüzeyler ya da kabuklarla (architectural envelope) sınırlanır. İç ve dışı oluşturan araç bir mimari yapının kabuğu olarak da tanımlanabilir. Mimari kabuk ile mekânı dıştan ayıran bir tampon ve dışla ilişkisini koparmayan bir sistem kurgulanmalıdır. Bu sistemin kurgulanması ve kabuğun şekillendirilmesinde “dış faktörlerin etkisi” önemli bir parametredir. Mimari kabuk, mimarinin dışarıdan hacimsel olarak algılanan biçimi ve bina ile dışarının iletişim aracıdır. Bu bağlamda kabuk/yüzey/cephhe görsel algıya dayalı fiziksel özelliklerinin yanında, binanın kamusal yüzüdür ve soyut-simgesel değerler de taşımaktadır (Nagy ve diğerleri, 2016).

Farklı bir açıdan işlevsel ve estetik anlamda bakıldığında mimari yüzeylerin farklı özelliklerini vurgulayan ifadelerle karşılaşmak mümkündür. Örneğin Cordon (2002), mimari kabukların binalardaki önemini “...mimarın en büyük sorunu, yapı kabuğunun biçimini, yapının var olma nedeni olan bütün amaçları yerine getirebilmesini sağlayacak şekilde biçimlendirmektir” şeklinde açıklamaktadır (Cordon, 2002).

Yüzyıllar boyunca mimarlar, tüm teknik ve sanatsal becerilerini başarılı bir bina kabuğu/yüzeyi/cephesi elde etmek için geliştirmişlerdir. Mimari yüzeyler bir mimari eserin kimliğini belirleyen ve onu tanımlayan bina öğeleridir. Mimari tasarım aşamasında yaratılmak istenen iç mekân ve kabuğu etkileyecek olan dış etkenlerin belirleyiciliği titizlikle ele alınmalı ve tasarım gerçekleştirilmelidir. Tasarım aşamasında, binanın konumu, bağlamı, yapıldığı dönemin teknolojik düzeyi, sosyo-kültürel değişimler, estetik ve kültürel veriler dikkate alınarak tasarlanan mimari yüzey ile kalıcı ve sorunsuz bir mimari eser üretilebilecektir.

2.1.1. Mimari yüzeylerde geometri

Mimarlık tarihi incelendiğinde mimari form ve strüktürün kurgulanmasında kullanılan geometrinin önemi görülecektir. Her bina, tasarlandığı basit ya da karmaşık çizgileri ile kendine özgü bir yüzeye/kabuğa sahip olmaktadır (Resim 2.1). Söz konusu yüzeylerin oluşumunda, işlevsel, estetik, kültürel ya da çevresel faktörler etkili olmaktadır. Geometri ise bu şartların yerine getirilmesi için bir başka ifade ile “tasarımın” en temel araçlarından biridir. Hem geleneksel hem de çağdaş tasarım süreçlerinin tekil ve bütüncül boyutları irdelendiğinde geometrinin biçim ve mekânı belirleyen rolü anlaşılacaktır.



Resim 2.1. Bir bina yüzeyinde basit geometri kullanımı (URL-1)

Günümüzde yeni mimari kavramların ortaya çıkmasıyla birlikte, farklı geometrik biçimler de görülmektedir. Güncel mimari kabuk yaklaşımlarında farklı geometrilerin denendiği, heykelsi form ve strüktürler sıklıkla kullanılmaktadır. Parametrik tasarım bu yeni geometrik anlayışın başta gelen araçlarından biri sayılmaktadır. Geleneksel geometri kullanımı ise yüzyıllar boyunca kendine ait desenler ve örüntüler oluşturmuştur. Bu desenlerin kaynağı coğrafi olarak değişse de, hepsinde temel ve basit biçimlerden başlayıp, onların bir araya gelme kuralları ile oluşan form dizgileri bulunmaktadır. Söz konusu geometrik desenler ve örüntüler sadece mimarlar tarafından değil tüm tasarımcılar ve şehir plancıları tarafından da kullanılmıştır. Çağdaş döneme gelindiğinde ise mimari kavramların ve yaklaşımların değişmesi ile birlikte mimarideki geometri anlayışı da değişmiştir. Güncel geometrik anlayışların gelişmesiyle desen ve örüntü kullanımı da değişmiş ve çeşitlenmiş, buna bağlı olarak mimarideki kullanımı da farklılaşmıştır (Resim 2.2).



Resim 2.2. ZAS Architects tarafından hazırlanmış bir bina yüzeyinde, karmaşık geometri kullanımı (URL-2)

2.1.2. Mimari yüzeylerde dönüşebilirlik ve hareket

Bir binanın çevresi ile uyum halinde yaşaması için en etkin yöntemlerden biri de mimari yüzeyin hareket edebilirliğinin ve dönüşebilirliğinin sağlanmasıdır. Bu iki kavram literatürde genellikle iki başlık altında tartışılmaktadır: a) Mimari mekanlarda saydamlık-yarı saydamlığını yaratması için yüzeylerde güneş kontrolünün kullanılması; b) mimari yüzeylerin çevresine duyarlı olması ve tepki göstermesi.

Yapılan literatür taraması sonucunda özellikle “katlanan yüzeylerin/modüllerin” bu iki kavramı da kapsayan ve çevreyle uyumlu mimari yüzey arayışlarında önemli bir araştırma alanı olduğu görülmüştür. Katlanan modüllerle şekil değiştiren kabuk yapıları, yapısal, işlevsel veya görsellik gibi farklı amaçlar için yüzeydeki şekil değişikliklerine uyum gösterebilen ve esnek bir bina zarfı sağlayan bir mimari ara yüz olmaktadır.

Binalar dış duvarları aracılığı ile iklim faktörleriyle iletişim kurmaktadır. Bir bina yapısının başarılı bir mimari eser olması için, bu iletişimin olumlu/uyumlu özelliklere sahip olması gerekmektedir. Dış duvarlar genellikle “cepheler” olarak adlandırılmaktadır. Bina ve çevresi arasında olması gereken olumlu iletişim, bir binanın çevre koşullarından yararlanarak daha düşük miktarda enerji sarfıyatı sağlaması ve iç iklim koşullarının bu kontrol sayesinde optimum hale getirilmesi olarak algılanmalıdır.

Son yıllarda cephelerin yeniden tartışma konusu haline gelmesi, şüphesiz bina kabuğunun enerji tüketimindeki önemi ve doğal enerji formlarını etkin olarak kullanabilmesi nedeniyledir. Adaptif bina kabukları esnek ve estetik bir kurguyla dinamik bir yüzey oluşumuna izin verirken, günün farklı saatlerinde ya da yılın farklı mevsimlerinde çeşitli mimari kompozisyonlar ortaya çıkarmaktadır. Bina yüzeylerinin hareket edebilmesi ilk aşamada ışık geçirgenliğini etkilemektedir (Resim 2.3). Bu durumda güneş ışığı veya çevredeki yapay ışıklar, yüzey geçirgenliğinin izin verdiği ölçüde bina içine sızabilecektir.

Gezegendeki tüm yaşamın en önemli, doğrudan ve dolaylı kaynağı ve temeli kuşkusuz ki güneştir. Dünyadaki güneş enerjisi miktarı, mevcut küresel enerji talebinin yaklaşık 10.000 katına eşittir (dünya atmosferinin dış sınırlarının her metre karesinde ortalama 1353 W'lık bir enerji akışı meydana gelir) ve insan ölçeğinde düşünüldüğünde güneş tükenmez, ücretsiz ve çevre dostudur. Bu enerji kaynağından yararlanabilmek için, cephenin yönelimi ve eğimi

ile bağlantılı olarak radyasyonun yoğunluğunu ve süresini dikkate almak hayati önem taşımaktadır (Herzog, Krippner and Lang, 2004: 20). Gün ışığını yönlendiren sistemler, yapay aydınlatmanın neden olduğu enerji tüketimini azaltabilir ve görsel konforu artırabilir. Bununla birlikte, ışık yönlendirici sistemler hala çok pahalıdır ve tasarım açısından bakıldığında, camın diğer kısımlarından çok farklı görünmektedir, çünkü bunlar dışarıya engelsiz bir görsel temas sunmamaktadırlar. Bu nedenle üst kısımda ışık yönlendirici işlevsellik sağlayan jaluziler gibi güneş koruma sistemleri sıklıkla kullanılır. Bu durumda, üst panjurlar farklı bir açıda ayarlanır veya farklı biçimde şekillendirilir (Knaack, Auer, Klein and Bilow, 2007: 82).



Resim 2.3. Fahad Milli Kütüphanesi, yarı açık cephe (URL-3)

Adaptif (adaptive) uyum sağlayabilen-, kelimesinin etimolojisi Latince “adapto” dan, (to, to, at) + aptodan (adjust: ayarlamak, adapt: uyarlamak; prepare: hazırlamak) kaynaklanır. Uyum “düzeltmek” anlamına gelir. Adaptation (uyum) terimi, mimari eserlerin değişen morfolojilerine göre mimaride yaygın olarak kullanılmaktadır. Değişen bu morfolojiler, mimarlığın bir toplumsal varlık, teknolojik ürün ve bir uygulama olarak zamanla değişmesi ve evriminin bir sonucudur.

İnsanların yaşam alanı sürekli olarak değişen doğa ve çevre güçleriyle çevrilidir. Her şey değişen derecelerde dinamizme sahip olarak sürekli hareket halindedir. Yaşadığımız mekânlar sürekli değişmektedir, ancak değişim fiziksel olmayan koşullarla gerçekleşir. İnsanın yaşadığı mekânların fiziksel durumu az ya da çok sabittir. Bir bina kabuğu, yapıyı doğrudan dış ortamdan koruyan ve binaya strüktür ve istikrar sağlayarak konforlu iç mekânların korunmasına yardımcı olan dikey (cephe) ve yatay (çatı) bileşenlerden oluşur.

Geleneksel bir bina yüzeyi stabilite sağlar, hava basıncını düzenler (fenestrasyon) ve iç mekânı doğrudan çevresel faktörlerden (güneş ışığı, yağmur ve rüzgâr) korur. Yapı kaplamaları, duyarlı mimarlık kavramını çözmek için hayati bileşenlerdir; zira bunlar, çevresel bir uyarana yanıt vermek için bina sistemine bilgi verebilecek araçlardır. Bu nedenle, etkili bir akıllı bina yüzeyinin temel özelliği, düzenleme, geliştirme, zayıflama, reddetme ya da tuzaklama yoluyla enerji akışını bina kabuğu boyunca değiştirme yeteneğidir (URL-4).

Değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilen binalar adaptif olarak adlandırılır. Uyarlama genellikle binaların ve bina cephelerinin mevcut hava koşullarına uyum sağlaması anlamına gelir. Çevreden izole olmak yerine, daha fazla faydalanmak gerekir, çünkü bu durum hem kullanıcıların konfor seviyesi hem de enerji tüketimi üzerinde olumlu etkilere neden olacaktır. Özellikle Orta Avrupa'da, geliştirilen cephe teknolojileri sayesinde, mekanik havalandırma yöntemleri evrilerek, doğal havalandırma ve güneş korunumuna izin vermektedir (Knaack, Auer, Klein and Bilow, 2007: 85).

Bir cephenin tasarımı, binanın bulunduğu yere de saygı göstermelidir. Farklı coğrafi konumlar, diğer birincil gereksinimlere sahip farklı iklim özelliklerine sahiptir. Daha fazla iç konfor (daha iyi hava kalitesi, termal konfor...), daha iyi bir kullanıcı sağlığı ile üretkenliği artırır. Ayrıca, ham madde kaynaklarının tükenmesi ve artan malzeme maliyetleri ile ilgili güncel sorunlar, enerji kullanımını ve malzeme tüketimini daha da azaltan yenilikçi konseptlere olan talebi de giderek artmaktadır. Genel enerji kullanımını ve çevresel etkileri azaltmak için gelişmiş cephelerin amaçlarına ancak bu farklı yönlerle uyulduğunda ulaşılabilir (Lee, Selkowitz, Bazjanac, Inkarojrit and Kohler, 2002: 9).

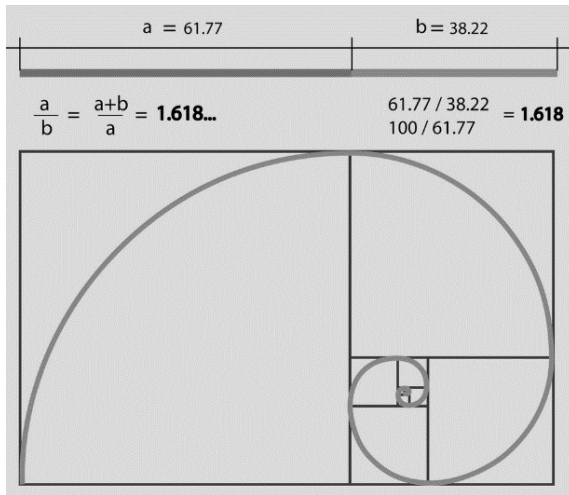
2.2. Mimarlıkta Geometri

2.2.1. Geometri ve oran

Geometri kelimesi etimolojik açıdan, yer anlamında olan “geo” ve ölçüm anlamına gelen “metria” kelimelerinden oluşan Yunanca kökenli bir kelimedir. Bu açıklama ile geometri, yerin ölçülmesi anlamına gelmektedir. Geometri bir matematik dalı olarak, noktaların, çizgilerin, açılar, yüzeylerin ve katıların ölçümü, özellikleri ve ilişkileri ile ilgilenen bir matematik dalıdır (URL-5). Genel anlamda şekillerin ve cisimlerin uzayda tasarlanabilmesine olanak sağlayan bir bilim dalıdır. Mimarlık disiplininde ise, geometri bir

mimari yapı ve formu oluşturabilecek temel bir araçtır. Bu araç oransal sistemlerin desteği ile estetik, sağlam ve işlevsel mimari oluşturmak için tarih boyunca kullanılmıştır.

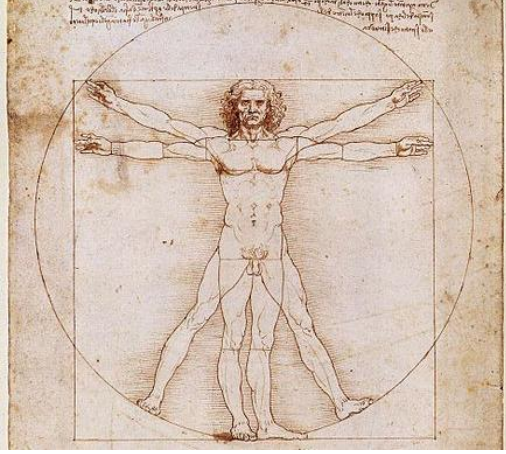
Vitruvius, “simetri ve oran olmadan, hiçbir tapınağın düzenli bir planı olamaz” sözleri ile yapı ustalarının tapınaklar inşa ederken daima doğru oranları kullanmaları gerektiğinin altını çizmektedir. Kendisi, insanın şaşırtıcı derecede kusursuz bir orana göre şekillendiğini gözlemlemiştir. Bilim adamları ve filozoflar, Vitruvius'un insan vücudunda (l'den phi'ye (Φ) ya da 1.618) gördüğü aynı oranın, doğadaki her bir canlı oluşumda var olduğunu keşfetmiştir. Altın oran veya ilahî oran olarak adlandırılan Vitruviyen oran, tüm yaşamın yapı taşı olarak görülürken mimaride de gizli kod gibi kullanılmıştır (URL-6). Eski dönemlerden günümüze dek mimarlar ve sanatçılar en etkin oran sistemlerini bulmak için çalışmışlardır. Mimaride sıklıkla rastladığımız bu oranların en önemlisi altın oran (golden ratio) olarak günümüze kadar kullanmıştır (Şekil 2.1). Altın oran, yüzyıllar boyunca sanat ve mimarlığı etkileyen bir sayı olmuştur. Bu cazibenin kökenini, sayının yorumlanmasında, genellikle ideal olarak görülen ya da özellikle resimler, heykeller ve (binaların bölümleri) için hoş görülen bir oran olarak bulunması belirlemiştir. Antik dönemlerde oranlama sistemleri, görsel düzen ve estetiğin en önemli unsurlarıdır ve bu nedenle mimarlar ve sanatçılar çalışmalarında bu oranı sıklıkla kullanmıştır.



Şekil 2.1. Altın oran ve altın dikdörtgen (URL-7)

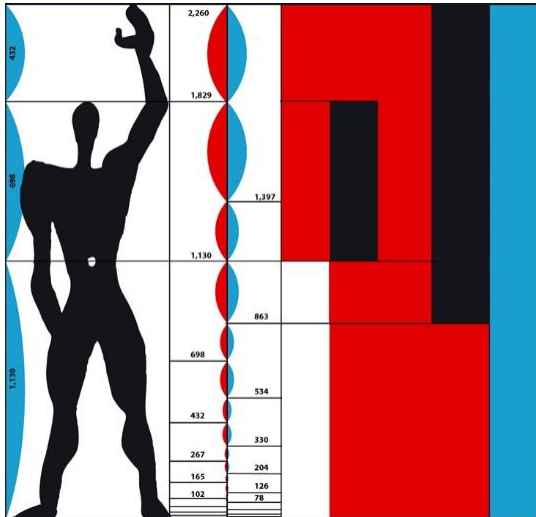
Vitruvius Adamı (Şekil 2.2), 1487 yılında Leonardo da Vinci tarafından oluşturulmuştur. Ünlü sanatçının günlüklerinden birinde bulunan ve aldığı notların yanında çizdiği bir eskizdir. Farklı açılarda kolları ve bacakları birbirine üstüne yerleştirilmiş bir erkek figürü

örneğinde, Da Vinci'nin oranlara duyduğu ilgi ve merakın bir kanıtıdır. Leonardo "insan vücudunun evrenin işleyişinin bir analojisi olduğunu" düşünüyordu, dolayısıyla bu eskiz sanatçının insan ve doğayı birbiri ile ilişkilendirme çalışması için de bir dönüm noktasıdır (URL-8).



Şekil 2.2. Leonardo Da Vinci tarafından çizilen Vitruvius Adamı (URL-9)

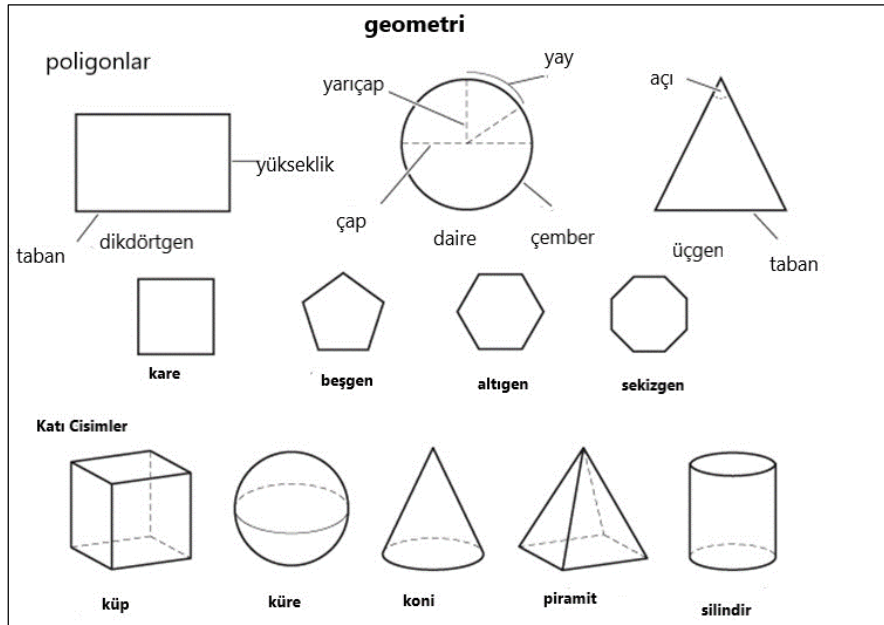
Sanatın diğer dallarında temel bir kural olması ile birlikte, mimari tasarımda da estetik açıdan, “kompozisyon” esas bir girdidir. Dolayısıyla mimarlar da tüm sanatçılar gibi estetik kavramları geometrik kuralların kompozisyon tekniklerine göre ayarlayarak geliştirmişlerdir. Çağdaş dönemin ünlü mimarlarından Le Corbusier de, Vitruvius ve Leonardo Da Vinci gibi insan ölçülerini ve doğadaki bazı canlıları temel aldığı “oran kavramı” ile ilgili çalışmalarıyla Le Modulor tekniğini geliştirmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Le Corbusier'in modular resimi (URL-10)

2.2.2. Geometrinin kısa tarihçesi

Mısır, Yunan, Mezopotamya ve daha sonraki asırlarda İslamiyet'in doğuşuyla birlikte, farklı kültür ve toplumlar geometrinin işlevsel boyutlarını değerlendirip bilim ve sanata katkıda bulunmuşlardır. Geometri, özellikle antik Mezopotamya ve Mısır'da arazi ölçümü, bina yapımı ve astronomik hesaplamalar için yaygın olarak kullanılmıştır. Yunanlılar, bu bilgiyi Öklid⁷'in çalışmaları üzerinde çalışarak geliştirmiştir. Öklid geometrileri sistematik bir şekilde keşfetmiş ve belgelemiştir (Şekil 2.4). Daha sonra, el yazmaları bölgede dağılmış ve İslam medeniyetlerine de yayılmıştır. İslam sanatı bu bilgiden yararlanmış ve sofistike matematikle geometrik desenler geliştirilmiştir (Alani, 2018).



Şekil 2.4. Öklid geometri örnekleri (URL-11)

Öklid geometrisi, Yunan matematikçi Öklid tarafından kullanılan aksiyomlar ve teoremler temelinde düzlem ve katı figürlerin çalışmasıdır. 19. yüzyılın ikinci yarısında, Öklid dışı geometrilerin matematikçilerin dikkatini çekmeye başladığı zamana kadar, geometri Öklid geometrisi anlamına gelmekteydi. Öklid'in eserinde, geometrik yapılar için kullanılan araçlar elementler, cetvel ve pusula idi (URL-12). Öklidyen geometrinin aksiyom ve postulat adıyla anılan iki tür varsayımı vardır ve bu iki kavram arasındaki fark, daima soru ve tartışma

7 Öklid (Eukleídēs) MÖ 330 - 275 yılları arasında yaşamış İskenderiyeli bir matematikçidir.

konusu olmuştur. Yunancadan alınan aksiyom (axioma), önemli, değerli, uygun, tamamen aşikâr, doğruluğundan şüphe olmayan ifade anlamında kullanılırken, postulat sözcüğü doğru olduğu kabul edilebilen ifade yada başka bir deyimle doğruluğu çok aşikâr olmayan fakat geçerli olduğu varsayılan ifade anlamında kullanılmıştır. Bugün matematikte böyle ifadeler arasında ayırım yapmaksızın hepsi aksiyom olarak, temel ön kabuller olarak, alınmaktadır (URL-13).

Öklid'in aksiyomları;

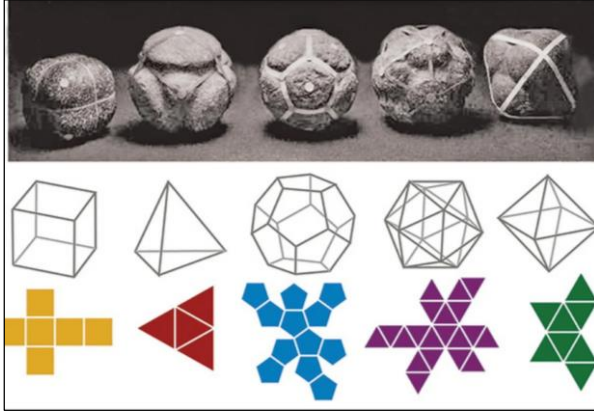
- Aynı şeylere eşit olan şeyler, birbirine eşittir.
- Eşit miktarlara eşit çokluklar eklenirse, sonuçta elde edilen miktarlar da eşittir,
- Eşit miktarlardan eşit çokluklar çıkarılırsa, sonuçta kalan miktarlar da eşittir,
- Birbiriyle çakışan şeyler, birbirine eşittir.
- Bütün, parçalarından büyüktür.

Öklid'in postulatları;

- İki yol arasını birleştiren en kısa yol, doğrudur
- Doğru, doğru olarak sonsuza kadar uzatılabilir.
- Bir noktaya eşit uzaklıkta bulunan noktaların geometrik yeri çemberdir.
- Bütün dik açılar birbirine eşittir.
- Bir üçgenin iç açıları toplamı 180 derecedir.
- Bir doğruya dışındaki bir noktadan yalnızca bir tek paralel çizilebilir.
- Eğer bir düz çizgi İki doğru çizgiyi keserse ve kesenin bir tarafında oluşan iki iç açının toplamı 180 dereceden küçükse, bu iki doğru bu 180 dereceden küçük açılarının bulunduğu tarafta kesişirler (URL-13).

Mimarlar ve tasarımcılar, Öklid'in aksiyomları ve onlardan oluşan başka kuramlarla desteklenen yeni ve yaratıcı formların ve mekânların oluşturulmasında yardım almışlardır. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi iki boyutlu temel biçimlerden, üçgen, kare, dikdörtgen, daire, eşkenar dörtgen bulunmaktadır. Bunların diğer ismi poligonlar olarak ifade edilmektedir. "Yanları birçok kenarlarla sınırlanmış olan bir düzey parçasına poligon denir" (Atatürk, 2006: 17). Üç boyutlu biçimlerden, küp, dikdörtgenler prizması, küre ve koni gibi formlar, tasarımcıların temel materyallerini oluşturmaktadırlar. Bu formlar, literatürde polihedral olarak isimlendirilmiştir. Ancak bizim burada odaklandığımız formlar polihedraların en

basit ve temel formlarıdır. Bu basit formlar, platonik cisimler olarak kabul edilmiştir (Şekil 2.5). Biçimlerin üzerinde farklı değişiklikler yapma, dönüştürme, üç boyutlu ortamda hareket ettirme, eksiltme ve ekleme yapma gibi eylemlerle, onlardan yaratıcı formlar oluşturulabilmektedir.



Şekil 2.5. Platonik cisimler (URL-14)

Geometrik tasarım tarihi, matematikçiler ve sanatçılar arasındaki birçok işbirliği örneğini içerir ve İslami geometrik desenlerin devam eden evrimi de buna dahil edilebilir. 10. Yüzyılda, İslam gökbilimci ve matematikçisi Ebu Wafa el-Buzjani, Bağdat'ta zanaatkâr ve matematikçiler için ahşap, fayans ve diğer malzemeler ile süs tasarımları inşa etme yöntemlerini kullanmaya başlamıştır. Ustaların ihtiyacı olan geometri kısmı üzerine çalışarak, ustaların geometrik tasarımlarda yaptıkları hataları tartışmıştır. Bu hatalar, zanaatkârların estetik düşünceleri ile matematikçinin kesin hesaplamaları arasındaki farklılıkları işaret etmektedir. Aslında, zanaatkârların araçları, ne kadar iyi olursa olsun bir tasarım inşa etmek için kullanıldığında genellikle belirli bir yaklaşım içermektedir (Tennant, 2003).

Sekizinci yüzyıldan on üçüncü yüzyıla kadar İslam ülkelerinde sanattan mimarlığa, şiirden müziğe kadar geniş bir literatür vardı. Bu literatür başlangıçta Platon, Aristoteles ve Öklid'in eserleri gibi klasik metinlerin çevirileriyle teşvik edildi. Bu çeviriler kısa bir süre sonra İslam sanat dünyasında klasik referans haline gelen, teori ve pratik fikirleri geliştiren Arapça metinler tarafından takip edilmiştir (Erzen, 2007). Bağdat ve Samara gibi Abbasi başkentleri 9. ve 10. yüzyılların entelektüel merkezleri olarak öne çıkmaktadır. İslami biçimlerin pratik kısmına geldiğimizde, bu dönemin ilk yıllarından itibaren bilime çok ciddi değer verilmesi

ile beraber, bu dönemin tasarımcıları, İslam dünyasına yüzyıllar boyunca yayılan kültürel bir mirası üretmek için zamanın en yenilikçi matematik bilgisini kullandı. Ebu Wafa el-Buzjani, bir cetvel ve pergelle çeşitli geometrik yapıları tanımladı. Bunlar, bir çizgi parçasının uç noktasında dik bir yapı oluşturmak, parçaları eşit parçalara bölmek, açıları ikiye bölmek, bir daire içinde bir kare oluşturmak ve düzenli bir beşgen oluşturmak gibi eylemleri içeriyordu. Ebu Wafa el-Buzjani'nin "geometrik yapılar üzerine" kitabı, geometri türetmede kullanılan metodoloji hakkında önemli ipuçları vermektedir. Kullanılan Al-Buzjani düşünce süreci bugünkü varyasyonları keşfetmek için adım adım bir form oluşturma prosedürünü tanımlayan ve nihai ürünün doğruluğunu artıran "algoritmik tasarım düşüncesi" olarak bilinir. Başka bir deyişle, El-Buzjani, İGD'yi geliştirmek için matematikteki gelişmelerden (o dönemin olanakları çerçevesinde) faydalanmıştır (Alani, 2018).

2.3. İslam Dünyası Mimarlığında Geometrik Desenler

2.3.1. İslam mimarlığı

İslam mimarisi İslamiyet'in yayıldığı topraklarda yapılan mimari eserlerin üslubunu ifade etmek için kullanılan genel bir terimdir. Söz konusu sanat ve mimarlık biçimi o coğrafyada yaşayan kültürlerin bir sentezi niteliğindedir. Bu geniş dini coğrafyadaki mimari eserler genel olarak benzerlikler gösterse de bölgesel olarak kendi kimliklerini taşımaktadırlar. Bu bölgesel çeşitliliğin kanıtı, İslam'ın yayılmasından önce ve sonraki sanat ve mimari üsluplarda gözükmemektedir. Öte yandan bu çeşitlilik mimari bezemelerde daha fazla farklılığın oluşmasına neden olup ve bu mimari tarzın en önemli göstergelerinden olarak kabul edilmektedir.

İslam kültürünün yedinci yüzyıldaki yükselişi, yeni bir sanatsal, dekoratif ve kutsal geleneğin başlangıcına işaret ediyordu. Gelenek, yaşamın tüm yönlerini kapsayan ve her üründe kendini gösteren derin bir dini felsefi ve kozmolojik yaklaşımdan esinlenmiştir. Bu görsel olarak çeşitli sanat formları, ilahi olanın çoklu cilvelerini temsil etmek için aynı manevi kökenden gelmektedir. İslam'ın doğumundan bu yana, dünyadaki Müslüman sanatçılar, ortak temalar, görünüm ve uygulamalar aracılığıyla diğer Müslüman sanatçılar tarafından yaratılan eserlere gizemli bir benzerlik taşıyan sanat eserleri olmaktadır. Bu benzerlikler kaligrafik unsurları, bitki ve hayvanların abartılı tasvirlerini ve genellikle tekrarlanan yıldız şeklindeki geometrik desenleri içermektedir.

Türkler İslamiyet’i kabul etmelerinden bu yana, İslam sanatına birçok yenilik kazandırmışlardır. O dönemlerde hat, minyatür, ahşap ve taş oymacılığı, çinicilik, mimarlık gibi sanat dalları gelişmiştir. Geometrik desenler, İslam sanat ve mimarisinin en tanınan görsel ifadeleri arasındadır. “İslam sanatında ve mimarisinde desenlerin çoğu, mükemmel bir sıralama ile birbirine uyum sağlayacak şekilde, bir tek motifin tekrarlanmasına dayanır. Sanatçılar tüm duvarı kaplayacak detaylı bir desen tasarlamaktan ziyade yüzeyi örneğin dörtgen veya altıgenlerden oluşan ızgaralara bölebilir ve bağımsız bir motifi her birimde tekrarlayabilir” (Broug, 2012: 7-8).

2.3.2. Neden İslam dünyası mimarlığı?

Çalışmada İslami geometrik desenler araştırma ve esin kaynağı olarak seçilmiştir. Bu seçimin nedeni, kültürel bağların devam ettirilmesinin yanı sıra, eski biçimlerin yeni potansiyellerini bulmak düşüncesi olmuştur. İGD’lerin temel özelliklerinden sayılan matematiksel köken ve onun göstergesi olan karmaşık geometrik desenler, bu bilimsel sanatın ana hatlarını oluşturmuştur. İslâmî matematikçilerin ve diğer bilim adamlarının katkıları, bu eşsiz süsleme biçiminin gelişimi için çok önemli olmuştur. Onların fikirleri ve dönemin ileri teknolojik bilgisi, İslâmî geometrik örüntülerin (patterns), matematiksel seviyesini yansıtmaktadır. Yapılan araştırmalar, matematikçilerin ve zanaatkârların, matematiksel kavramların teoriden sanatsal pratiğe aktarılmasının hesaplanabilmesi için düzenli olarak bir araya geldiğini göstermiştir. Bu gerçeklik ayrıca, ortam ve desen yapımı teknolojisi arasındaki anlamlı ilişkiye dair iç görü sağlamaktadır; bir nesnenin şekli ve ortamı, kalıbın matematiksel kavramdan sanatsal gerçekliğe nasıl dönüştürüleceğini anlatmaktadır. İslam sanatında geometrik süslemenin yaygınlığı, sanat, matematik, felsefe ve dini düşüncenin izdüşümüdür.

İslami simetrik desenler sanatı, simetri incelemesi için mükemmel bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Bu modeller, sanatçılar için zengin bir araştırma kaynağı sunar ve aynı zamanda matematikçiler ve mimarlara da ilham kaynağı olur. Bu nedenle, bir analiz aracının geliştirilmesi, simetrik ve tekrarlanan İslami desenlerin/kalıpların evrimini analiz edip ve ayrıca bu kalıpların algoritmik olarak oluşturulma yollarını araştırmak da çok faydalı olabilir. Bu desenlerin fizik, kristalografi, kimya ve biyoloji gibi diğer teorik bilim dalları ile de güçlü ilişkileri bulunmaktadır (Ahmad Al Ajlouni, 2005).

Böylelikle, doğu ve İslam dünyası için böyle bir eşsiz ve kapsamlı bilimsel bir alanın olması farklı bilim-sanat dallarında çalışanlar için sonsuza dek süren ve devam ettirmeye değer bir yol hazırlamıştır. Mimarlık için, yakından ilgili bir alan olduğundan dolayı İGD'ler en elverişli kaynaklardan olmuştur. Bu açıdan, eski mimari potansiyelleri kullanarak birçok açıdan geliştirilmeye olanak sağlamıştır.

2.3.3. İslam mimarlığında geometrik desenler

İslam inancına göre canlıların resim ve heykel olarak yapılması yasak olduğundan dolayı, İslamiyet'in ilk dönemlerinde yapılmış mimari eserlerde ve süslemelerde basit geometrik bezemeler bulunmaktadır. İslam dünyasında, sanat ve mimariye uygulanan zengin bir süsleme sistemi gözükmemektedir. İslami süslemeler ağırlıklı olarak bitkisel motifler ve geometrik örüntülerin bileşiminden oluşur. Bu örüntüler insan veya hayvan figürleri yerine dini kuramlarla temellenen formlar ve görsel biçimler üretmek ve evrenin İslam anlayışında var olan mantık ve düzenini ifade etmek için kullanılmaktadır (Jowers, Prats, Hesham and Ji-Hyun, 2010). İslam sanatının tüm alanlarında geçerli olan bu kuralın nedeninin o eserlerde putlaşma korkusuna düşülmesinden dolayı olduğu söylenilebilir. Sonraki yüzyıllarda hayvan resim stukoları sayısında bir artış görülmektedir. İlk dönem mimari eserler incelendiğinde çok ciddi süsleme olarak ele alınabilecek unsurlar ortaya çıkmamaktadır, fakat yıllar içerisinde süslemelerde sık kullanılan malzemeler, tuğla ve sonraki dönemlerde renkli çiniler (seramik) olmuştur. İslami desenlerin anlam ve teknik olarak önem verilecek özelliklerinden biri doğal ve geometrik biçimlerin sonsuz ve sınırsız şekilde tekrarlanmasıdır. Aynı zamanda söz konusu geometrik formlar ve oranlar, çağdaş mimari için bir yaratıcılık aracı olarak kabullenilmektedir.

İslami bezemelerin farklı türleri geometrik kurallara dayanmaktadır, bu sanatın estetiği genel anlamda geometrik esastır. Bu estetik anlayış bazen mimari bir eserde, bazen bir halıda veya küçük bir tabakta kendini gösterebilmektedir. “İslami geometrik tasarım, İslami inançlardan soyutlanmış bir soyutlama sistemidir” (Al-Sayegh, 1998). İslam sanatı daha önceki geleneklerin geometrik biçimlerinden yararlanırken kendine özgü bir geometri oluşturmuştur. Bu biçimler gerçek dünyada bulunan formların yansımasıyla değil, belki belli çizgi ve sınırlarla belirlenen biçimlerle İslam sanatına kimlik vermişlerdir. Bunun izleri erken dönem İslâm sanatçılarının tasarladığı geometrik yüzeylerde bulunmaktadır. Bu desenler ve formlar yeni dini bir toplumun kendisini önceki imparatorluklardan görsel olarak

ayırt etme arzusundan ve kısmen de İslam'ın dini veya kamusal sanatta figürsel formlardan kaçınmasına cevap verme ihtiyacından kaynaklanmış olabilir. Ama en temelinde eski kültürlerin, özellikle Orta Asya ve Orta Doğu toplumlarının sanat ve mimari mirasının izleri İslamiyet dönemindeki sanat ve mimari eserlerde kendini göstermektedir.

Geometrik desenler, İslami sanatlar arasında zengin bir çeşitlilik ortaya koymaktadır. Bu sanatlar fayans, tuğla, ahşap, pirinç, kâğıt, alçı, cam ve pencere, kapı, perde, korkuluk, halı, mobilya, seramik ve metaller ile dekoratif kâseler, camilerde mobilyaya özel bezemeler ve diğer yüzeyler gibi birçok uygulama alanı bulmaktadır. İslami sanatçılar daha öncesinde görülmemiş karmaşık geometrik desenleri geliştirdiler. Bu örüntüler, tekrarlama, simetri ve süreklilik özelliklerini taşıyarak, İslami desen anlayışını örneklemektedirler. İslami tasarımcıların mükemmel olgunluğu, pozitif ve negatif alanların dengelenmesi, akışkan çizgilerin üst üste binmesi ve alttan geçirilmesiyle ilgili görsel efektler, geometrilerdeki renk ve ton değerlerinin kullanımı, ustaca entegrasyonlarla kanıtlanmaktadır.

İslam sanatının içeriğin sırrı ve bu sanatın felsefesi onun tanımlanması açısından önemlidir. Bu araştırmada İslam sanatının dört önemli temel özelliği üzerinde durulmuştur. Bunlardan ilki görüntü dilidir. Görüntü dili gözümüzün düz çizgilerin, boşlukların, noktaların, dairelerin tamamlanması, rengin yanındaki diğer renkleri ve boşluk elemanlarını kontrol eden gizli düzenlemenin içeriğini okuyabileceği anlamına gelir. İkincisi, tevhid (birlik) inancı aracılığıyla İslam sanatının birliği anlaşılır. İslâm sanatının başta gelen varoluş özelliği, birliği ve evrenin anlamını ortaya koymaktır. Üçüncüsü, sanatın dini vurgulamanın bir yolu olarak kabul edilmesidir. Diğer dinlerde sanatın işlevi dini vurgulamak değildir. Fakat sanat, en erken dönemden beri dinden etkilendiği ve insan yaşamını, kehanetini ve varoluşunu benimsediği için dinden ayrılamamaktadır. Dördüncü temel özellik ise, sanatın estetik yönleridir. Estetik uygulama görevi, izleyiciler ve sanat nesnesi arasındaki ilişkiyi yönlendirmektir (Al-Sayegh, 1998).

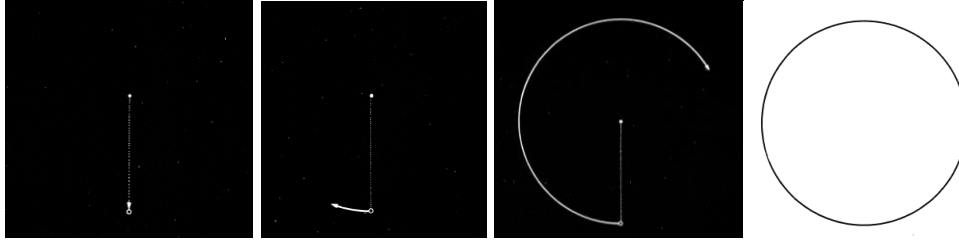
Binlerce yıldır İslami coğrafyalarda yaşayan zanaatkârlar mimari yapılarda geometrik oranları kullanmaktadırlar. Bu oranlar kimi zaman mimari planlarda ya da cephe kompozisyonlarında dikkat çekerken mimari yüzeylerin bezemelerinde de kendini göstermektedir. Bu doğrultuda İslami geometrik örüntülerdeki yapı, İslam mimarisi olarak adlandırılabilir en önde gelen görsel karakterlerdendir. Geometrik düzenlerin oluşturulması, geometri kurallarına dayanmaktadır. Geometrik desenler oluşturmak için

temel araçlar kalem, pusula ve cetveldir. Desenler genellikle bu araçların yardımıyla genel tasarımı geliştirmek için tek bir ünitenin çoğaltılması ve tekrarı üzerine kurulmuştur. Bu iki araçla birçok desen oluşturulabilir, ama her durumda ilk adım bir daire çizmektir. Ardından, dairenin çevresinin dikkatli bir şekilde bölünmesi ve uygun noktaları birleştiren düz çizgiler eklenmesi ile çokgenler oluşturulabilir. Çokgenler daha sonra çeşitli görüntüler oluşturmak için kullanılır. Bu görüntüler, belirli kesişme noktalarını düz çizgilerle birleştirerek bir yüzeyde tekrarlandıklarında kalıp/model haline gelir. İslam sanatında kullanılan en yaygın geometrik desen türleri, dört veya altı bölmeli çemberlere ve bunların katlarına bölünerek oluşturulur. En yaygın modeller; bir dairenin altı, sekiz ve beşe bölünmesinden oluşan modellerdir. Dokuzlu, on birli, on ikili ve yirmi dördü yıldızlar da diğer modeller olarak ele alınabilir.

Zamanın ilerlemesi ile birlikte, bu sanat dalı da kendini geliştirmiştir; nitekim çağdaş dönemde farklı bilim-sanat alanlarında da katkıları olmuştur. İslâm mimarlığı her zaman modern, yüksek teknoloji ürünü, devrimci ve ileriye dönük olarak ifade edilmiştir. Yüzyıllardır bu sanat, bilgisayarla başlatılan geometrilerden önce, soyut matematiksel semboller ve bunların gerçekliğin çeşitli unsurları ile birleştirici bağları sayesinde, maddi dünyayı kendi temel prensibi ile ilişkilendirmeyi amaçlamıştır (Foster, 2004: 120).

2.3.4. İslam dünyası mimarlığında geometrik desenlerin oluşumu

İslam sanatında en önemli bezemelerden birisi, geometrik desenlerdir. Bu desenlerin birimleri ne kadar farklı görünse de aslında aynı niteliktedir. Pusula ve cetvel yardımı ile çizilen geometrik tasarımlar, temel olarak daire ve çizgileri oluşturmaktadırlar. Sanatçılar, bu iki basit formu kullanarak, temel bir örgütlenme ilkesine göre ortaya konan tek bir geometrik birimi tekrarlayarak sonsuz desen ve motif çeşitlemeleri oluşturabilirler. Bunun sonucunda, hem matematiksel olarak sabitleşmiş hem de görsel olarak uyumlu olan genel bir geometrik model oluşabilir. Daire ve çizgi, İslami hat sanatında da kullanılan orantılı sistemin temelidir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. İslami geometrik desenlerin geometrik temeli (Critchlow, 1976: 10-13)

Sanatçılar bu desenleri yalnızca görsel güzellik yaratmak için değil, aynı zamanda İslam'ın ilahi kavramlarını iletmek için de kullanmışlardır. Genellikle dini ve felsefi öğretileri takip eden bu sanatçılar, bu ilahi kavramları kalıplara yerleştirmek için görsel sembolizm kullanmışlardır. Örneğin, İslam'ın beş öğretisini sembolize etmek için beş köşeli yıldız kullanılmış, ayrıca, İGD sanatçıların çoğu, sanatlarını yaratırken Pisagor öğretilerinin devamı olan, sayıların ve geometrik figürlerin sembolizmini kullanmıştır. Ancak, genellikle sembolizm parça bağlamında belirlenmiştir (Critchlow, 1976: 70).

Mülayim'e (1982) göre, geometrik şekillerin anlamını açıklayan görüşlerden bazıları, sembolizm, totem, büyü gibi ritüeller ve İslami düşünceye dayanmaktadır. Sembolizme inananlar, şekillerin özel kuvvetler taşıdığı görüşünde olup, geometrik şekillere ilkel büyü ve sihir olarak bakmaktadırlar. Orta Asya'daki, eski Türk damgalarını anımsatan tuğla motiflerinin, fal temsili ve kozmolojik alametlerin simgesi olduğuna inananlar da bulunmaktadır. Karahanlar döneminde, süsleme amaçlı geometrilerin bazı olağanüstü olaylara işaret eden simgeler olduğu da kabul edilmektedir. İslami dönem Türk süslemesinde bulunan yıldızların, İslam öncesine kadar uzanan bir inanç yapısının ürünü olduğu, İslami düşünceye bağlı kompozisyonları çağrıştırdıkları da söylenmektedir. Daha önce de bahsedilen, canlı varlıkların yasağına olan inanç ve kabul, geometrik kompozisyonların tercih edilmesinin önemli bir nedeni olarak birçok konu uzmanınca kabul edilmektedir. Bu uzmanlar da, geometrik biçimlerin dini düşünceleri ifade ettiğini savunmakta, bu kompozisyonları "Allah ve insan bütündür" ve "hayat ve evren ritmik bir düzen içindedir" inanışına bağlamaktadırlar, (Mülayim 1982'den aktaran Ulu, 2009). Çizelge 2.1'de, bu dini düşüncedeki geometrik biçimlerin genel anlamları anlatılmıştır.

Çizelge 2.1. İslam dininde sayıların başlıca anlamı (Dalağan, 2012)

Sıfır “0”	Tanrı'nın özü.
Bir “1”	Birlik, Allah.
İki “2”	Maddi-manevi, cennet-cehennem, yaşayan-ölü.
Dört “4”	Dört melek Azrail, Cebrail, Mikail ve İsrail.
Beş “5”	İslâmiyet'in beş şartı, günde beş kere ibadet, Tanrı'nın varoluşu.
Altı “6”	Denklik; uyum-denge, Davud Yıldızı.
Yedi “7”	İslâmiyet'te mükemmel rakam, cennet ve cehennemin yedi kat oluşu, yedi dünya ve deniz, yedi peygamber.
Sekiz “8”	Uzayın sekiz bölümden oluşması, dünyayı tutan tahtın etrafında sekiz meleğin bulunması, Peygamberlerin mührü.
On “10”	Onda birlik vergi kuralı, aşar vergisi, on emir.
on iki “12”	Hız. Ali ve on iki imam.

İGD'lerin bir diğer kaynağı, o dönemlerin bilim ve düşüncesinin gelişmeleri ile ilgilidir. İslam sanatı ve mimarisi yoluyla geometrinin genişletilmesi ve geliştirilmesi, 8. ve 9. yüzyıllar boyunca Ortadoğu, İran ve Orta Asya'da bilim ve teknolojinin önemli ölçüde büyümesiyle ilişkili olabilir; bu ilerlemeye, eski metinlerin Yunanca ve Sanskritçe gibi dillerden çevrilmesinin büyük katkısı olmuştur (Turner, 1997: 112).

İslami bezemeler daha çok geometrik düzenlemelerden oluşmaktadır. Bu desenlerin oluşum sürecinde onların hangi coğrafyada oluştukları önemli bir etken sayılmaktadır. İslami geometriler, hem bezemelerde hem de mimaride bölgesel ve yöresel olarak kendi aralarında çeşitlilik göstermektedir. Örneğin, Anadolu'daki geometriler, İran, Kudüs, Mısır ve İspanya'dakilerden farklıdır; fakat buna rağmen, bir bütün olarak aynı kaynaktan geldiklerini her yerde ifade etmişlerdir. Tüm geometrik kompozisyonlar sadece tek bir çizginin bileşimi değildir. Bu kompozisyonların yüzyıllar boyunca nasıl süsledikleri, büyük ölçüde bölgesel tasarım geleneklerine ve mevcut malzemelere bağlıdır. Örneğin, İran'daki bu kubbe olduğu gibi (Resim 2.4) turkuaz sırlı seramik fayanslar görülmesi, zanaatkarların bu pigmenti yapmalarının mineral turkuazını elde etmeleri ile mümkün olduğu anlamına gelmektedir (URL-15).



Resim 2.4. Şah Nimetullah Veli Türbesi, Mahan, İran, 15.yy (URL-15)

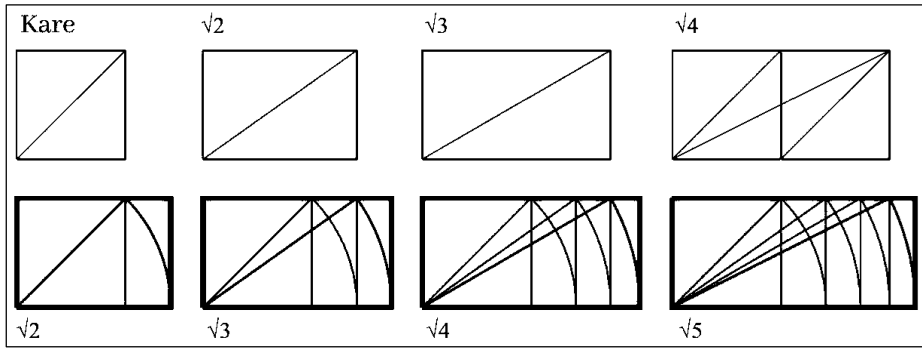
Graber (1988), İslami süslemelerin ilkelerini altı bölümde açıklamıştır. Graber, geometrinin karmaşık ve simetrik bir şekilde kullanılması gerektiğini söylemektedir. Bir merkez etrafında ışınsal çizgilerle bağlanan birimlerden oluşan süsleme mantığını sürdürmüştür. Geometrik motifler olarak tanımlanan bu süslemeler başka bezemeler için birer çerçeveden ibaret olabilecekleri gibi, mozaiklerde ve pencerelerde sık sık görüldüğü gibi, bezemenin türünü de oluşturabilirler. Bu geometrik temalar için iki varsayım önerilebilir. Bunlardan biri, bitkisel bezemelerde olduğu gibi, tanımlanabilir tasarım tiplerinin hepsinin İslam-öncesi sanatta bulunduğuudur. Öteki varsayım, hemen her örnekte geometrik tasarımın en belirgin özelliğinin tamamlanmış bir birimle kırılmış bir birim arasındaki gerilim oluşudur. Başka bir deyişle, ister kesişen düz çizgilerden, ister dairelerden, isterse düz çizgilerin ve dairelerin bir bileşkesinden oluşmuş olsunlar, sanatçı, üzerinde çalıştığı birimin ya da birimlerin tümüyle görünebilir, açıkça anlaşılabilir olmasından kaçınmıştır. Çoğunlukla, motifi birden bire kırıp hemen yanı başında yer alan başka motiflerde yepyeni bir biçimde birleştirir. Yalnızca bir cetvel ve bir pergelle çalıştığı halde, saf bir geometrik kompozisyondan elinden geldiğince kurtulmaya çalışmış ve zaman zaman akıl almaz derecede başarılı olmuştur (Graber, 1988: 183).

2.3.5. İslami geometrik desenlerin temel özellikleri

İGD'lerin çok çeşitli geometrik oluşumlarının üretiminde, onları düzenleyen katı kurallar bulunmaktadır. Bu çeşitliliğin düşünsel temeli İslami geleneğin önemli bir iç boyutunu,

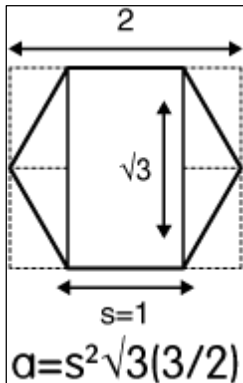
“birlikteki çokluk ve çoklukta birlikteliği” ortaya çıkarmaktadır. Bu prensip, içindeki sabit göksel arketipleri simgeleyen çeşitli matematiksel formlarla temsil edilmektedir. Bu geometrik desenlerin çoğu aşağıdaki kategoriler altında gruplandırılabilir.

Dairenin dörde bölünmesi, dördün katları tarafından oluşan tüm desenleri içermektedirler (Critchlow, 1976: 78). Kök iki dikdörtgeni, bir karenin iki zıt kenar uzunluğuna uzatılarak oluşturulur. Kök üç dikdörtgeni, kök iki dikdörtgenin iki uzun kenarı kök iki dikdörtgenin köşegeninin uzunluğuna uzatılarak oluşturulur. Ardışık her kök dikdörtgeni, bir kök dikdörtgenin uzun kenarlarını o dikdörtgenin köşegeninin uzunluğuna eşit olacak şekilde genişleterek üretilir (Şekil 2.7).



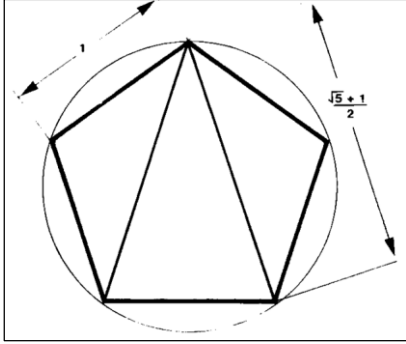
Şekil 2.7. Kare ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci kök orantı sistemi (Dabbour, 2012)

İGD’lerin diğer özelliği, altıgenin tekrar birimi ve kök üç orantı sistemine dayanan geometrisidir. Bu özellik, çemberin bölümünün üç veya altıya bölünmesiyle oluşturulan tüm kalıpları ve onikigenler gibi altı katmanın oluşturduğu tüm desenleri içermektedir (Şekil 2.8).



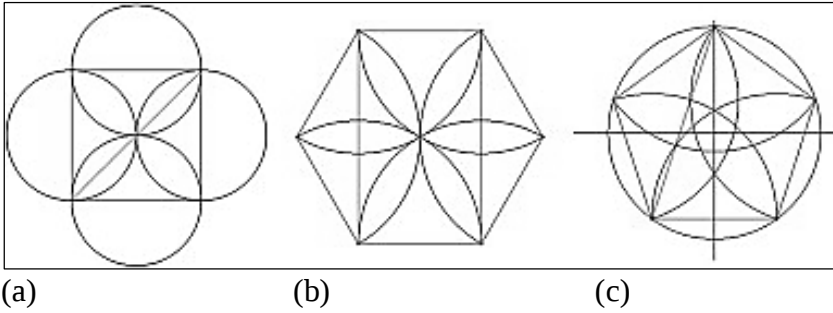
Şekil 2.8. Kök üç orantı sistemi (URL-16)

Beşgen tekrar birimi ve altın oran orantı sistemine dayanan geometrik desenler, dairenin beş bölüme ayrılmasıyla oluşturulan tüm kalıpları ve beşin katlarından oluşan tüm örüntüleri, örneğin ona katlanmış taban modelini içermektedir (Şekil 2.9) (Critchlow, 1976: 78).



Şekil 2.9. Altın oran orantı sistemi (Critchlow, 1976: 79)

Orantılı dikdörtgenler veya oransal kökler, çokgenlerin geometrisine dayanır. Örneğin, kare $\sqrt{2}$ içerir, altıgen $\sqrt{3}$ içerir ve beşgen sayısal olarak $[(\sqrt{5} + 1) / 2] = 1.61803$ 'e eşit olan altın ortalamaı içermektedir (Şekil 2.10) (Dabbour, 2012).



Şekil 2.10. Orantı kökleri: (a) $\sqrt{2}$ oranı; (b) $\sqrt{3}$ oranı; (c) altın ortalama (Phi) oranı (Dabbour, 2012)

İGD'lerin incelenmesi için geometrik özelliklerin haricinde, onların görsel özellikleri üzerinden de analiz yapılmasının araştırma sürecinde yararlı olabileceği düşünülmüştür. İGD'ler tek bir geometrik birimin tekrarlanması ve simetri prensipleri aracılığıyla oluşmaktadır. Temel öğelerin tekrarlanması ile karmaşık bir bütünün oluşturulması, hem yoğun görsel uyarım sağlar, hem de İslam'ın birlik anlayışı için şematik bir ihtiyacı karşılar. İGD'lerin ortak özellikleri (simetri, ritim ve akış) tanımlaması ile yeni formların analiz

edilmesinde kullanılmış, yeni formların oluşturulmasında da göz önünde bulundurulmuştur. İGD'lerin en önde gelen görsel özellikleri üç bölümde şöyle açıklanmıştır:

Sonsuz tekrar ve illüzyon

Çoğu desen, eşkenar üçgenler, kareler veya altıgenler gibi bir çokgen ızgarasından türetilmiştir. Bu şebeke düzlemin örgütlenmesi için bir düzenli poligonun tekrarlandığı "düzenli teselasyon" dan türetilmiştir. Bir tasarım ne kadar karmaşık olursa olsun, yine de düzenli bir şebeke üzerinde belirlenir. Mülayim'e (1982) göre, çoğu geometrik süsleme, her desenin tekrarlanması ve sonsuza kadar sürdürülebilmesi mantığına dayanır. Bütün geometrik bileşimler, analitik yapıları ve form özelliklerine göre, sonsuz karakterli, sınırlandırılmış, merkezi gruplarda toplanabilmektedir. Bunlardan merkezi karakterli olan bileşimler gerçekte sonsuz bir bileşimden alınarak, yayılıp açılması önlenmiş kapalı sistemlerdir. Sistemin tam ortasında bir ana elemanın çevresinde/içinde destekleyici elemanlar yer alır. Diğer bir kısım bordürler ise tek eksen üzerinde ilerleyen iki yönde doğrusal gelişmeye uygun bileşimlerdir, (aktaran Ulu, 2009). İGD'ler çerçeveye sığacak şekilde tasarlanmamışlardır. Genişleme, geometrik desenlerin karakteristiğinin temelini oluşturmaktadır. Desenler, merkezi bir noktadan dışarı doğru hareket eden yinelenen öğelerden oluştuğundan, sınırsız olarak devam edebilirler, ancak süsledikleri alanın kenarlarıyla sınırlıdır.

Simetri

İGD'lerin tasarımı bir veya daha fazla temel birimin tekrar ve simetrisiyle oluşturulur; genellikle bu desenler daireler ve çokgenler gibi şekilleri içermektedir. Tasarım detaylandırılıp karmaşık hale getirilse bile, bu biçimlerin temel simetrik tekrarı ve yansıması bir uyum duygusu oluşturur.

İki boyutluluk

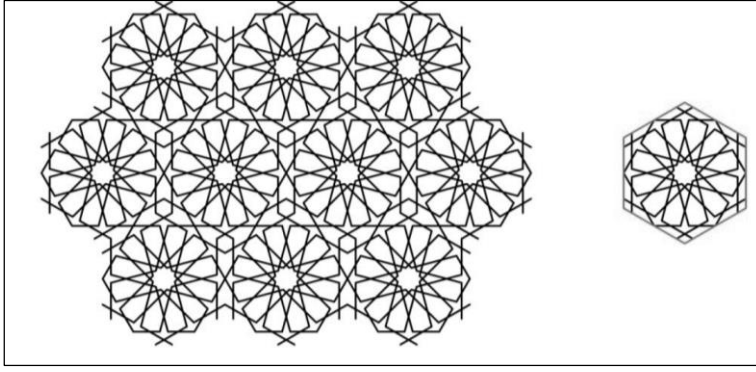
Çoğu İGD iki boyutludur. Sadece düz yüzeylere uygulanmakla değil, aynı zamanda desenlerin kendileri nadiren gölgelendirme veya arka plan-ön plan ayırımına sahiptir. Bununla birlikte, bazı durumlarda, bir sanatçı, derinlik yanılsamasını yaratan ve estetik ve görsel açıdan hoş bir bileşim yaratan birbirine kenetlenen veya örtüşen tasarımlar yaratır.

Geometrik tasarımlarda, tüm poligonal şekiller bir bulmacanın parçaları gibi bir araya gelerek boşluk bırakmadan iki boyutta yerleşir. Böyle bir yapı matematiksel açıdan "teselasyon" olarak bilinmektedir.

2.3.6. İGD'lerin geometrik yapısı

İslam sanatçıları ve zanaatkarları, daha önceden görülmemiş karmaşık geometrik desenler geliştirmişlerdir. Bu örüntüler, tekrarlama, simetri ve süreklilik özelliğini taşıyan desenler olarak, İslami sembollerini örneklemektedir. “İslami tasarımcıların mükemmel ustalığı, pozitif ve negatif alanların dengelenmesi, akışkanın üst üste binmesi ve alttan geçirilmesiyle ilgili optik efektler ile renk ve ton değerlerinin ustaca kullanımı gibi geometriler entegrasyonlar ile kanıtlanmıştır” (Al-Sayegh, 1998). Bu geometrik tasarımın olgunlaşması bir ana biçim üzerinden gerçekleşmiştir. “İGD’lerin oluşumuna dair araştırmaların birçoğunda bezeme sistemlerinin temel formu daire olarak belirtilmiştir” (Kara Pilehvarian ve Kılıçoğlu, 2017). Karmaşık desenler, daireler ve çokgenler gibi temel şekillerden inşa edilmiştir. İslam sanatında bulunan karmaşık desenlerden oluşan birçok şekil çeşitli mekânsal düzenlemelerde görülmektedir (URL-17). İGD’leri anlamak için daireler üzerinden analizler yapılmıştır. Genel olarak geometrik örüntülerin oluşumunu konu alan araştırmalarda, dairelerin birbirlerine olan mesafeleri, birleşim biçimi ve kesişim noktaları gibi parametrelerin farklılaşması ile oluşan çeşitli biçimler ve yüzeyler analiz edilmiştir (Ulu, 2009; Dalağan, 2012).

Karmaşık geometrik desenler, genellikle ızgaraları belirlemek için kullanılan dairelerin daha basit yapılarının detaylandırılmasıdır. Matematiksel olarak bu ızgaralar, düzlemi doldurmak için bir normal çokgenin tekrarlandığı normal mozaikleme olarak bilinir. İslam sanatında iki boyutlu geometrik desenler, kapalı poligonların bileşimidir. Temel formlar, kare, üçgen ve altıgen olmak üzere, daireden üretilmiştir. Bunların tekrarlanmasından teselasyon üretilmektedir. Dairenin düşünsel ve geometrik özellikleri çalışmanın yön verici elemanlarından olmuştur ve sonraki aşamalarda İGD’lerin tekrarlanma ve simetri özelliklerini yansıtmak için temel form kabul edilmiştir. Dönme özelliği esasında iki kare formundan oluşan sekiz köşeli rozet, örnek desen olarak Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. İGD'lerden bir rozet oluşum örneği ve birimi (Barrios ve Alani, 2015)

Mülayim (1982), İslami bezemeleri iki ana grup içinde kategorize etmiştir. İlki, çizgi sistemlerinden gelişen kompozisyonlar; ikincisi ise kapalı şekil geçmeleri olarak değerlendirilmektedir, (Mülayim, 1982'den aktaran Ulu, 2009). İGD'ler bu şekilde değerlendirildiğinde, çizgisel kompozisyonlar, bordürleri ve kapalı şekiller ise sonsuz desenler, çoklu yıldızlar ve düzgün çokgenleri kapsamaktadır.

Doğrusal gelişen kompozisyonlar

İGD'lerin bir alt bölümü olarak ve çizgi yapısı üzerinden gelişen kompozisyonlardır. Burada da sonsuzluk, tekrar ve simetri özellikleri gözükmemektedir. Birbiri ile dik veya çapraz açıyla keşisen çizgiler, “V” şeklinde kırılmalar oluşturan çizgiler ve zikzak biçimler bu bölümde yer almaktadır (Resim 2.5).



Resim 2.5. Doğrusal gelişen kompozisyonlar, Netenz Camii, Netenz, İran (URL-18)

Merkezi gelişen kompozisyonlar

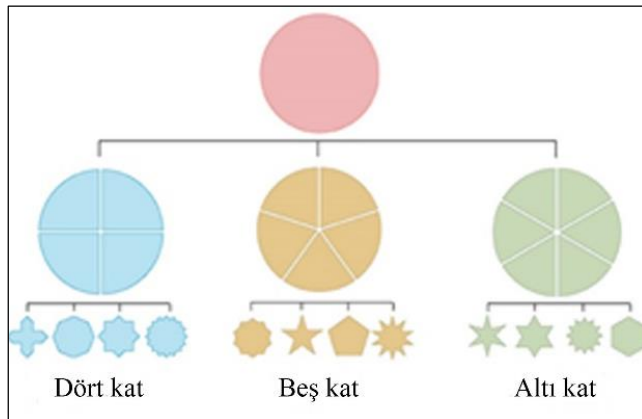
Mülayim'e (1982) göre, İslami geometrik desenlerin en çarpıcı özelliği yıldız ve rozet şekillerinin ön plana çıkmasıdır. Beş, altı, sekiz, on, on iki veya on altı ışına sahip olan bu tür şekiller, en sık görülenlerdir. İGD'lerde kullanılan dokular, sadece çizgisel değil, çok daha kapalı örüntülerden oluşabilmektedir. Bu kompozisyonlarda sonsuz ve simetrik

örüntülerle karşılaşılabilir. Kapalı şekiller sadece düzgün çokgenleri, çoklu yıldızları ve madalyon adı verilen karma geometrileri barındırmaktadır. Bu rozetlerden bir örnek resim 2.6'da gösterilmiştir. Madalyonlar, çokgenler ve çoklu yıldızlar merkezi kompozisyon olarak kabul görülseler de sonsuz bir düzenin parçalarıdır. Her birinin tekrarlanması ile yüzey örüntüleri oluşmaktadır. Bundan dolayı da her biri sonsuz desen olarak incelenebilmektedir (Mülayim, 1982'den aktaran Ulu, 2009). Bu desenler merkez noktalarından simetrik şekilde yayılırlar. Bu desenlerde herhangi bir çokgen, desenin simetrik olarak geliştirildiği merkezi bir nokta olarak seçilebilir. Daha karmaşık desenlerin oluşturulması için bazı desenler farklı çokgenlerle çevrili bir yıldızdan yayılarak görülebilir.



Resim 2.6. Çok kollu yıldız geometrileri, Taj Mahal, Agra (URL-19)

Bu grup İGD'lerde büyük bir bölüm olduğu için, şekil 2.12'de gösterildiği gibi, ona bir aile ağacı önerilmiştir. Şekilde görülen tüm desen ve kompozisyonların yaklaşık %90'ı, dört, beş ya da altı kata ayrılabilir. Kalan %10 ise diğer kısımları içermektedir (URL-20).

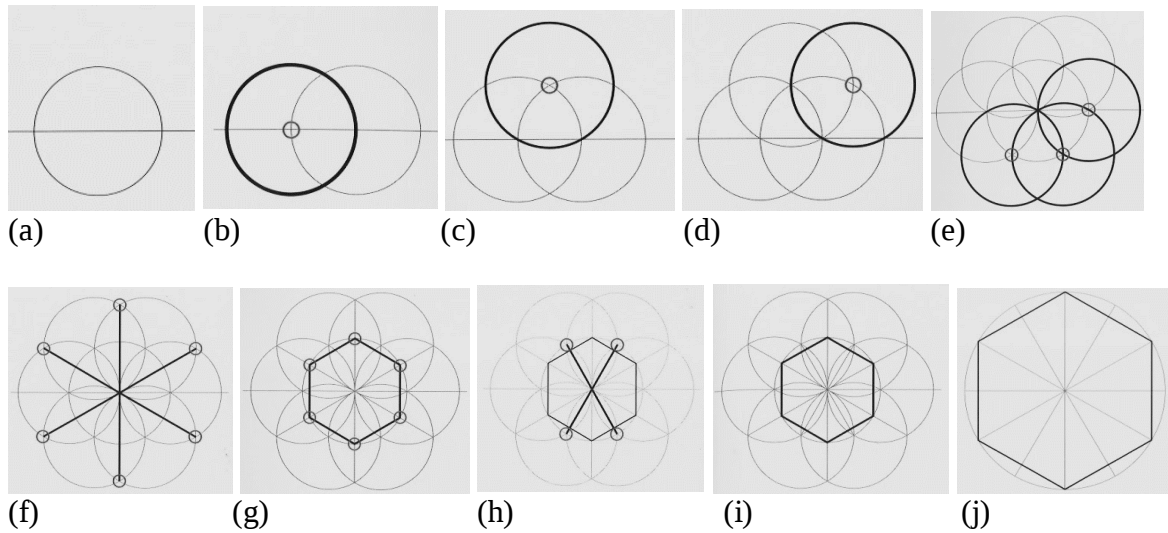


Şekil 2.12. İslami geometrik desen aile ağacı (URL-20)

2.3.7. İslam mimarlığı geometrik desen kompozisyonlarının biçimsel analizi

Örnek olarak üzerinde çalışılacak teselasyon, altıgenlerden oluşan bir örüntüdür. Bu örüntünün iki boyutta hareket edebilirlik potansiyelini anlamak amacıyla öncelikli olarak geometrik incelemesi yapılmıştır. Onun nicel ve nitel özelliklerini açıklayabildiği için ilk aşamada o biçimin nasıl oluştuğu düşünülmüştür. Broug (2012), altıgenlerin oluşumunu Şekil 2.13'te görüldüğü gibi şöyle belirtmiştir:

- i. Pusula ile bir daire çizilir.
- ii. Daha sonra, pusula noktası dairenin üstüne yerleştirilir ve ikinci dairenin merkezinin birincinin çevresine uzanacak şekilde eşit yarıçaplı ikinci bir daire çizilir.
- iii. İlk iki dairenin sağda kesiştiği noktadan üçüncü bir eşit yarıçaplı daire çizilir.
- iv. Saat yönünde çalışmaya devam etmek için, üçüncü dairenin orijinal daireyle kesiştiği noktadan eşit yarıçapa dördüncü bir daire çizilir.
- v. Saat yönünde çalışmaya devam ederek, benzer şekilde beşinci, altıncı ve yedinci eşit yarıçaplı daire çizilir.



Şekil 2.13. (a, b, c, d, e, f, g, h, i ve j). Altıgen oluşum aşamaları (Broug, 2012: 13-15)

Altıgen, İslam mimarisinde kullanılan en yaygın geometrik desenlerdendir. İslamiyet'in yaşadığı topraklardaki mimari eserlerin süslemelerinde bulunmaktadır. Bunun örneklerinden ilki Bağdat şehrinde bulunan Mustansırıyye Medresesi'nin (1227 M.S.) alçı malzemesi ile yapılan bir altıgen deseni (Şekil 2.14) ve ikinci örnek ise Afganistan'da

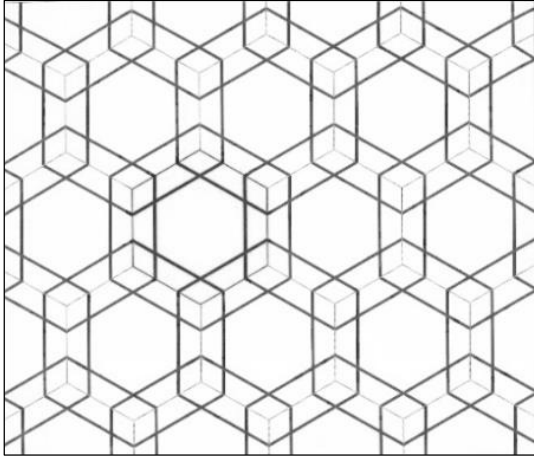
bulunan Gurlular dönemi'ne ait altıgen sistemlerden oluşturulan Lashkar-i Bazar Binasının alçı desenlerinden bir örnektir (Resim 2.7).

Yarıçaptan geldiği için en organik olan formun altılı bölme olduğu kabul edilmiştir. Sekiz bölmeli geometri ise bolluğu simgelemektedir. İki kareden oluşan bir açılım olarak görürsek, kare haline getirilmiş dairenin tezaadını vurgulayan bir modeldir. Dairenin beşe ve altıya bölünmesinde parçanın bütünle olan en mükemmel birleşimi olan Altın Oran'ın kullanıldığı kabul edilmektedir. Kompozisyonu oluşturan temel öge olan daire, kural olarak bezemede görünmez. Dairenin gizlenmesi, doğrusal çizgilerden oluşan çapraşık bezemenin daha güçlü bir bütün olarak algılanmasını sağlamaktadır (Burckhardt, 2009: 68).

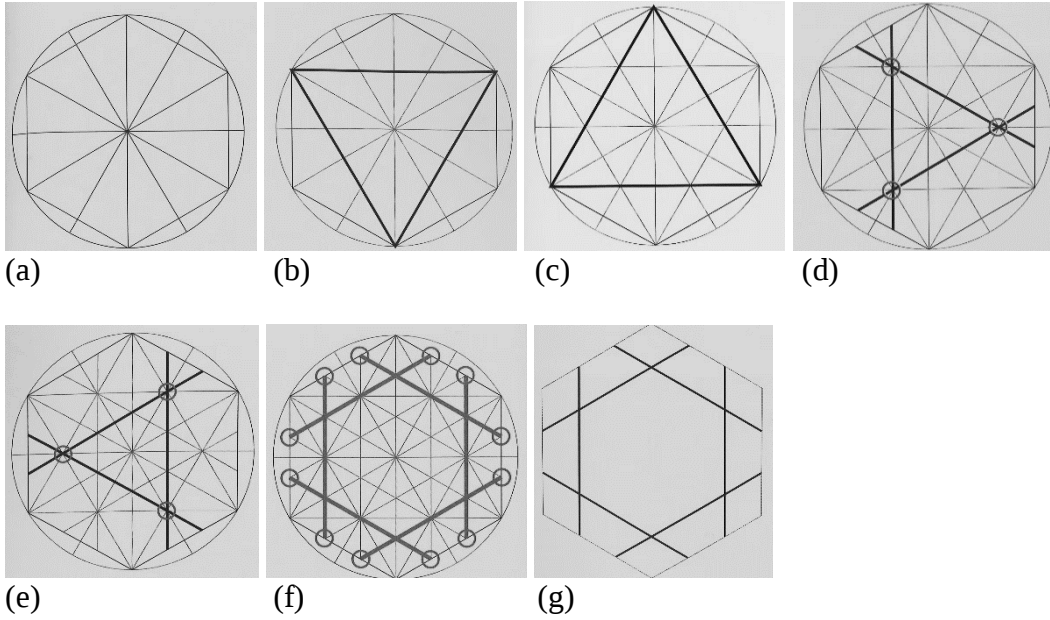


Resim 2.7. Altıgenlerden oluşan desen örneği, Lashkar-i Bazar, Afganistan, 11. yy. (Bonner, 2017:50)

Örnek olarak şekil 2.14'teki deseni (Mustansırıyye Medresesi, 1227 M.S.) çizmek için bir dairenin içine bir altıgen ve altı kesişen çizgi çizilir; sonra gösterildiği gibi altıgen içine bir üçgen çizilir. Üçüncü aşamada, ilkiyle iç içe geçmiş bir üçgen daha çizilir. Dördüncü aşamada yuvarlak içine alınmış kesişim noktalarının içinden geçen üç tane çizgi çizilerek altıgenin kenarlarına kadar uzatılır. Beşinci aşamada dördüncü adımda işaretlenmiş kesişim noktalarının rehberliğinde tekrar edilir. Altıncı aşamada yuvarlak içine alınmış kesişim noktalarının rehberliğinde, koyu çizgilerin üzerinden çizgi çizilir. Yardımcı çizgiler silindiğinde desen ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.15).



Şekil 2.14. Bir altıgen geometrik desen örneği (Broug, 2012: 34)



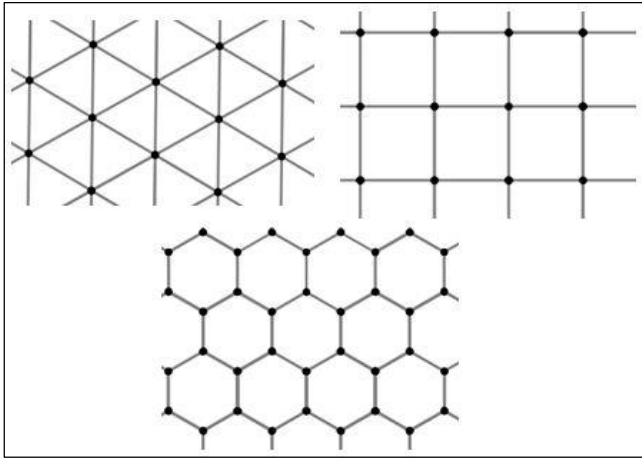
Şekil 2.15. (a, b, c, d, e, f ve g). Örnek altıgen desenin oluşum süreci (Broug, 2012: 35-36)

Demiriz (2004) göre, “İGD’lerin en göze çarpan özelliği, sonsuz ve sınırsız geometriler barındırmasıdır. Sonsuzluk, İslam bezemelerinde en geçerli prensiptir” (Demiriz, 2004’ten aktaran Ulu, 2009). İGD’ler, geometrisinin sınırlayıcı yasalarını, renkler ve zengin bileşimlerin güzellik ve uyumunu başarıyla bütünleştirmiştir. Her ne kadar bu desenler zaman ve mekânda fiziksel olarak sabit olsa da, yine de görsel etkilemeleri ve ritimleri kendi boyutlarındaki hareketleri gösterir. Bu İGD tasarımında güzellik ve uyumu oluşturan değişken temel, Broug’a (2012) göre üç değişken başlık altında açıklanmıştır:

- Görünmez yapıyı oluşturan ızgara

- Izgara boyutu
- Izgarayı oluşturan şekillerin içine yerleştirilen içerik / kalıp

Bu değişkenler, farklı kompozisyonlar oluşturmak için binlerce farklı şekilde birleştirilebilir. Bu konu sadece zanaatkarlardan kalan mirasta değil günümüz matematiksel temellerinde de bulunmaktadır. İGD’lerin temeli mozaiklemedir; Wolfram Mathworld’a⁸ göre, “Normal bir çokgen döşemesi, poligon (iki boyutta), polyhedra (üç boyut) veya polytopes (n boyutlular) bir döşeme olarak adlandırılır” (URL-21); eşit kenarlı, örneğin bir üçgen, bir kare veya altıgen, tüm iki boyutlu alanı (temelde sadece bir düzlem olan) boşluk bırakmadan doldurur. Şekil 2.16’da bu döşemelerin temel birleşimleri gösterilmiştir. Bununla birlikte, bir düzlemi boşluksuz doldurabilecek yalnızca üç poligon vardır: üçgenler, kareler ve altıgenler.



Şekil 2.16. Üçgenlerin, karelerin ve altıgenlerin düzenli teselasyonu (URL-22)

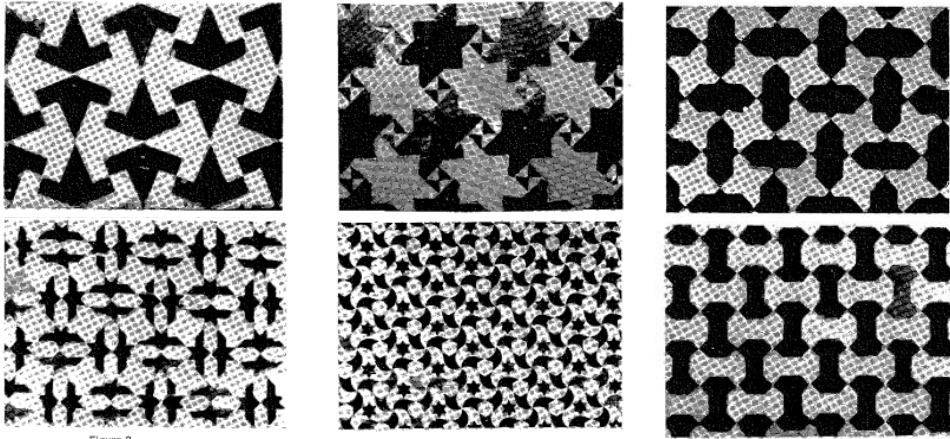
Bu araştırmanın genel amacı, her türlü İGD’lere uygulanabilecek fikirleri test etmektir. “Bir İGD matematiksel olarak az sayıda farklı şekillerin kopyalarını bir araya getiren çizgi parçalarının düzlemsel bir düzenlemesi olarak tanımlanır” (Kaplan, 2000). Her desenin kendine özgü geometrik bir tasarımı olmasına rağmen, çok çeşitli süsleme kompozisyonları basit bir yapısal geometriye dayanır ve sınırlı sayıda basit taban ızgaradan üretilir. Bu kalıpları matematiksel olarak anlamak için soyutlamaları incelemek önemlidir. Tüm efektler ve renklerin yok sayılarak yalnızca temel çizgi yapısı ele alındığında, kalan İGD analizi bu araştırmanın gerçekleştirilmesindeki ilk adımdır.

⁸ <http://mathworld.wolfram.com/>

2.4. Teselasyon

Teselasyon (mozaikleme), herhangi bir boşluk veya örtüşmeden bir düzlemi kaplamak için kullanılan yaygın bir matematiksel tekniktir. Tekniğin bu özelliği nedeniyle cepheler, duvar, tavan ve zemin gibi düzlemsel yüzeylerde kullanılmıştır. Günlük yaşamda, en basit biçimlerinde mozaikleme görülmektedir.

Latince “tessera” kelimesi küçük bir taş küpü anlamına gelir. Teselasyonlar mimari işlev olarak, dış duvarlar, cam cepheler veya iç mekân için duvarı ayırma amaçlı olarak kullanılabilir. Romalılar, tessellata'yı binalarında zemin ve kiremit mozaik resimlerini oluşturmak için kullanmışlardır. Matematiksel literatürde, teselasyon, döşeme, mozaik ve parke sözcükleri, “tilings” ile benzer anlamlarda kullanılmaktadır (Şekil 2.17). Mozaikleme tarihi uzun bir yol kat etmiştir. Bir döşeme, birbirine uyan bir veya daha fazla şekilden oluşan geometrik bir desendir. Herhangi bir boşluk veya örtüşme olmadan sonsuz bir düzlem bölgesini veya yüzeyi tamamen kaplar.



Şekil 2.17. Alhamra Sarayı’nda teselasyon örnekleri (Grünbaum ve Shephard, 1986: 3)

Bir düzlemi herhangi bir boşluk veya örtüşme bırakmadan, tekrarlanan şekil/şekillerden uygularken bir mozaikleme oluşturulur. Fayanslama (tiling), teselasyon için kullanılan başka bir kelimedir. Döşeme, duvar veya zemin gibi düz bir alanı doldurmak için boşlukları veya üst üste bindirmeleri olmayan münferit karolar bir araya getirildiğinde bir döşeme oluşturmaktadır (URL-23). Teselasyonlar farklı çevresel koşullara uyum sağlayan, yazın güneş ışığını engelleyen ve kış mevsiminde güneşe nüfuz eden bir ağaç gibi bir yaprak gibi

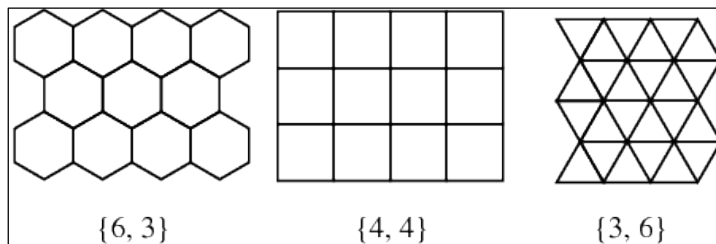
davranabilir. Sistem çoğunlukla güneş ışınlamına tepki verir ve her yerde direk kontrol sağlayan duyarlılığa sahiptir.

Teselasyonlar, aktarma, yansıma, döndürme ve kayma-yansıma olarak, dört temel özellikten oluşmuştur. Aktarma (translation), kâğıt üzerinde basitçe çevrilmiş veya kaydırılmış ve tekrar başka bir yere çizilen şekildir. Yansıma (reflection), ters çevrilmiş bir şekildir. En yaygın olarak doğrudan sol veya sağa ("y" eksenini üzerinden) çevrilmiş veya üst veya alt tarafa ("x" eksenini üzerinden) çevrilmiş, yansıyan bir açıda yapılabilir. Eğer bir yansıma doğru bir şekilde yapılmışsa, ortada hayali bir çizgi çizilebilir ve iki bölüm simetrik "ayna" imgeleri olmalıdır. Bir eksen boyunca bir şekli yansıtmak için, orijinal şekildeki her noktaya karşılık gelen nokta çizmek gerekmektedir. Dönme (rotation) bir nokta etrafında desen dönmesi demektir. Bir döndürme veya dönüş, bir nesne hareket etmeyen bir merkezi nokta etrafında dairesel bir şekilde hareket ettirildiğinde ortaya çıkar. Dönüşümün iyi bir örneği, merkez noktanın etrafında dönen bir çarkın kanadıdır. Döndürmeler daima bir merkeze ve bir dönüş açısına sahiptir (URL-23). “Kayma-yansıma (glide reflection), Escher, Horseman tarafından, eşzamanlı şekilde yansıma ve aktarma uygulanan parçalar olarak ifade edilmiştir. Bu eylemde ne yansıma simetrisi ve ne de dönme simetrisi bulunmaktadır” (URL-23).

Teselasyonlar biçimsel olarak sınıflandırıldığında;

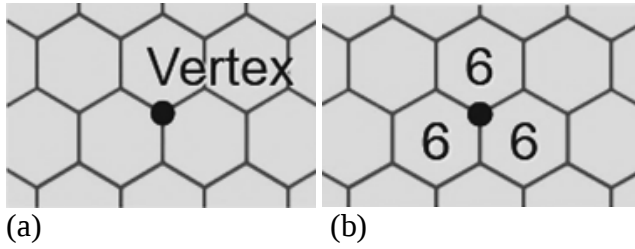
Düzenli teselasyonlar:

Düzenli bir teselasyon, düzenli bir poligonu tekrarlayarak yapılan bir modeldir. Sadece üç düzenli teselasyon vardır. Kare, üçgen ve altıgenden oluşan bu teselasyonlar, şekil 2.18 de gösterilmektedir (URL-24; Gazi, 2010).



Şekil 2.18. Düzenli teselasyonlar (URL-21)

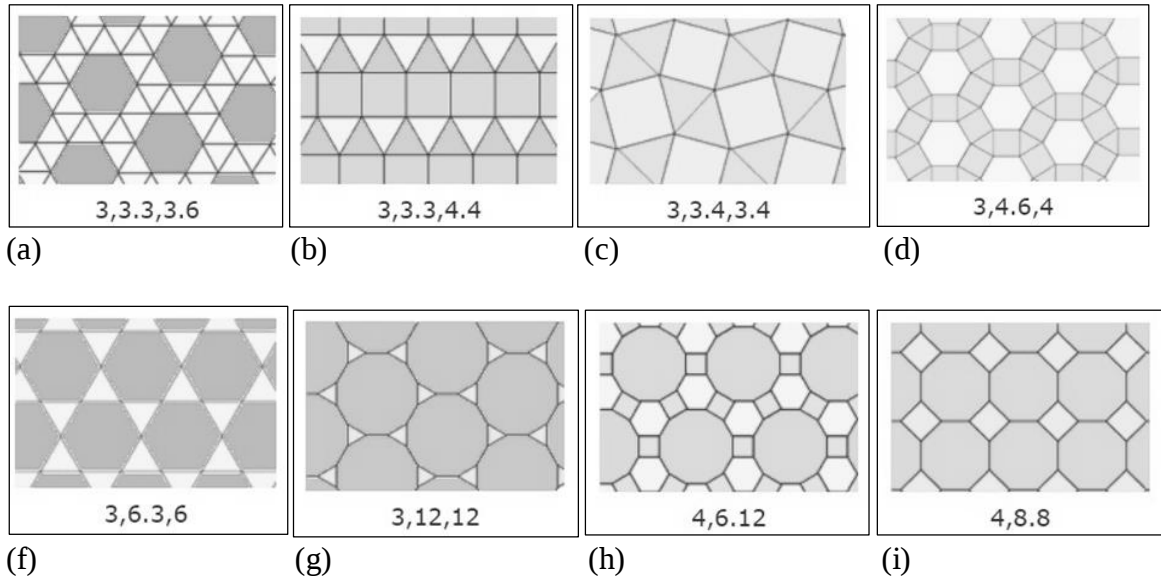
Teselasyonların en önemli kısmı tepedir. Bir tepe, sadece bir köşe noktasıdır. Tepeler, hangi şekillerin orada buluştuğunu belirlemektedir. Örneğin, altıgenin bir köşesinde üç altıgen buluşur (Şekil 2.19). Tepeler teselasyonların isimlendirilmesinde de rol oynamaktadır, bir altıgenin 6 tarafı vardır ve buna "6,6.6" veya (6,3) teselasyon denir (URL-24).



Şekil 2.19. (a) Teselasyonlarda tepe; (b) Teselasyonların isimlendirmesi (URL-24)

Yarı düzenli teselasyonlar:

“Yarı düzenli bir mozaikleme iki veya daha fazla düzenli poligondan yapılır. Bu teselasyon türünde, her köşe noktasındaki desen aynı olmalıdır” (URL-24). Yarı düzenli teselasyonlarda sadece 8 adet kombinasyon bulunmaktadır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 (a, b, c, d, e, f, g ve h). Yarı düzenli teselasyonlar (URL-24)

Düzenli teselasyonlarda ifade edildiği gibi burada da bir teselasyonu adlandırmak için, bir köşe etrafında dolaşır ve her bir çokgenin kaç tane sahip olduğu "3, 12, 12" gibi bir sıraya

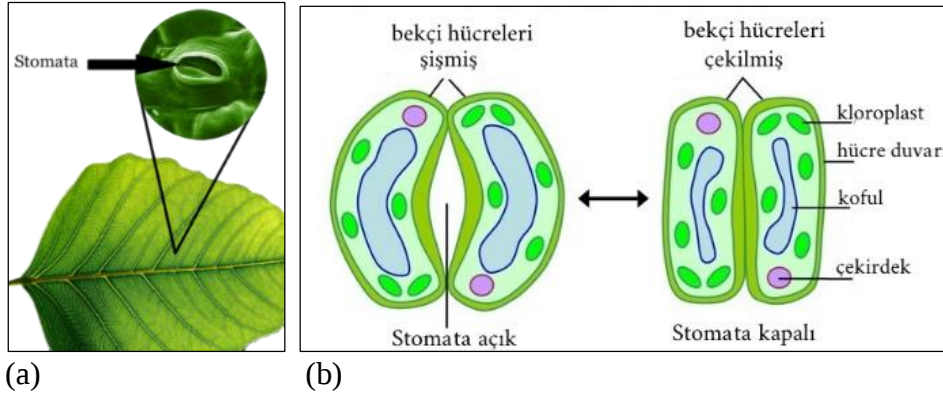
yazılır ve her zaman en az sayıdaki çokgen ile başlamaktadır, yani "3, 12, 12", şeklindeki yazım doğru, "12, 3, 12" şeklindeki yazım yanlıştır.

Teselasyonlar üç bölümde sınıflanmışlardır. “Kısmen düzenli teselasyonlar” olarak tanılan üçüncü bölümde daha karmaşık ve çeşitli biçim tipleri bulunmaktadır. Ancak bu çalışma konusu almadığı için araştırmanın literatür bölümünde yer verilmemiştir.

2.4.1. Teselasyonların doğadaki örnekleri

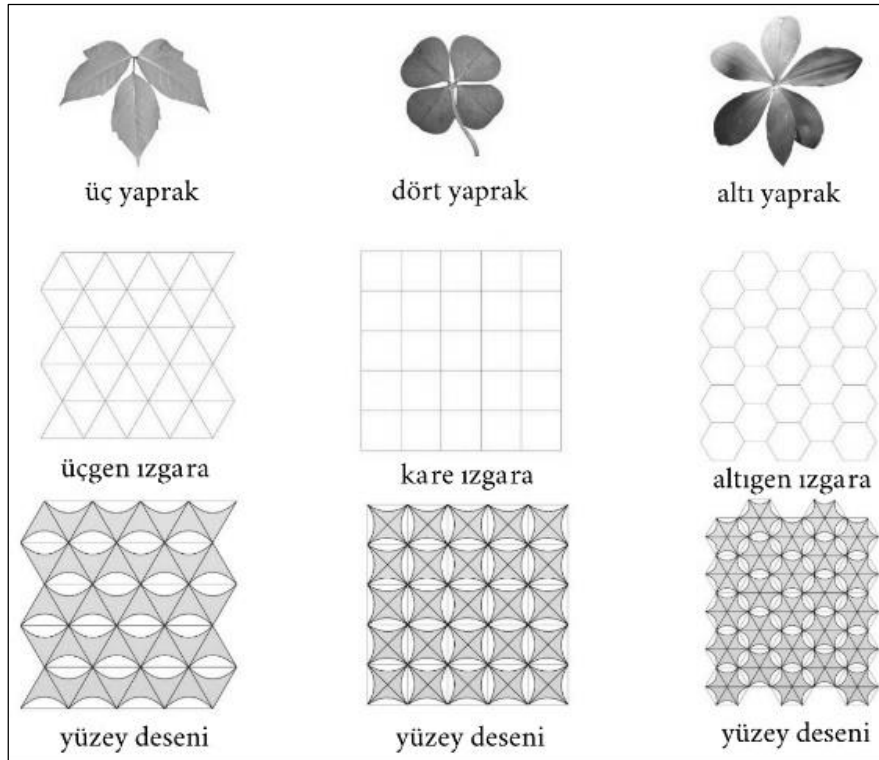
Teselasyonlar mimari ve sanat tarihinde kullanılsa da biçimsel olarak doğadaki biçimlerden ilham almıştır. Tarih boyu insanlar doğadaki düzeni ve biçimlerinin geometrisini irdeleyerek kendi oluşturdukları ürünlerde kullanmıştır. Bitkilerin geometrisi ve iklimsel etkiler altında davranışları bu örneklerden birisidir. Doğadaki bitkiler ve başka canlılar, teselasyonların desteği ile çevreleriyle kontrol sağlayabilecek bir şekilde harmoni içinde yaşamışlardır. Bunun aracılığıyla bitkiler ve canlılar, yaşamaya devam etmeleri için çevrelerinden gereken enerjiyi elde ederek, kendi içlerindeki atık materyalleri kendilerinden uzaklaştırmaktadırlar. “Doğa, sanat ve matematiği birbirine bağlayan bir bağ aracılığıyla veya bunlar doğanın bir alt sınıfı olarak düşünülebilir. Doğa gözlemleri hem sanatı hem de matematiği öğretmektedir. Makroskopik ölçekte, sanat ve matematik doğal dokuların olduğu birçok kategorilerde bulunmaktadır” (Fathauer, 2015).

Bu husus, konuya anlamsal ve biçimsel yakınlığı olan bir örnek üzerinden açıklanacaktır. Bitkilerin stomata (hava solunumu) sistemi ve bir canlının derisi bu örnek içinde yer almaktadır. Bitkilerin önemli işlevlerinden biri olan ve onların hava solunumu sağlayan Stomata eylemidir. Stomata, gaz değişimini kontrol etmek için bitki yapraklarının yüzeyinde bulunan yapılardır. Genel olarak stomata yüzeyin üst seviyesinde bulunur. İki çift özel hücreden oluşan bu koruyucu hücreler, bitki içindeki suyun miktarı değiştiğinde, koruyucu hücre açıklıklarını düzenler. Bu hareket, iki genişleyen hücrenin çok yönlü değişikliklerine dayanmaktadır. Stomata yaprakların, gövdelerin ve diğer bitki organlarının epidermisinde bulunan bir kaç açıklıktır. Şekil 2.21’de gösterildiği gibi, Stomata, karbon dioksit, su buharı ve oksijen gibi gazların bitkinin iç dokularına girip çıkmasına izin verir. Nem, sıcaklık, karbondioksit gibi çevresel uyarılar, koruyucu hücrelerin açılmasını veya kapanmasını sağlamak için bitki hormonlarını harekete geçirir.



Şekil 2.21. (a) Bitki yapraklarında Stomata sistemi (URL-25); (b) Stomata sisteminin çalışma detayı (URL-26)

Bir uyma yeteneğine sahip (adaptive) bileşen modül tasarım sürecinde, stomata biyomimikri kavramı altına yerleştirilerek bir yapı modeli olarak kabul edilebilir. Bitkilerin bu fizyolojik özelliği mimari yapılarda veya mimari mekan tasarım sürecinde esin kaynağı olabilir. Bu fizyolojik özelliğin yanı sıra bitkilerin morfolojik yapısı da mimari yapı biçimlendirmesinde yardımcı olabilir. Şekil 2.22’de yapı modülün şekli için bitki yaprakları düzenlemesi ile ilgili Atawula (2016) çalışmasından bir örnek gösterilmiştir. Bu biçimsel arayışın çevresel şartlara ve gerekli güneş ışınlarına bağlı olarak farklı modelleri bulunmaktadır. “Doğada bitkiler üç yapraklı, dört yapraklı veya altı yapraklı biçimde bulunur. Burada, yaprakların desenleri analiz edilerek farklı desenler ortaya çıkması sağlanmıştır. Bu modellere bağlı olarak, üçgen ızgara, dikdörtgen ızgara ve altıgen ızgara ile yüzey teselasyonları oluşturulabilir” (Atawula, 2016). Bu teselasyonları mimari yüzeylerde harekete geçirmek için yaprakların farklı etkenler altında gösterdikleri davranışlardan esinlenmek, araştırmanın başka bir boyutunu şekillendirmiştir.



Şekil 2.22. Bitki yapraklarının düzenlemesinden esinlenen modül desenleri (Atawula, 2016)

2.4.2. Teselasyonlarda hareket edebilirlik/dönüştürülebilirlik

Mimaride serbest biçimli bir yüzeyin oluşturulabilmesi için, genellikle o yüzey paneller/modüller olarak adlandırılan daha küçük elemanlar haline getirilir. Düz paneller ve oluşumu, mimari yüzeyin oluşturulması için en kolay ve uygun yöntemlerdendir. Dolayısıyla düz panellerden oluşan yüzeyler, çok yüzlü ve çok genli yüzeyler, mimari geometride önemli bir rol oynar. Uzaysal hareket yapılarının tasarımında en önemli hususlardan biri uygun bir düzeyin tanımlanmasıdır. Seçilen bir düzeyde, genellikle bilinen bir mekanizmaya dayanan yapı taşları, bir tür hareket yapısı için genel bir çözüme götürmek için tekrar tekrar kullanılır. Yapı ölçüsü sayısı, pratik boyut gereksinimine bağlı olarak değişebilir, ancak her bir birimin hareketliliği her zaman korunmaktadır (You and Chen, 2012: 136).

Çalışma sürecinde teselasyonların hareket algısı yarattığı fark edilmiştir. Bu görsel hareket algısı fiziksel bir harekete neden olabilir mi? sorusundan yola çıkılarak teselasyonların kendi içinde dönüşüm süreci yaşamaları üzerinde incelemeler yapılmıştır. Escher, teselasyon çalışmalarına çok büyük katkıları bulunan ve dikkat çekici eserlere sahip olan Hollandalı bir

sanatçıdır. 1898 doğumlu sanatçı, başlangıçta eskiz sahnelerini ve çevresindeki nesneleri çizmeye odaklanmıştır. Bununla birlikte, İspanya'daki Elhamra'ya yaptığı bir ziyarette, çinilerdeki Arapça mozaik desenlerinden etkilenmiş ve şekiller ve ayna görüntüleri ile daha fazla deney yapmaya başlamıştır. Şekil 2.23, Escher çalışmalarından bir örnektir, bu resimde görüldüğü gibi sanatçı fiziki anlamda iki boyutlu olan resimde, hareketlilik ve üç boyutluluk hissini oluşturmaya çalışmıştır.



Şekil 2.23. Escher çalışmalarından bir örnek (URL-27)

Zaman ilerledikçe Escher'in çalışmaları değişmeye başlamıştır. Gördüğünü çizmekten ziyade, Escher zihninde sahip olduğu fikirleri ifade etmeye, mekansal yanılsamalar ve detaylı yinelenen desenler oluşturmaya başlamıştır. 1936'da Escher, Elhamra'yı ikinci defa ziyaret etmiş ve bundan sonra resimlerinde çoğunlukla yansımalar, rotasyonlar ve aktarmalarla dönüştürülen daha fazla şekil görülmüştür. Bu değişen, karmaşıklıklar içeren çalışmalarında, şaşırtıcı teselasyonlar üretmiştir (URL-27). Escher'in, İslâm mimarisinin en güzel örneklerinden biri olan İspanya'daki Elhamra Sarayı'ndan ilham aldığını belirtmek de yersiz değildir. Escher'in çizimlerinin hayranları arasında ilk sırayı matematikçiler alır; çizimleri çoğunlukla simetri veya örüntü gibi matematik ilkelerine dayandığı için bu oldukça anlaşılabilir bir şeydir. Yine de tipik bir Escher çiziminde simetri veya örüntüden daha fazlası vardır; çoğunlukla sanatsal form içinde gerçekleştirilmiş halde altta yatan bir düşünce bulunmaktadır. Özellikle “garip döngüler”, Escher'in eserlerinde en sık yinelenen temadır. Escher'in çizimlerinin çoğunda sonsuzluk büyük bir rol oynar. Çoğunlukla iç içe geçen tek bir temanın kopyaları, Bach'ın kanonlarının görsel benzerleridir. Bu tür teselasyonların bazıları Escher'in ünlü “başkalaşım” (Şekil 2.24) baskısında görülebilir (Hofstadter, 2011: 68).



Şekil 2.24. Escher çalışmalarından bir örnek (URL-28)

2.5. Origami

Birinci veya ikinci yüzyılda Japonya'da gelişen ve popüler olan origaminin kökenleri aslında Çin'e dayanmaktadır. Origami, eski bir kağıt oyunu olarak tek bir kağıdın, gerilmeden, yapıştırmadan veya kesmeden şekillere katlanmasıyla elde edilir. Origami katlama anlamındaki "ori" ve kağıt anlamına gelen "kami" kelimesinden oluşmuştur, geleneksel Japon folk sanatından çağdaş mimari ve ürünler için bir tasarım stratejisine kadar yüzyıllar boyunca gelişmiştir. Origami desenler, üç boyutlu şeklinin, geometrik kısıtlamalardan dolayı iki boyutlu katlanmış desen ile belirtilmiştir. Geleneksel origami'de, katlanan tepeler (hills) ve vadiler (valleys), belirli bir kişi tarafından yapılan bir şey olarak değil, anonim bir şey olarak aktarılır ve bu yüzden insanların eğitim ve yaş seviyeleri bu sanatı öğrenmekte kısıtlayıcı değildir (Hemmerling, 2010). Geleneksel origami sınırlı bir kıvrım kümesi kullansa da, farklı origami modellerinin katlandığı farklı setler, daha sonra pek çok yeni desen ve yeni süslerle geliştirilmiştir. Son yıllarda origami yapıları, mühendisler ve fizikçiler arasında büyük ilgi görmüştür.

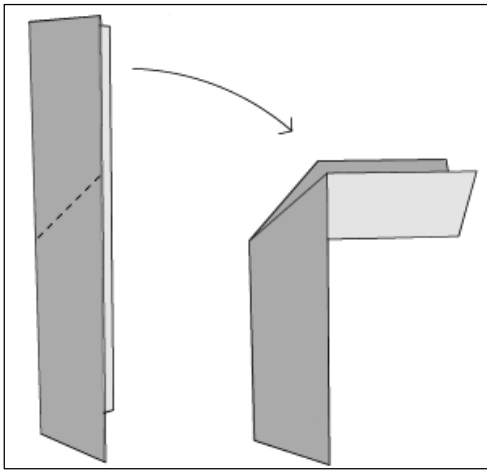
Geleneksel olarak, origami pratik bir kullanımdan ziyade, bir tür sanat olarak algılanmıştır. Yıllar boyu, origaminin temel prensiplerini araştırmak ve açıklamak için birçok sanatçı ve bilim adamı çalışmıştır. Bu çalışmalar sonucu bu sanattan matematik dünyasına bir yol açılmasını sağlamıştır. Origami tekniği birçok endüstri uygulamasında kullanılmış ve mimari ve ambalaj tasarımı gibi alanlarda yararlı olabileceği kanıtlanmıştır (Sujan and Fei,

2013). 50'li yılların sonlarında, origami Japon sanatçı Aikira Yoshiwazawa tarafından New York ve Amsterdam'da açılan sergilerle dünya çapında popüler olmuştur. Diğerlerinin yanı sıra, matematikçiler, mühendisler ve mimarlar, konuyla ilgilenerek origami yardımıyla, uydular, alüminyum kutular ve hava yastıkları gibi çeşitli disiplinlerde uygulama alanı bulmaya başlamışlardır (Buri, 2010: 25).

Origami'nin geleneksel sanatı üç dala ayrılabilir; klasik origami, modüler origami ve origami teselasyonlar. Klasik origami, kesmeden veya yapıştırmadan tek bir kare kâğıttan yapılmış, hayvanların, bitkilerin ve nesnelerin, genellikle iki boyutlu ve basitleştirilmiş görüntülerinden oluşur. Modüler origami, sadece bir araya getirilmiş ayrı bloklardan oluşan çokyüzlü ve uzaysal kafes yapıları gibi geometrik katılar ile ilgilidir. Origami teselasyonlarda, geometrik bir desenle tek bir kâğıttan başlar, tamamen geometriktir ve sonuç genellikle düzdür (iki boyutludur) ve üç boyutlu da olabilir (Buri, 2010: 26).

2.5.1. Origaminin temel teknikleri

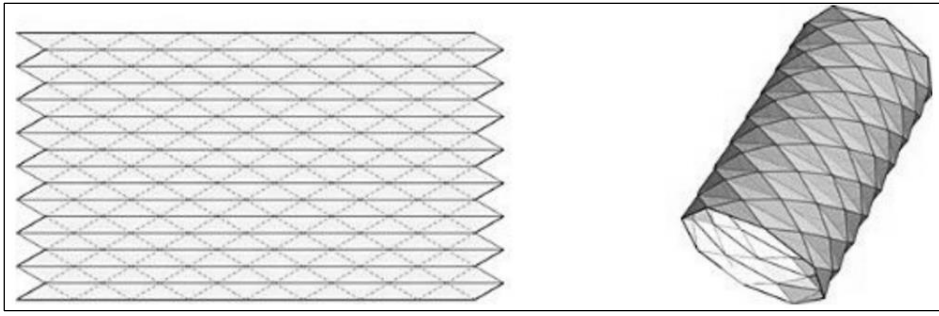
Origaminin üç deseni, mimari ve yapısal özellikler olarak tanımlanmıştır: Yoshimura deseni, Miura Ori deseni ve Çapraz desen. Bu üç modelin tasarımı basit akordeon katlama ve ters katlama kombinasyonuna dayanmaktadır. Düz vadi serisi ve dağ kıvrımları, basit kavisli yüzeyler oluşturmak için ters kıvrımlara bükülür. Bunların ötesinde, bir origaminin en ters kıvrımı (origami'nin temel tekniklerinden biri) tek bir paralel kıvrımdır. Bu kıvrım, paralel olarak bir origami teselasyonu boyunca devam etmektedir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Ters kıvrım (Buri and Weinand, 2008)

Yoshimura desen (elmas desen)

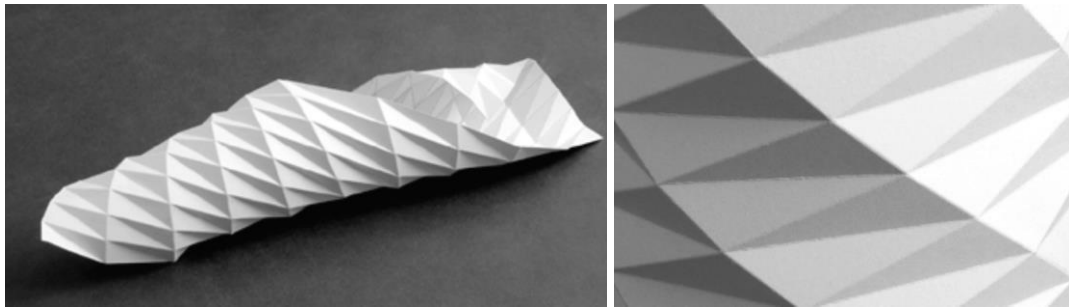
Bu modelin temeli, köşegenlerinden birinde bulunan bir elmas biçimli katlamadır. İnce duvarlı silindirlerin bu tür burkulma modelini aksenel olarak gösterdiğini gözlemleyen form, ismini Japon bilim adamı, Yoshimaru Yoshimura'dan almıştır (Şekil 2.26). “Yoshimura, bu kalıbı dört taraflı şebekenin bir gelişimi olarak araştırmamıştır; aksine, doğal bir süreçte oluşan bir desendir. Bu silindir eksenini boyunca sıkıştırılırsa, sonunda bükülecektir” (Lang, 2018: 101).



Şekil 2.26. Elmas deseni (Lang, 2018: 102)

Çapraz desen

Bu modelin temeli çapraz katlanmış bir paralel kenardır. Paralel kenarlar çapraz olarak açılır ve çok katlanmış paralel kenarlardan oluşan bir dizi sarmal katlama oluşturulur. Bu desenin temelinde, Yoshimura ve diyagonal desen birbirine yakın tekniklerdir (Resim 2.8). Özünde elmas desenli katlar ve vadilerde düz bir poligonal çizgi oluştururken, çapraz desen katları, sarmal bir çokgen çizgi oluşturmaktadır (Buri and Weinand, 2008).



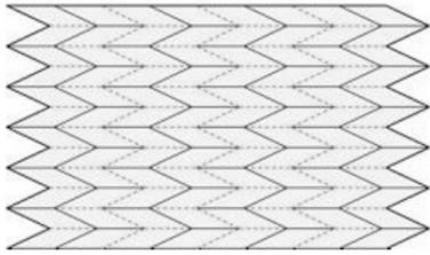
Resim 2.8. Çapraz desen (Buri and Weinand, 2008)

Miura-Ori deseni

Elmas deseni olarak, bu model ters katlamaların tekrarı ile elde edilebilir (Resim 2.9). Bu desenlerde, ters kıvrımların aynalaşması yerine ana kıvrımın bir zikzak çizgisini tanımlaması için desenlerin sırayla tekrar edildiği görülmektedir (Şekil 2.27). Bu nedenle, katlanmış desenin iki yönde karakteristik bir zikzak oluşu bulunur. Desenin bu özelliği onu her iki yönde uzatmaya ve geri çekmeye izin verir (Buri and Weinand, 2008). Bu desen, uygulamalı origami dünyasında tanımlanmasıyla beraber, serilebilir yapılardan oluşan düzenli yapılarda kullanılmıştır. Nitekim bu desenin uygulaması için Miura⁹ 1995 yılında, Japon uzay ajansı JAXA'nın bir görevinde, bir güneş dizisinde kullanılmasını önermiştir (Lang, 2018: 108).



Resim 2.9. Miura-Ori teselasyonundan üretilen modül (Buri and Weinand, 2008)

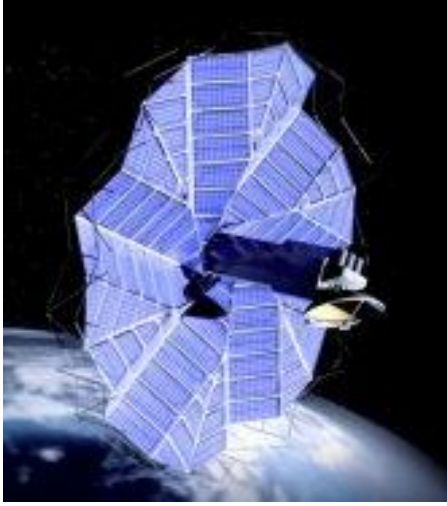


Şekil 2.27. Miura-Ori deseni (Lang, 2018: 109)

Miura-ori deseninin önemli özelliklerinden biri kinematik olmasıdır. Eğer Miura-ori'nin tek bir eklemi esnetilirse (plakanın yeterince sağlam olduğu göz önüne alınmak şartıyla) tüm yapı tek bir ünite olarak açılır ve kapanır. Bu özellik Miura-ori'yi, uzay aracı tarafından kullanılan güneş panellerinin dizileri gibi çok sayıda tek panel içeren büyük ve düz yapıların toplanması ya da açılması için ideal bir yapı haline getirir; bunlar genellikle geçiş sırasında

⁹ Bu model katlama, onun mucidi olan Japon astrofizikçi Koryo Miura (1930, Tokyo, Japan) ismi ile anılıyor.

toplanmakta ve daha sonra uzayda açılmaktadır (Resim 2.10). Yapı sadece tek bir şekilde ortaya çıkabileceğinden, geliştiğinde bir şeyin yanlış gitmesi daha az olasıdır (Lang, 2007).



Resim 2.10. Miura-Ori prensibiyle üretilen uzay uydusundaki katlanan güneş paneli (URL-29)

2.5.2. Origami teselasyonlar

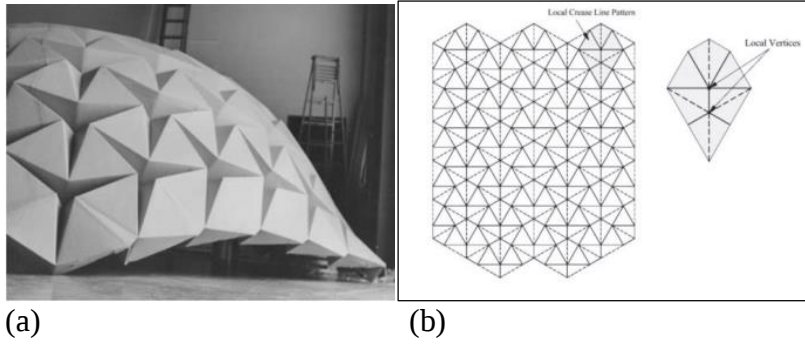
Origami teselasyonlar, 1960'ların sonlarında Momotani'nin streç duvarı gibi modellerle başlayan ve daha sonra Shuzo Fujimoto'nun "yaratıcı çağrılardan kağıt katlamaya" adlı kitabında çalıştığı bir origami türüdür. Son zamanlarda Chris Palmer, bu sanatı yeni zirvelere taşımıştır. Konunun matematiği Toshikazu Kawasaki, Helena Verrill, Thomas Hull ve Robert Lang gibi bir dizi insan tarafından geliştirilmiştir. Bugüne kadar, origami modellerinin tasarımı için özel olarak çok az araç kullanılmıştır. En dikkate değer örnek, böcekler, hayvanlar ve hatta bir Allosaurus iskeleti oluşturmak için karmaşık origami tabanlarını tasarlamak için Robert Lang tarafından oluşturulmuştur (Hull, 2002: 121).

Origami, platonik katılar, fraktallar, mozaikler, simetriler, Voronoi sistemleri ve geliştirilebilir yüzeyler gibi katı kurallar altında çeşitli matematiksel modeller oluşturmak için kullanılabilir. Origami tekrarlı bir süreçtir: teoriyi düşünme, sonra katlama ve sonra her katlamadan önce tekrar bir kez daha düşünmeyi gerektirir.

Origami teselasyonların bir diğer önemli kaynağı doğadır. Origami'nin bu etkileyici yönü örnekleri tıpkı origamideki teselasyonlar gibi farklı disiplinlerin ilham kaynağı olması ile

beraber onlar için yararlı olmuştur. “Doğadaki origami prensipleri, yaprakların, böcek kanatlarının ve katlamanın sertleştirme için kullanıldığı diğer ince yapılarda bulunabilir” (Buri, 2010: 23).

Katlanmış kabuk yapılarının önemli bir özelliği, origami yüzeyindeki farklı katlamalarda güçlü bağlantı yaratan çizgileridir, bu haliyle origami'nin matematiği, zengin ve gelişmiş bir teselasyon elde edilmesini sağlar (Resim 2.11) (Demaine and O'rourke, 2007: 222).



Resim 2.11. Mozaik origami - Ron Resch¹⁰'in Waterbomb deseni; (a) Katlanmış konfigürasyon; (b) Katlanır yerlerin çizgi deseni (Chu and Kok Keong, 2017)

Sonuç olarak katlanmış yüzeyler teselasyonu, farklı analizler gerektiren iki grupta sınıflandırılabilir:

- Yüzey modülü, her modülün bağımsız olarak hareket edebileceği menteşelerle çokgenleri birleştirerek gerçekleştirilen modüle edilmiş modüllerin toplanmasıyla belirlenir; bu durumda yüzeyin genel konfigürasyonu her bir modülün yerel hareketinin sonucudur;
- Yüzey modeli, minimum modüllerin toplanmasından oluşur; genel kurallar yüzeyin hareketini ve genel biçimini yönetir (Casale, Valenti and Calvano, 2016).

2.5.3. Origami sanatının mimaride kullanımı

Origami, kâğıt katlamanın yapısal ve estetik problemleri çözmek için bir araç olarak nasıl kullanılabileceğini anlamaya yardımcı olur. Origami, mimarlık formları yaratmak için zengin bir ilham kaynağı olmuştur ve yeni biçimlerin ve yapım yöntemlerinin bulunmasına

¹⁰ Ron Resch (1939-2009) bir sanatçı, bilgisayar uzmanı, katlanmış kâğıt, origami teselasyonlar ve 3D polihedronları içeren çalışmaları ile tanınan uygulamalı bir geometri uzmanıydı.

da yol açmıştır. “Origami katlama sanatı, mimaride mekansal dönüşümler ve form bulma konusunda bilişsel deneyim kazanma ve mimarlıkta yapısal tasarımlar için bir araştırma aracı olarak bir ara yüz görevi görme potansiyeline sahiptir” (Megahed, 2017). Origami yapıları, disiplinler arası bir yaklaşım olarak, katlanmış yapıların matematiksel-geometrik, mimari ve yapısal yönlerini inceler. Bu bağlamda origami, mekânsal konfigürasyonlarda bilişsel deneyim kazanmak ve bulgu oluşturmak için bir ara yüz sunar ve mimari tasarım sürecinde daha fazla morfolojik araştırma için etkili bir araç olarak hareket eder. Resim 2.12’de, Colorado Springs’teki hava kuvvetleri akademisi’ndeki, katlanmış form ile inşa edilmiş binaların ünlü bir örneği olan Şapel gösterilmektedir. Bu binanın temel konstrüksiyonu üçgen plakalardan ve katlanmış konstrüksiyon oluşturan metal panellerden oluşturulmuştur (Shen and Nagai, 2017).



Resim 2.12. Hava harp okulu şapeli, Colorado Springs, ABD (URL-30)

Katlama tekniklerinden esinlenen form bulma süreci, Yoshimura paterni, Miura-Ori paterni ve çapraz desen gibi bir biçimsel zenginlik ve değişkenlik sağlamaktadır. Özellikle bu üç desen mimari form tasarımı için ilgi çekicidir çünkü bu formlar, mimari form tasarımındaki katlama teknikleri, karmaşık katlanmış plaka yapılarına hızla uygulanabilecek potansiyeller barındırmaktadır. Origami esinli bir tasarım, temel amacıyla iki boyutlu sayfalarından üç boyutlu nesneler oluşturma yeteneğine sahiptir. Japon origamistlerin yanı sıra matematikçiler ve sanatçılar, 20. yüzyılda sanatın evrensel bir dil olmasıyla birlikte bir dizi yönerge geliştirerek origaminin popülerleştirilmesine yardımcı oldular. Bu durum, sanatçılar ve bilim adamları arasındaki işbirliğini güçlendirmiş ve origaminin bilim ve teknoloji ile birlikte ele alınmasına yardımcı olmuştur (Lang, 2007). “Morfolojik katlama işlemi, tasarımcı için büyük oranda serbestlik sağlayan yüksek uyarlanabilirlik ve performans gösteren bir tasarım modeliyle sonuçlanır. Bu katlama stratejilerinin mekânsal niteliklerinin

yanı sıra, mimari kavramlar dikkate alınarak, inşaat ve imalat parametrelerinin de uygulanması genellikle yüksek derecede bütünleyici bir yaklaşıma dayanmaktadır” (Hemmerling, 2010). Bu potansiyeli kullanan en iyi örneklerden birisi Foreign Office Architects’in (FOA) Yokohama uluslararası yolcu terminali için tasarladığı çatıdır (Resim 2.13).



Resim 2.13. Yokohama Uluslararası Yolcu Terminali / Foreign Office Architects (FOA) (URL-31)

Diğer önemli konu katlanan malzemenin materyal özellikleridir. Malzeme özellikleri araştırmanın konusu değildir ancak onun da bu alanda etkili olduğu vurgulanmalıdır. “Origamik mimari, çalışmaların bir dalı olarak sadece malzemeler üzerinde araştırmalar hazırlamaktır. Çünkü mühendislerin origamiyi tasarıma entegre etmesinin önündeki en büyük engel, origaminin kağıtların katlanmasından oluşmasıdır. Hem kâğıt kadar ince hem de deforme olmayacak malzemelerin kullanılması gerekmektedir” (Magliozzi, Micheletti, Pizzigoni and Ruscica, 2017).

2.5.4. Strüktür çalışmalarında origami

Origami teknikleri özellikle ulaşım, enerji ve sağlık sektörlerinde kullanılmaktadır. Eğilebilen, katlanabilen, taşınabilen, döndürülebilen, büyültüp küçültülebilen birçok ürünün tasarlanmasında önemli bir araçtır. Origami ve mühendislik arasındaki ilişkinin önemi de vurgulanmalıdır. “Makine mühendisliği ve biyomedikal profesörü Mary Frecker "origami mühendisliği birçok farklı endüstride karmaşık uygulamalardan sorumlu ürün ve sistem talebinin karşılanmasını sağlayabilmektedir" şeklindeki ifadesi ile origaminin

mühendislikteki potansiyellerine vurgu yapmaktadır. Origami katlanabilen ve açılabilen ürünlerin tasarımını mümkün kılmaktadır” (Buri and Weinand, 2008).

Origami, mühendisler için bir ilham kaynağı olarak ifade edilebilir. Mühendislikte origami uygulamaları üç geniş alanda kategorize edilmektedir. Bu hususta en önemli bölüm, katlanabilir (deployable) yapılardır. Bu yapılar, imalat aşamasından sonra kompakt olarak tasarlanan ve şantiyede yeniden birbiri ile birleşen yapılardır. İkincisi, mühendislerin katlanabilir levhalardan ürettiği kabuklardır. Bu duru, örneğin sandviç panellerden hafif çekirdek strüktürler oluşturmak için kullanılabilir. Başka bir uygulama alanı olarak çatılar için eğilme sertliği artırılmış katlanmış levhalar gibi düz bir tasarım, büyük alanlarda uygulanabilmesine olanak tanımaktadır. Üçüncü alan darbe emme (impact absorption) olarak isimleştirilmiştir. Bu model daha fazla enerji emme gücüne sahip olduğu için özellikle araba üretim teknolojisinde yolcu güvenliğinin artırılmasında kullanılabilir (Schenk, 2011). Origami tekniklerinin çoğu, örneğin Miura teselasyonu veya Waterbomb kıvrımları, modelin genel stabilitesini korurken, genel şeklin kinetik dönüşümüne izin verir. Bu uzaysal modeller, mümkün olan en iyi form, yapı ve malzeme dengesini elde etmek için dış kuvvetler ve koşullar ile iç modifikasyonlarla reaksiyona giren fiziksel parametrik modeller olarak görülebilir (Hemmerling, 2010).

İnce bir malzemenin belli geometrik kurallara dayanarak katlanmasıyla beraber stabilitesi artmaktadır. Origaminin de bir strüktür gibi rol oynaması onun teselasyonlarının biçimlenmesinde gizlidir. Kâğıt katlanması çok doğrudan bir geometri algısı, kavrayışı ve katlanmış plaka yapılarının rijitliğini sağlamaktadır. “Origami düzeninin düzenlenmesinde ilişkiler veya kurallar (vadiler ve tepeler) esasında yapısal formlar "örgülü ağlar" üretilmektedir. Bu "örgülü ağlar" (teselasyonlar) üç boyutlu uzaya genişletildiğinde, iki boyutlu formlardan üretildikleri kolayca görülebilir. Kırıksıklıkların derinliklerini değiştirme olanağı, farklı yapısal formların üretilmesine izin vermektedir. Bilgisayar programları desteğiyle farklı işlevler için kabuklar üretme potansiyeline sahiptir” (Gönenç Sorguç, Hagiwara, and Arslan Selçuk, 2009). Bunun basit bir örneği Brüksel’de evsizlere dağıtılan karton barınaklarda gözlenmektedir (Resim 2.14). Evsizler tarafından kullanılan kartonlar, origami katlamalarıyla yapısal anlamda dayanıklı olan örnekler halinde üretilmiş, dayanıklılık ve izolasyon testlerinin gerçekleştirilmesiyle çok sayıda prototip, evsizler arasında dağıtılmıştır (URL-32).

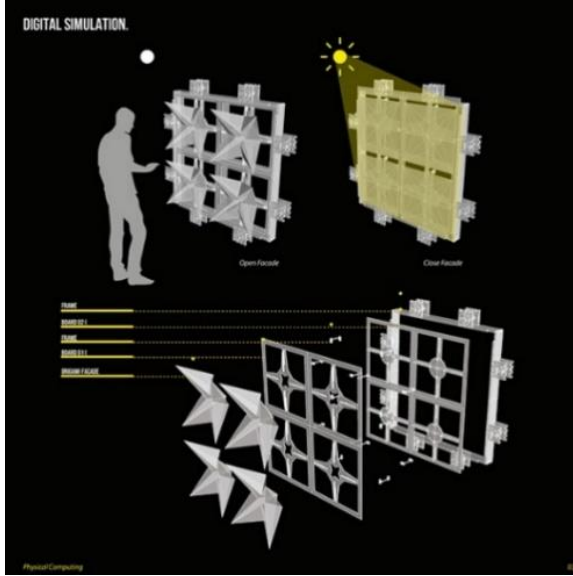


Resim 2.14. Brüksel’de evsizlere dağıtılan karton çadırlar (URL-32)

2.5.5. Kinetik yapılaşmalarda origami

Son yıllarda, çok işlevli binalara olan acil ihtiyaç ve aynı zamanda çevreye saygı ve onu korumaya duyulan ihtiyaç nedeniyle, dönüştürülebilir ve değişken yapılara olan talepler hızla artmıştır. Dönüştürülebilir yapıların ana potansiyeli, farklı iklim ve topoğrafyalarla uyum sağlayabilmeleri ve kullanıcının talepleri doğrultusunda istenen birçok formu gerçekleştirebilmeleridir.

“Kinetik mimarlıkta yapısal, şekil ve konum değiştiren parçalar esas bir yapıya monte edilerek fonksiyon, estetik veya tasarımın amacında bulunan bir nedenle yapılmaktadır. Bu esnekliğin amacı doğada bulunan değişimlere olumlu tepki göstererek onunla uyum sağlamaktır” (Soyluk ve Sarıcıoğlu, 2015). Binalarda bu dönüştürülebilirliğin sağlanması için en etken elemanlardan biri binanın cephesi veya genel anlamda dış yüzeyidir. Günümüzün mimarlık sistemleri, duyarlı mimarlığa doğru gittiğinden dolayı, bu kavramı binalarda adapte etmek için en önemli yerlerden birisi binaların cephesidir. Sensörler vasıtasıyla, çevre koşullarını ölçen araçlarla cephedeki şekil ve renk değişimlerin kontrol edilebilmektedir. Şekillerin optimize tasarımı için origami bize yardım etmektedir. Örneğin bir duyarlı cephede, origami pikseli bir ortak noktanın etrafında, bir düzlemde uzatılmış tekrarlamayı mümkün kılan bir radyal simetri ile uyumludur. Mesela şekil 2.28’deki kare biçimi, herhangi bir dört köşeden yalnızca bir kalıp etrafında farklı şekillerin oluşmasına izin veren bir dönme noktası olarak kullanılabilir. Bu sistem güneş ışığına tepki göstermek için tasarlanmıştır. Origami yapılı tasarlanan cephe sensörlerin güneş ışığını tespit ettiği anda kapanma özelliğini kullanır. Origami teselasyon, hareket edebilirliği ile bir kinetik mimari cephe oluşturmuştur.



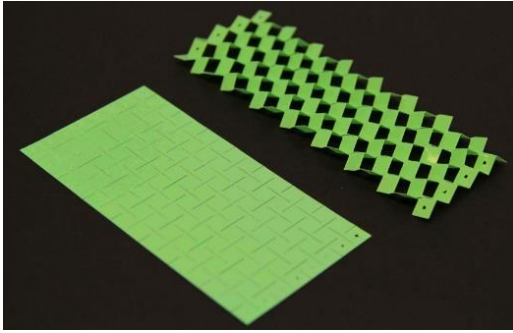
Şekil 2.28. Origami yapısı olarak tasarlanan cephe (URL-33)

Duyarlı bir cephenin oluşumu için cephenin hareket edebilirliği en önemli prensiplerdendir. Dolayısıyla bu aşamada origami sanatı yardımcı olabilir. Katlanıp taşınabilen bir yapı oluşturmak için origami teorilerini uygulamak mümkündür. “Bu tür yapıların şekilleri ihtiyaç doğrultusunda değiştirilebilir, yalnızca birkaç kişiyi barındıracak kadar küçültülebilir veya daha fazla insan olduğunda genişleyebilir biçimde tasarlanabilmektedir. Mimari seviyede origamiyi büyük ölçekte kullanırken, kalın ve sağlam panelleri ve menteşeli katlamaları kullanmak gerekmektedir” (Liapi, 2002).

Hareket etmekle birlikte söz konusu cephenin biçimsel değişimleri de ortaya çıkmaktadır. Geometrinin geniş bir alana sahip olması ve her gün daha da gelişmesi sebebiyle, duyarlı bir cephenin tasarımında geometrinin hangi temeline dayandığı ilk başta belirlenmelidir. Geometriyi doğru bir şekilde göz önüne almadan, bu tür yapıları tekrar tekrar katlamak ve genişletmek, materyaller üzerinde baskı oluşturarak, sonunda çökmelerine neden olabilir. Katı origami olarak bilinen bir teoriyi kullanarak bir desen hesaplayarak, origamiden art arda katlanıp açılacak bir mimari yapı oluşturmak mümkündür (Liapi, 2002). Bu desenlerin geometrik davranışını kontrol etmek için onu tanımlamak gerekir. Geometrik katlanabilir yüzeylerin kontrol edilmesi, seçilen origaminin yapısı ile ilgilidir. Kıvrımlar kinematikte izin vermekte ve aynı zamanda elemanı daha mukavemetli hale getirmektedir. Özellikle XY referans sisteminde yatay düzleme yerleştirdiğimizde, tepe kıvrımlarını ve vadileri ayırt etmek mümkündür. Z ekseninin pozitif yönde birincisi kapanırken diğerleri ters yönde hareket etmektedir (Sapienza and Rodonò, 2016).

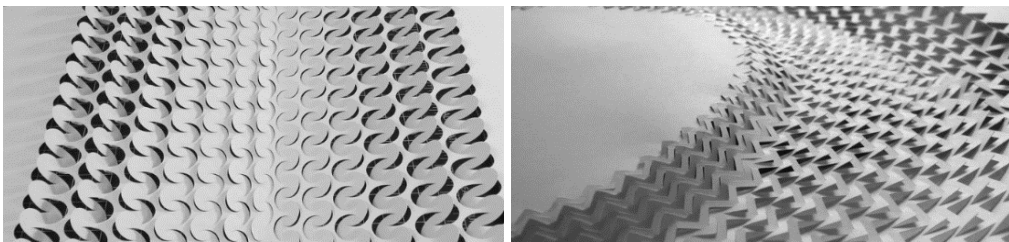
2.5.6. Menteşelenebilir teselasyonlar

Origami sanatının kurallarında, onu oluşturan malzemeyi kesmek mümkün değildir. Ama kirigamide katlama ve bükmeyle birlikte keserek de tasarlanan bir form oluşturmak mümkündür. Kirigami, bir kâğıt sanatı olması sebebiyle origamiye benzemektedir. En büyük fark, origamide kâğıt yalnızca katlanırken, kirigamide kâğıt katlanarak kesilebilmektedir. Japonya’da kullanılan kirigami kelimesinin anlamı ele alındığında, Japon Dilinde, "kiru" kesmek, "gami" kâğıt anlamına gelir, yani kirigami kâğıt kesmek demektir. Kirigami terimi Florence Temko tarafından geliştirmiştir ve kirigami kelimesini 1962 tarihli kitabında (Kirigami, yaratıcı kâğıt sanatı) kullanmıştır. Basit kirigami genellikle kar taneleri, pentagramlar veya orkide çiçekleri gibi simetriktir. Tipik olarak, kirigami katlanmış bir biçimle başlar. Daha sonra katlanan elemanların bir kısmı kesilir. Sonraki aşamada kirigamiyi yapmak için kesilen teselasyon açılır ve düzleştirilir (Şekil 2.29).



Şekil 2.29. Kirigami örneği (URL-34)

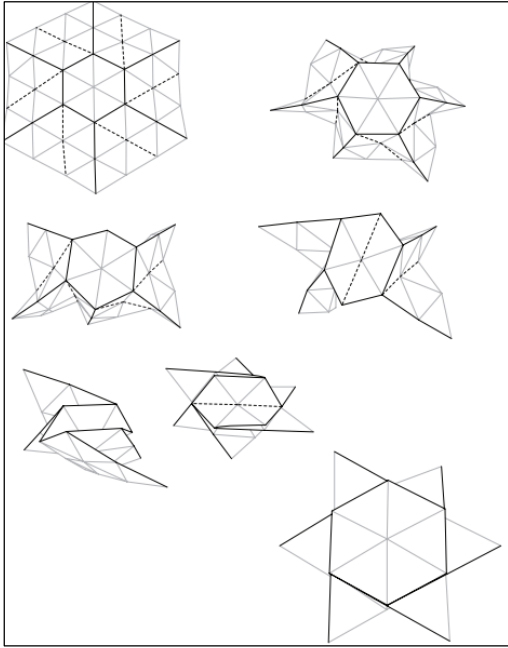
Mimaride, çevre koşullarına uyum sağlayabilen ve buna cevap verebilecek sistemleri aradığımız için kirigami bunu yapmaya etkili geometriyi sağlamaktadır. Genel olarak bu sanat, mimari yüzeylerde çevresine uyumlu yüzey yaratmak için kullanılmaktadır. Resim 2.15’te bu kullanımın iki prototip modeli gösterilmektedir.



Resim 2.15. Kirigami yüzey örnekleri (URL-35)

Önceki bölümde konu olduğu gibi, bir origami formu oluşturmak için onun teselasyonunun oluşturulması gerekmektedir. Kirigami bir yüzeye ulaşmak için, yüzeyin teselasyon düzeyi tanımlanmalıdır. Üçgenleri oluşturan ızgara sistemi, bir modüler sistem sunması ile birlikte, çeşitli üç boyutlu örüntülerin üretilmesine de yardımcı olmaktadır.

Bir diğer çalışmada, (Eric Gjerde¹¹ (2007) çalışması) çizgilerin katlanması ile altıgen birimlerden oluşan örüntü örneği sunulmuştur. Eric Gjerde'nin yöntemi çizgiler üzerinde katlama yapmakla origami formları üreten bir yöntemdir. Bükümü katlamak için üçgen bir ızgara ile başlanır. Plise çizgileri üzerinden, dağ ya da vadi kıvrımlarına göre katlanır. Kıvrım çizgileri boyunca içeri doğru daraltılır. Şekil 2.30'da görüldüğü gibi, vadi kıvrımları boyunca çökmelidir, böylece tüm parça ikiye katlanır. Büküm yarıya katlandığında, taban bir arada tutulu şekilde, kitabın iki yarısı gibi açılır. Son olarak da, büküm açılır ve serilir. Altıgen kıvrım katlandığında, üçgen ve kare kıvrımlardan daha fazla rijitlik gösterip, yerine kilitlenir ve ortaya çıkması oldukça zor olabilir (URL-36).

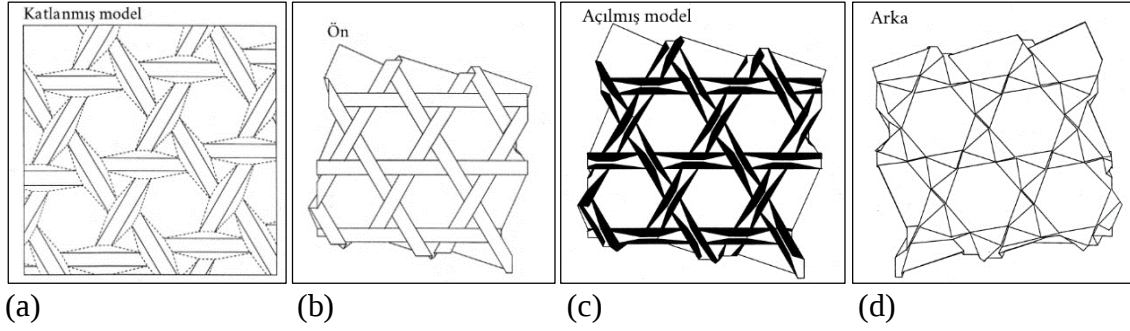


Şekil 2.30. Teselasyon aracılığıyla altıgen origami oluşum süreci (URL-36)

Bu tip origami teselasyonlar, dört teselasyon desenini içerir: 1. kıvrım modeli, 2. katlanmış modelin ön taraf görünüşü, 3. katlanmış modelin arka görünüşü ve 4. açık origami modeli

11 Eric Gjerde'in çalışmaları web sayfasında bulunmaktadır; <http://www.ericgjerde.com>

yükseklikte tutularak elde edilen açılmış model (light pattern). Bu farklı desen türlerinin her birinin bir örneği şekil 2.31’de görülebilir. İlk desen, kâğıt karesinde yapılacak kıvrımları gösterirken, diğer resimler katlandıktan sonraki sonuçları göstermektedir.



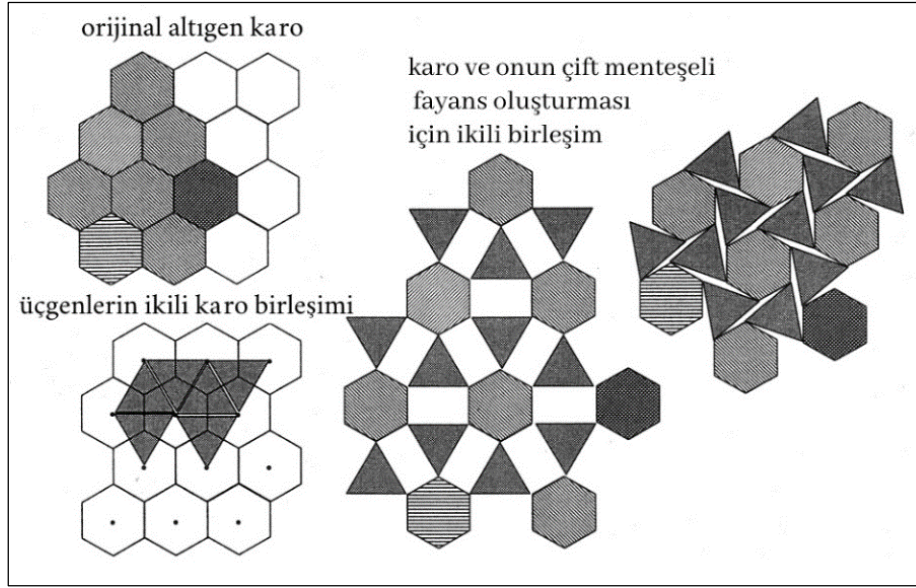
Şekil 2.31 (a, b, c ve d). Kıvrım modeli, açılmış model ve katlanmış origami’nin arka ve önü (Verrill, 1998)

Verrill (1998) tarafından yürütülen bu çalışmada, origami desenlerin üretimi için dört farklı yöntem önerilmiştir. Bu matematikçinin çalışmalarında ilk yöntem olarak menteşeli birimler, ikinci yöntem çizgilerin katlanması ile elde edilir; üçüncü yöntem, örgü benzeri desenler üretir ve dördüncü yıldız benzeri konfigürasyonlarla desen üretir. Bu yöntemlerden bazıları üç boyutlu formların oluşumu için daha uygundur, ancak bu çalışmada tüm yöntemleri gözden geçirerek hareket edebilirliği sağlayabilecek en uygun yöntem seçilecektir.

Verrill (1998), diğer matematik ve geometri alanında ortaya konan çalışmalara dayanarak araştırmalarını menteşelenebilir origami teselasyonlar üzerinde devam ettirmiştir.

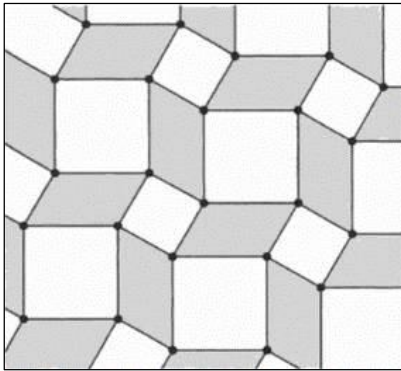
Palmer, Barreto ve Bateman tarafından geliştirilmiş origami teselasyon olan bu yöntem, Şekil 2.32’de gösterildiği gibi menteşelenebilir bir özelliğe sahiptir. Arşimet biçimlerinden üretilen menteşeli desenler, katlama yönlerinin doğru bir şekilde atanması ve birimler arasındaki küçük açılar olmadığı varsayılarak katlanabilir. Prosedüre bir Arşimet biçimi ile başlanır. Sonra desenlerin içi boşaltılır ve orijinal biçimlerin arasındaki çift desen eklenir. Biçimler çift desene göre döndürülür. Burada çift orijinal desen, istediğimiz gibi ölçeklendirilir (Verrill, 1998).

Şekil 2.32, menteşeli desenin bir örneğidir, bu şekil menteşeli desenlerin nasıl elde edileceğini göstermektedir; bu teknikte, desenlerin kenarlarını oluşturan çizgiler, bir origami teselasyon üretmek için kullanılabilir.



Şekil 2.32. Menteşeli desenler oluşumu (Verrill, 1998)

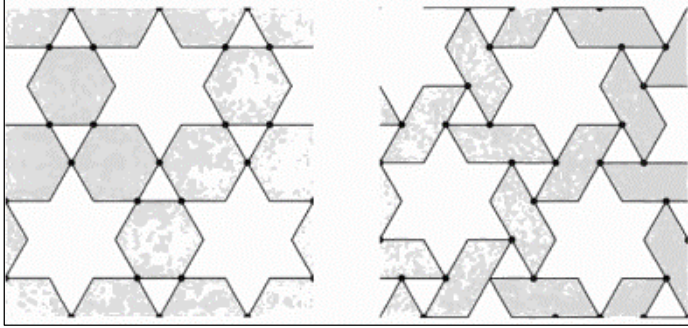
“Bir menteşeli teselasyon modelini tam şekilde inşa edilemez, çünkü sonsuz sayıda figür bir araya getirilemez” (Frederickson, 2002: 117). Menteşeli teselasyon, menteşelerin düzenli bir şekilde eklendiği bir mozaiklemedir. Ardından teselasyonu açabilir, bazı birimleri diğerlerine göre döndürülür, böylece mozaikleme figürlerinin arkasındaki arka plan görünür hale gelir (Şekil 2.33).



Şekil 2.33. Teselasyon için ilkel örnek (Frederickson, 2002: 117)

Bir başka örnekte, altıgen ve bir üçgen kullanarak yüzey dizilebilmektedir. Aşağıdaki resimde görüldüğü gibi menteşeli konumu değişmekle birlikte farklı açıklıklar elde edilmektedir; mesela altıgenin her iki noktası bir üçgenin iki köşesi ile menteşelendirildiğinde, başka bir menteşeli teselasyon elde edilmiştir. Şekil 2.34 solda,

maksimum genişlemiş haldeki mozaikleştirmeyi göstermekte ve sağda (Şekil 2.34), saat yönünde yarım döndürülmüş üçgenlerle oluşturulmuş teselasyon gösterilmektedir.



Şekil 2.34. Altıgen ve üçgenden oluşan menteşeli desen (Frederickson, 2002: 118)

2.6. Hareket Edebilirlik

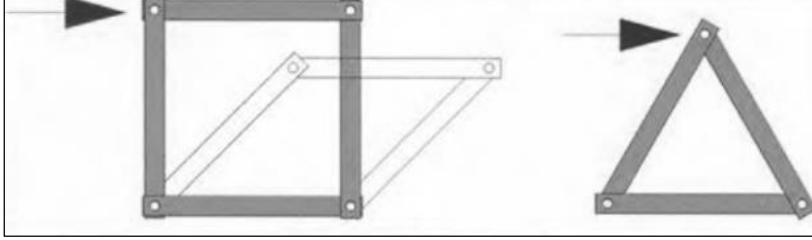
2.6.1. Kinetik yapılar

Kinetik mimarlık yapının mobil olması, konum değiştirebilir olması veya yapının dönüşebilir olmasıdır; yani bulunduğu yerde form/biçim değiştirebilir olmasıdır. Mobil mimaride, hareket yapı kullanılmadan önce gerçekleşmektedir. Tasarlanan yapı mekânsal ihtiyaca göre taşınır, kullanılır ve ihtiyaç doğrultusunda yapı defalarca taşınabilmektedir. Biçim değiştirebilir mimari ise kinetik kavramı yapının kullanımı esnasında gerçekleşerek çok boyutlu mekân oluşturmaktadır ve kinetik mimari mekanizması ile ifade edilmektedir. Kinetik, kelime olarak farklı disiplinlerde kullanılmıştır ve hepsinde bir hareket edebilirlik kavramı (iç veya dış hareket edebilirlik) vardır. TDK sözlüğünde, kinetik kelimesi, hareket olaylarını inceleyen bilim dalı olarak ifade edilmiştir¹².

Kinetik mimaride rijit cisimler çok yaygındır ve genellikle hareketli elemanlar oluşturmak için menteşeli birleşimlerle bağlanır. “Kuvvet ve hareket iletiminden oluşan bu konsept, rijit cisimler ve eklemlerle birleşerek bir sistem oluşturmaktadır. Burada normal strüktür ve kinetik sistemin farkı, kinetik kavramın açıklamasında yardımcı olacaktır. Hareket iletme ve en az 4 çubuktan oluşmak bir kinetik sistemin esas özelliğidir” (Korkmaz, 2009). Şekil

12 Fr. cinétique a. 1. tek. Hareket olaylarını inceleyen bilim dalı. 2. kim. Kimyasal tepkimelerin hızlarını inceleyen bilim dalı. 3. sf. fiz. Hareketle ilgili, hareket sebebiyle oluşan. İng. kinetic 1.Hareket ile ilgili. 2.Cisimlerin hareketini etkileyen kuvvetler ile ilgili.

2.35’te tipik bir mekanizmanın uygulanan dış kuvvet sonucunda yer değiştirmesi meydana gelmektedir.

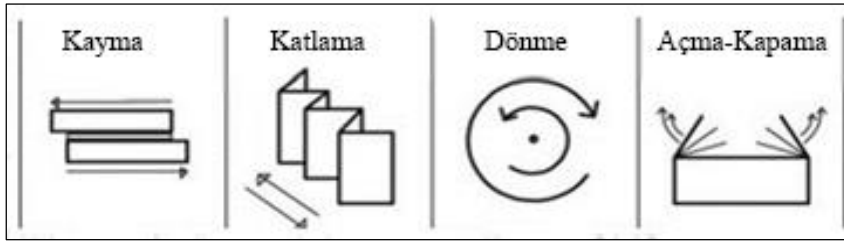


Şekil 2.35. Tipik bir mekanizma örneğinin kuvvet uygulanması neticesinde şekil değiştirmesi (Korkmaz, 2009)

Hareket edebilir mimari konusuna geçmeden, kinetik ve kinematiğin arasındaki farkın da açıklanması yararlı olacaktır. Rijit cisimler mekaniği iki statik ve dinamik bölüme ayrılmaktadır. Statik, denge halindeki cisimleri incelemektedir. “Rijit cisimler mekaniğinde cisimlerin tam rijit olduğu kabul edilir. Gerçekte yük altında tüm cisimler şekil değiştirir ama sistemin denge ve hareket haline önemli bir etkide bulunmadığı için göz önüne alınmaz” (Korkmaz, 2001). Dinamik, hareket halindeki cisimlerin kendi oluşturduğu hareketi inceler. “Mekanikçiler dinamiği kinematik ve kinetik adı altında iki ana bölüme ayırırlar. Kinetik, cismin kütlesi göz önüne alınarak cisme etki eden kuvvetler, momentler ve meydana gelen hareket arasındaki bağıntıları inceler” (Korkmaz, 2001). Sistem hareketinin nedeni elastik bir deformasyon ise, sistem elastik kinetik kategorisine girmektedir. Kinematik, hareketi doğuran nedenleri göz önüne almadan sadece hareketin geometrisini göz önüne alan bilim dalıdır. Kinetik ise hareketi oluşturan nedenlerle birlikte incelemektir. Kinetik kinematiği de içerdiğinden bazı yazarlar kinetiğe dinamik de demektedirler. Genellikle dinamik ilk önce kinematik için gerekli matematik bilgileri ile başlar. Mühendislik disiplinlerinde kinematik, birleştirilmiş öğeler tarafından oluşturulan sistemlerin hareket yasalarını tanımlamak için kullanılır veya “hareketin geometrisi” olarak adlandırılır.

Kinetik yapılar, hareketin türüne, kullanılan malzemeye ve kinetik yapı öğelerinin türüne bağlı olarak sınıflandırılabilir. Mekanizmanın tasarımına bağlı olarak, aynı yapı içerisinde farklı hareket tipleri oluşturulabilir ama genellikle hareket tipine göre, kayma, dönme, açma-kapama ve katlama olarak sınıflandırılır. Bu sınıflamalar şekil 2.36’da özetlenmiştir. Örneğin, iki yapısal elemanın bir uçtan bir uca eksenel olarak hareket ettirileceği ve elemanların ortaya çıkan uçlarının makas şeklinde daraltıldığı şekilde iki yapısal elemanın

birleştirilmesiyle bir katlama tipi hareket oluşturulur (İlersoy and Pekdemir Başeğmez, 2018). Çeviri, bir bileşenin tutarlı bir düzlemsel yönde hareketini tanımlar. Dönme, bir nesnenin herhangi bir eksen etrafında hareket etmesini sağlar ve ölçeğine uyarak büyüme, boyutta genişleme veya daralmayı sağlamaktadır. Bunlar, çok yönlü bir bükme veya dönme gibi daha karmaşık hareketler üretmek için birleştirilen kinetiğin temel yapı taşlarıdır. Sonuçta kinetik mimarlıkta, kinematik bir zincirdeki iki veya daha fazla bireysel hareketin eklenmesi, genel hareketin karmaşıklığını büyük ölçüde artırır.



Şekil 2.36. Temel hareket tipleri (İlersoy and Pekdemir Başeğmez, 2018)

Dinamik sistemler, mimari bütüne göre bağımsız olarak hareket eder. Uygulamalar panjurlar, kapılar, bölmeler, tavanlar, duvarlar ve çeşitli modüler bileşimler içerebilir. Bir örnek, en uygun akustik özelliklerin elde edilmesi için seyirciye ve icracı lokasyonlarına bağlı olarak değişebilen tavan konfigürasyonlarına sahip bir oditoryum olabilir. Dinamik kinetik yapılar (dinamik sistemler) mimari bütün içerisinde hizmet veren küçük ölçekli hareketli bileşenleri tanımlar. Bu sistemler hareketli, dönüştürülebilir veya eklemeli modüler sistemler olabilmektedir. Bu sistemleri içeren yapılar, dinamik kinetik yapılar olarak adlandırmaktadır (Şekil 2.37).

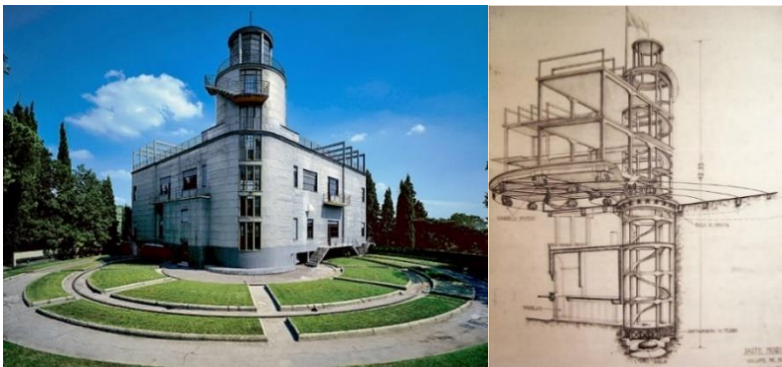


Şekil 2.37. Mimaride kinetik tipolojilerin şeması (Yeh and Fox, 1999)

2.6.2. Mimarlıkta kinetik

Mimarın biçim ve doğası gereği yer değiştirebilir, şekil değiştirebilir, genişletilebilir ve genel olarak hareket edebilirliği önem göstermektedir. Zuk ve Clark (1970) kinetik mimari açıklamasında, dönüştürülebilir yapıların veya kinetik mimarın tepkisi, iklim koşulları, farklı yerler, değişen işlevsel gereksinimler veya kaçınılmaz durumlar gibi sınırlayan şartlara göre, etkin bir şekilde ayarlanmalıdır. Dönüşüm mekanizmasının tipi geniş bir olasılık çeşitliliğine sahiptir, dönüşüm süreci bir kompaktan genişletilmiş bir yapıya veya onun tersine doğru gider. Dönüşüm aşaması, kontrollü ve stabile hareketlerden oluşmalı ve yerinde kilitlendiğinde, katı ve güvenli bir strüktüre sahip olmalıdır (Zuk and Clark,1970).

Kinetik mimari tasarımı 1920'lerden beri araştırılmaktadır. Kinetik mimarlığın ilk örneklerinden biri 1929 yılında inşa edilen Angelo Invernizzi'nin Villa Girasole'idir (Resim 2.16). Bu tür kinetik mimarın tasarımı, genellikle dinamik tepki verme için eklemler, çalıştırıcılar ve kontrol sistemleri gibi karmaşık ve ağır mekanik elemanları içerir. Bu yaklaşım neredeyse kaçınılmaz olarak kırılğan ve savunmasız kinetik sistemler üretir. Genel uygulamada, bu çözümler çoğunlukla mühendislik olmak üzere diğer disiplinlerden sıklıkla ödünç alınan geleneksel mekanik bileşenleri içerir. Örnekler, yüksek enerji maliyetlerini ve karmaşık mekanizmaları yönetmesini gerektiren, dönüşümü mümkün kılan çok sayıda piston veya çalıştırıcıdır. Bu çalışmada, mekanik kinetik tasarım yaklaşımların ötesinde daha basit ve işlevsel bir yüzey sisteminin oluşturulması, araştırma motivasyonu olmuştur. Bu amaç doğrultusunda temel ve basit geometrik formlar ele alınmıştır ve onların birleşmesini sağlayan teselasyon kavramı konuya daha yakın görülmüştür.



Resim 2.16. Villa Girasole'un dış görünüşü ve merkezi kulesindeki dönme sistemin yapısı (URL-37)

Kinetik mimari tartışmasında yaygın olarak kullanılan bazı terimler bulunmaktadır. Kinetik mimari ile uyabilen/adaptif mimari amaçlandığı için uyabilen sistemlerle ilgili tanımları açıklamak önem arz etmektedir. En önemli terimlerden bazıları kinetik, kinematik, geri çekilebilir, dönüştürülebilir veya uyarlanabilirliktir. Gölgeleme sistemlerin çevreleriyle işlevsel etkileşimini tanımlamak için yaratıcı, duyarlı ve dinamik gibi terimler kullanılır. Temel terimler, önceki bölümde açıklanmıştır. Geri çekilebilir terimi, membranın demetlendiği veya katlandığı tekstil membran çatılarda yaygın olarak kullanılır. Daha basit bir ifade olarak, bu tür sistemlerde hareketli bir yere işaret edilir. Dönüştürülebilirlik, değişkenlik, hareketlilik de farklı işlevlere uyum sağlamak için binalarda değişkenlik tiplerinden bazıları olarak kabul edilir. İki tip hareket tanımlamak mümkündür: dışsal, yani binanın dış kabuğunun değişkenliği ve içsel olarak da mekânlarla ilgili içsel dönüşüm. Dönüştürülebilir sistemler, formlarını kısa sürede değiştirecek biçimde tasarlanmıştır. Dönüştürülebilirlik, kontrollü değişimin içsel özelliğine sahip olan nesneler veya yapılarla ilişkilendirilebilir. Dönüştürülebilir cisimler katlanabilir, geri çekilebilir veya şekil değiştirebilir. Performatif kabuklar, mimari performanslarla ilgili olarak dış faktörleri kontrol etmek için kullanılan terimdir. Uyarlamalı terimi, değişen koşullara uyum sağlamak ve kendi kendine uyum sağlama yeteneği olan binalara denilmektedir. Uyarlamalı kabuklar, dış varyasyonlarla ilgili davranışlarını, özelliklerini veya konfigürasyonlarını değiştirme potansiyeline sahiptir. Duyarlı terimi, reaktif bir sisteme, yani manipülasyon terimine hareket eden ve karşıt olan bir sistemi ifade etmeye çalışır ve bu sistemin dışarıdan taşındığı ve kontrol edildiği anlamına gelir.

2.6.3. Kinetik yapılar neden ve nasıl çalışmaktadır?

Çağdaş mimarinin gelişmesi ile birlikte çevresine duyarlı bina kavramı en avangart ve güncel teorik ve teknik çalışmalar içerisinde yerini almıştır. Duyarlı mimari teknolojisi ile ilgili bina içi veya bina dış yüzeyinde çalışmalar yürütülmektedir. Bina kabuklarının bir binanın dış çevresi ile iletişim kuracak en önemli ögesi olduğundan ötürü, bina yüzeyi daha da önemsenmiştir. Bina yüzeyi konumundan dolayı bina dışı enerji ve genel olarak bina dışı faaliyetlerden etkilenen öğelerdir ve bir binanın enerji kontrolü sağlayabilmek için bina yüzeyindeki değişkenlerin kontrolünü sağlamak duyarlı mimari oluşmasına doğru ilk adımdır. Dinamik davranış, yapıların sürdürülebilirliğini geliştirmeyi mümkün kılar, o yüzden dönüştürülebilir tasarım disiplinler arasındadır. Yalnızca yapıları değil, aynı zamanda boyutlarını ve şeklini değiştiren ürünleri ve ortamları yaratmaya da katkıda bulunur. Mevcut

iklim değışikliği ile başa çıkmak için bu uyarlanabilir, etkileşimli yaklaşım gereklidir. Dönüştürülebilir mimari, binaların tasarımında enerjiden tasarruf etmek ve bina ortamının kalitesini arttırmak için yaratıcı bir şekilde katkıda bulunabilir.

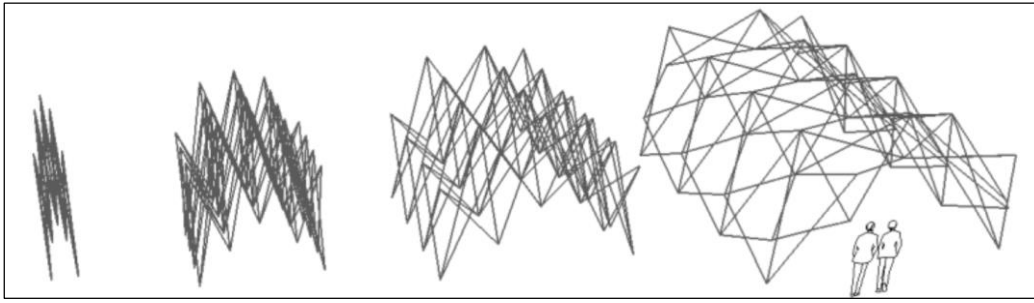
Dönüştürülebilir mimari, benzersiz fırsatlara sahiptir. Bu tarz mimari, verimli, ekonomik ve zarif yapıları hedefler. Yapının zarafeti, yapının dönüşümü ve bunun sonucunda ortaya çıkan davranış ile ilgilidir.

Dönüşümlerden dolayı değışen davranışlar, heyecan verici dinamiklerinden dolayı estetik açıdan daha hoş olan yapıları tasarlama olanakları yaratır. Değişen davranış genellikle çevre veya diğer akıllı teknoloji türlerinden gelen dinamik geri bildirimlerle düzenlenir. Geribildirime dayalı kontrol sistemleri, yapıların fiziksel özelliklerini etkili bir şekilde değıştirmenin akıllıca yollarıdır (Marysse, 2016).

Bu kavram mimari tasarım sürecini esnek, dönüştürebilir ve form değıştirebilir mekânlar ve biçimleri bir amaç doğrultusunda etkilemektedir. Kinetik mimarlık, değışen ihtiyaç ve çevreye bir uyum içinde olmakla birlikte mimari sorunları da yanıtlayabilecek ve bu cevaplama için gerekli donanımların teknolojisinden yardım almayı sağlayacaktır.

Günümüz mimari tasarım yöntemlerinde, bir binanın duyarlı ve tepki gösterir olması için farklı yollar bulunmaktadır. Etkili yöntem ve kavramlardan birisi olarak kinetik mimari yüzeyler önerilmektedir. Bu gereksinimlere bir cevap olarak “katlama” ile tanımlanan bir mekanizmanın kullanılmasıyla sağlanabilir. Katlanabilir yüzeyler, gerçekleştirebildikleri özelliklerinden dolayı mimari ve mühendislik alanlarında yaygınlaşmaktadır. Kinetik mimari, tasarım girdisi olmakla birlikte bir imar kavramı geliştirmiştir. Bir diğer açıdan kinetik yapıların karmaşık tasarım problemlerine çözüm üretebilmesi ve verimli malzeme ve uyarlanabilirliği için, katlanmış yapılar etkin ve performatif sistemler olarak tanımlanabilir. Ayrıca yapısal prensipleri ve malzeme özelliklerini dikkate alan katlama stratejileri, hem sonuçta hem de tasarım sürecinde son derece bütüncül bir yaklaşımdan dolayı sürdürülebilir bir mimari yaratmaktadır. “Bu yönlere dayanan uyarlamalı bir mimari, durum çalışmasında gösterildiği gibi (ör. doğal yapılara benzer) dış (ör. dışla ilgili) ve iç (ör. kullanıcı ile ilgili) taleplerin değıştirilmesi üzerinde tepki verebilir. Ayrıca, sabit ve hareketsiz binaların yerini alabilir ve daha esnek, insan merkezli ve sürdürülebilir bir mekânsal çevreye katkıda bulunabilir” (Hemmerling, 2010).

Bu tezin konusu, yapının küçük ve sıkı bir halden, mimari amacını yerine getirebilen açık ve genişletilmiş bir yapıya yayılmasını sağlayan kinematik mekanizmalara sahip yapılardır. “Kinetik yapılar, yeniden yapılandırılabilen, değiştirilebilen ve yeniden kullanılabilen temel bileşenlerden oluşan parça sistemleri olarak tasarlanmış yapılardır” (Currie and Fenci, 2017). Genel olarak, mobil yerleştirilebilir yapılar küçük, kapalı veya istiflenmiş/yığılmış bir konfigürasyondan daha büyük, açık veya dağıtılmış bir konfigürasyona dönüşebilir. Bunun en yaygın örneklerinden birisi Şekil 2.38’dir. Tamamen açılabilir konfigürasyonda, mimari işlevlerini yerine getirebilirler. En yaygın uygulamalar, afet yardımı, bakım tesisleri, sergi ve eğlence yapıları için acil barınaklar gibi geçici hafif yapılardır. Bunlar tipik olarak küçük ve orta ölçekli uygulamalardır, burada taşınabilir ve hızlı kurulabilir olması büyük önem taşımaktadır (De Temmerman ve diğerleri, 2012).



Şekil 2.38. Angulasyon¹³ makas bileşenlerine dayanan serilebilir bir sığınak tasarımı (De Temmerman ve diğerleri, 2012)

2.6.4. Dönüşüm stratejileri

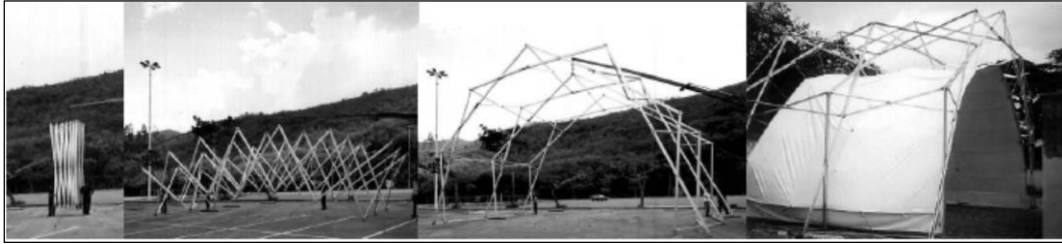
Yeniden yapılandırılabilir bir yapı, katlanabilir veya yerleştirme işlemi sırasında veya yalnızca bir dağıtılabilir şekilde sabit konfigürasyonlara ulaşacak şekilde tasarlanabilir. Tamamen açılabilir ve taşınabilir yapı (genellikle geçici uygulamalar için), dönüştürülebilir yapılar, yapının tamamı veya bir kısmının önceden imal edildiği ve montaj için nihai yere sevk edilerek sabit binalarda da kullanılabilir. Geçici durumlarda kullanılan yapıların farklı çevre koşullarında ve çeşitli yerlerde kullanılma potansiyeli vardır. Katlanabilir yapılar, çok küçük demetler halinde katlanabilmelidirler dolayısıyla taşınması ve saklanması kolaydır. Mimari dönüştürülebilir yapılardaki yeniden yapılanmanın doğuştan gelen özelliğine göre

¹³ Angulate: hold, bend, or distort (a part of the body, especially of an animal) so as to form an angle or angles

sürekli ve hızlıca değişen dönemde kullanıcı gereksinimlerini karşılayan alanlar oluşturabilir ve bu nedenle dinamik mimariye doğru bir evrimdir. Bu yapılar yapısal özelliğinden dolayı ihtiyaçlarımıza göre ayarlanabilir ve değişen tarzlara göre değişebilir (Asefi and Foruzandeh, 2011).

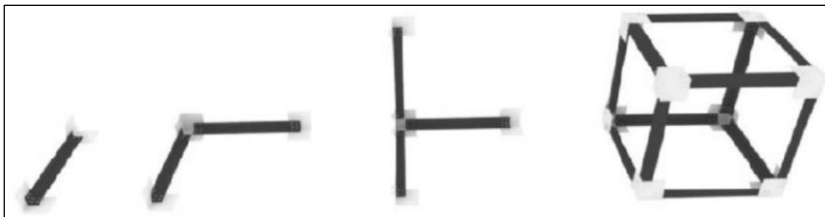
Dönüştürülebilir yapılar, değişen ortam ve iklim koşullarını, farklı fonksiyonel gereksinimleri ve acil durumları içerebilen değişken koşullara ve ihtiyaçlara cevap olarak morfolojiyi değiştirme ve yeniden ayarlama yeteneğine sahiptir. Dönüşümün nasıl yapıldığına bağlı olarak, dönüştürülebilir yapılar serilip veya sökülebilmektedir (Currie and Fenci, 2017). De Temmerman (2012), dönüştürülebilir yapıları bu iki grup içerisinde tanımlamış ve şöyle sıralamıştır:

- Yapının, küçük, sıkı bir yapıdan mimari amacını yerine getirebilen açık, genişletilmiş bir yapıya yayılmasını sağlayan kinematik mekanizmalara sahip yapılar; genelde bu yapılar geçici barınakların oluşturulmasında kullanılmaktadır (Resim 2.17);



Resim 2.17. Hareket edebilir serilen kalıp yapı (De Temmerman ve diğerleri, 2012)

- Yeniden kurulabilen, değiştirilebilen ve yeniden kullanılabilen temel bileşenlerden oluşan parça sistemleri (Şekil 2.39) olarak tasarlanmış yapılar (De Temmerman ve diğerleri, 2012)



Şekil 2.39. Demonte edilebilir bir parça kiti sistemi örneği (De Temmerman ve diğerleri, 2012)

Mekanik hareketler her zaman dönme, çevirme ve bunların kombinasyonu temel hareket türlerine bölünebilir. Bu sınıflandırma, menteşenin veya eklemnin nerede ve nasıl yer aldığına bakılmaksızın ve yer çekimi dikkate alınmadan kullanılır. Mimarlık ölçeğindeki hareketlerle ilgili olarak, burada tartışılan tipolojiler, her zaman kullanımları için uygun olan makro düzeyiyle ilgilidir (Schumacher, Schaeffer and Vogt, 2010: 44; Elkhayat, 2014). Burada, bir dizi hareketin kesin mekanik veya teorik detaylandırmasından ziyade hareketin işlevi olarak düşünülür. Şekil 2.40'ta, dönüştürülebilirlik üç temel hareket tipinden yola çıkılarak sınıflanmıştır. Burada en basit formlar üzerinden dönüştürülebilirliğin ana hatları bulunmaktadır.

Mekanik Konsept	Dönme			Çeviri		Dönme ve Çeviri	
Mimari Türü	Dönüştürülebilir olarak dönme	Dönme	Küçük Hareket	Paralel Kayma	Dikey Kayma	Katlama	Makas Katlama
Yatay							
Dikey							
Düzey							
Hacimlerin Basit Hareketi							
Yatay							
Dikey							
Düzey							

Şekil 2.40. Katı mimari elemanların hareket sınıflandırması (Schumacher, Schaeffer and Vogt, 2010: 45)

Bu çalışmada, çeşitli hareket tipleri arasından dönme eylemi en çok üzerinde durulan konu olmuştur. “Dönme bir elemanın bir eksen üzerinde veya çevresinde hareket ederek yön değiştirmesidir. Makro düzeydeki mimari uygulamalarda dönme hareketi genellikle tek aks etrafında gerçekleşir” (Randl, 2008: 10). Üç boyutlu dönme hareketi ise daha karışık formlarda kullanılmaktadır. Mimari yüzeyler konusuna geldiğimizde, farklı etkenlere cevap

verme açısından tasarlanan bir cephe kabuğunun, bir kaç yönde dönmesi öngörülmektedir. Parçalardan oluşan kabuğun, çok yönde hareket etmesini sağlamak için bileşenlerinde bu tür dönme hareketinin sağlanması gerekmektedir.

2.6.5. Kinetik desenler

Kinetik mimari, yapıların genel yapısal kararlılığını azaltmadan, bina elemanlarının hareket etmesini ve dönmesini sağlayan bir tekniktir. Bir binanın hareket kabiliyeti, kendi estetik yönlerini geliştirmek, çevre sorunlarına tepki vermek ve sabit yapılar için ulaşamayacak olan özellikleri çalıştırmak için uygulanabilir. Kinetik mimari yapıların işleyişi bir makinenin çalışmasıyla karşılaştırılabilir bir niteliktedir. Özellikle bina yüzeyindeki kinetik teselasyonlar, bir bütünün tamamlanması için onları ilişkilendiren bir dizi kalıp içinde organize edilen bileşenlerden oluşmaktadır.

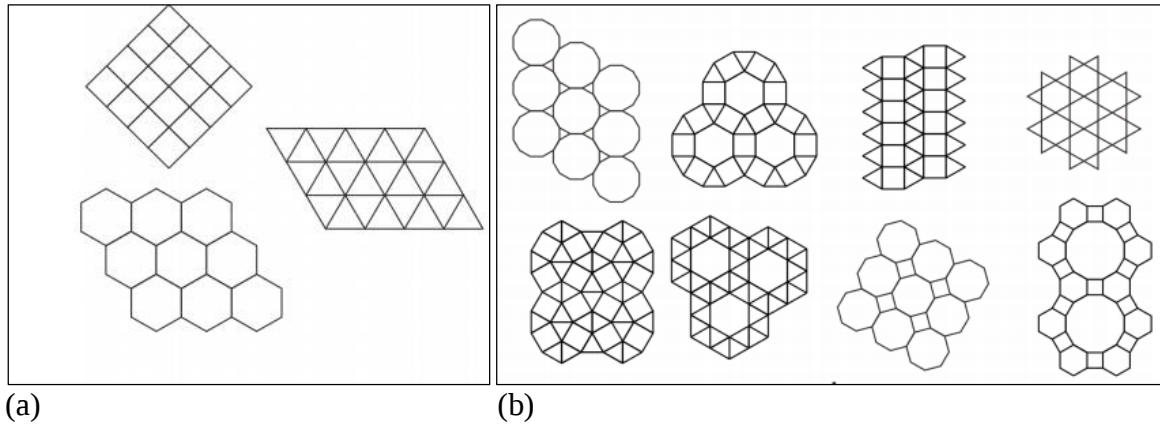
Mimari yüzeylerdeki kinematik ihtiyacını düşünerek duruma göre kinetikliğin tanımını yapmak gerekmektedir. Mimari cephelerde, hareketli elemanlar bir sabit yüzeyin üzerinde hareket etmekle değişiklik yaratmaktadır. Bu sistemlerin akıllı olması, değişen ihtiyaçlara göre fiziksel değişiklik gösteren mimari objelerin sayesinde.

Bu tez çerçevesinde kinetik mimarlık, dönüştürücü mimari yüzeylerde desenin doğasında var olan hareket potansiyelini ifade etmektedir. Bu doğrultuda yüzeylerde uygulanabilecek kinetik yapıları, kullanılan ölçek açısından iki başlık altına anlatılmaktadır.

- Daha büyük bir mimari bütünlük içinde sabit bir yerde bulunan, daha büyük mimari sistemini kontrol eden, değişen faktörlere yanıt veren veya büyük bağlamın kontrolüne göre bağımsız hareket eden kinetik sistemler.
- Geçici bir yerleştirmede mevcut olan ve parçalardan oluşarak inşa edilebilecek ve yapısal olarak hazırlanan parçaların kolaylıkla nakledilebildiği kinetik sistemler.

Kinetik desen, geçici bir dizi yoğunlaşması ve hareket eğilimidir. Izgara desenleri iki veya daha fazla doğrusal sistemin üst üste gelmesiyle veya tek merkezli sistemlerle bir yüzeye döşenerek oluşturulabilir. Izgara sistemleri, özellikle kartezyen ızgarası, mimaride sıkça görülen kalıpları kolayca kavramaktadır. Gerekli hiyerarşi, merkez veya yön olmaksızın sonsuz tekrarı, periyodikliği ve çeviri simetrisini ima edebilirler. Izgara desenleri, özellikle

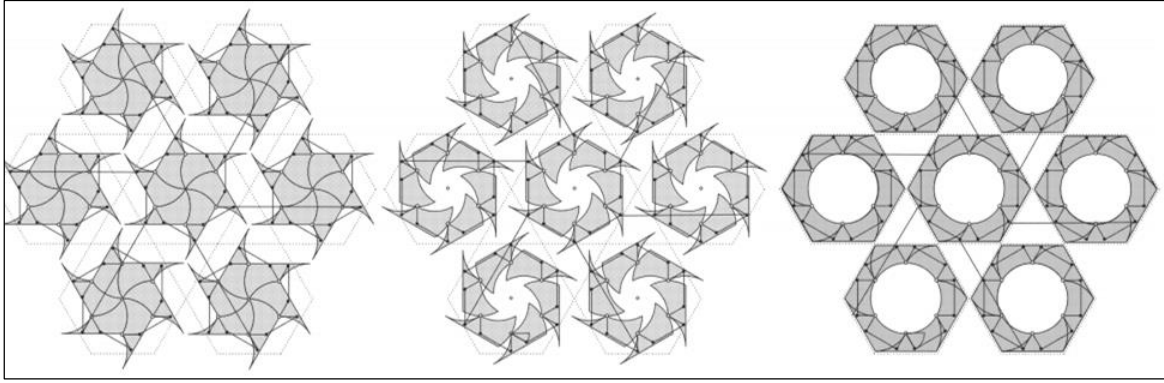
ölçek ve oranların manipüle edilmesi sürecinde kinetik mimari yapılarda büyük bir önem taşımaktadır. Bağlantıları ve hareket verici bileşenlerini konumlandırmak için bir platform olarak hizmet ederek çok parçalı kompozisyonları organize etmek ve kontrol etmek için bir yöntem ve bir strateji sağlamaktadır. Izgara tasarım olanaklarının sadece tasarımcının hayal gücü ile sınırlı olduğu söylenebilir, ancak belirli tipteki ızgaraları daha yaygın hale getiren belirli geometrik kısıtlamalar vardır. Örneğin, üç ana düzenli poligonun (üçgen, kare ve altıgen) periyodik teselasyonları tarafından oluşturulan düzenli ızgaralar, geleneksel mimari formlarla uyumluluğu nedeniyle kinetik yapılarda baskındır. Periyodik veya polimorf¹⁴ organizasyonlar nispeten nadir olmakla birlikte, yarı düzenli teselasyon veya Arşimet tendonları zaman zaman bulunabilmektedir (Şekil 2.41).



Şekil 2.41. (a) Düzenli; (b) Yarı düzenli (Arşimet) teselasyonu (Stevenson, 2011)

Düzlemsel ızgaralarda kinetik cihazlar esas olarak ızgaranın iki boyutlu düzleminde çalışırlar; uzay ızgaralarında ise, cihazlar üç boyutlu hareketi gerçekleştirirler. Genişleme süreci, hareketlilik ile sağlanır ve bu da düzenli teselasyonların açılım açısına göre genişlemesini sağlar, bu tip çalışmalardan bir örnek şekil 2.42’de gösterilmiştir. Bağlantıların konumu beklenen hareket ve serilme alanına göre belirlenebilir. Bu araştırma, bu yöntemi yarı düzenli teselasyon'a uygulamayı amaçlamaktadır. Önerilen yaklaşımın ek bir avantajı, origami tipi yapının dijital kinematik modeline, renk, doku, yüzey yarı açıklığı, ışık, gölgeler vb. gibi mimari parametrelere entegre edilerek, dönüştürülebilir mimari özelliklerin daha kapsamlı bir şekilde incelenmesidir. Sonuçta origami tipi membran yapısı elde edilebilir.

14 TDK sözlüğüne göre, Polimorf: (Yun. polys: çok; morphe: şekil) Bir tür ya da popülasyonda iki ya da daha fazla farklı formun bulunması anlamındadır. İng: polymorphic.



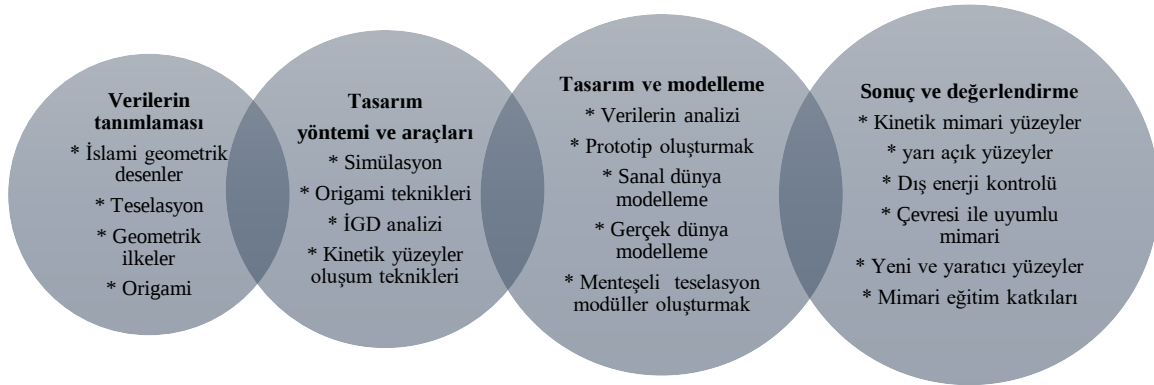
Şekil 2.42. Arşimet altıgenler ve üçgenler teselasyonuna dayalı döner diyafram ızgara (Stevenson, 2011)

3. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma doğası itibarıyla çok disiplinlidir ve kendine farklı bilgi birikimlerinin kesişiminde bir alan açmaktadır. Alanların bir birinden ayrı olarak araştırılıp ve sonuçların birleştirilmesi yöntemi, araştırmanın amacına uygun bulunmaması nedeniyle kabul edilmemiştir, çünkü teorik bir sonuçtan ziyade pratik ve ölçülebilir bir cevabın peşinde olma önemsenmiştir. Origami, teselasyonlar ve İslami desenlerin birlikteliğinden yeni formların oluşabileceğinin amaçlanmasından dolayı ve bu dalların özelliklerine dair modellemeye açık ve geniş bir alan sunduğu için modelleme/simülasyon (simulation) yöntemi seçilmiştir.

Bu disiplinlerin herhangi birinin araştırılması sonucunda, kendine özgü sonuçlar elde edilebilir. Ancak bunların birlikteliğinden oluşabilecek sonucun farklı bir donanım ve geniş bir zaman gerektirdiği söylenebilir. Bu tip çalışmalarda kişisel çaba gerektirmesinden dolayı kişinin nasıl öğrendiğini keşfetmesi gerekir. Bu keşfetmenin temel nedeni de, görsel ve dokunsal öğrenme olmasından kaynaklıdır. Bu objeler arasında tanımlanmış ilişkileri kapsayan sistem veya süreçlerin modeli olarak tanımlanabilir bir araştırma yöntemi gerekmektedir. Dolayısıyla simülasyon sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemi olarak kullanılmıştır. Söz konusu sistemin davranışını çözümlmek veya farklı taktikleri analiz etmek ve olası hataları tahmin etmek için modelleyerek, deneysel bir çalışma süreci takip edilmektedir. Bu nedenlerle de sonraki çalışmalar ve işlemler için objektif bilgi oluşturulmaktadır.

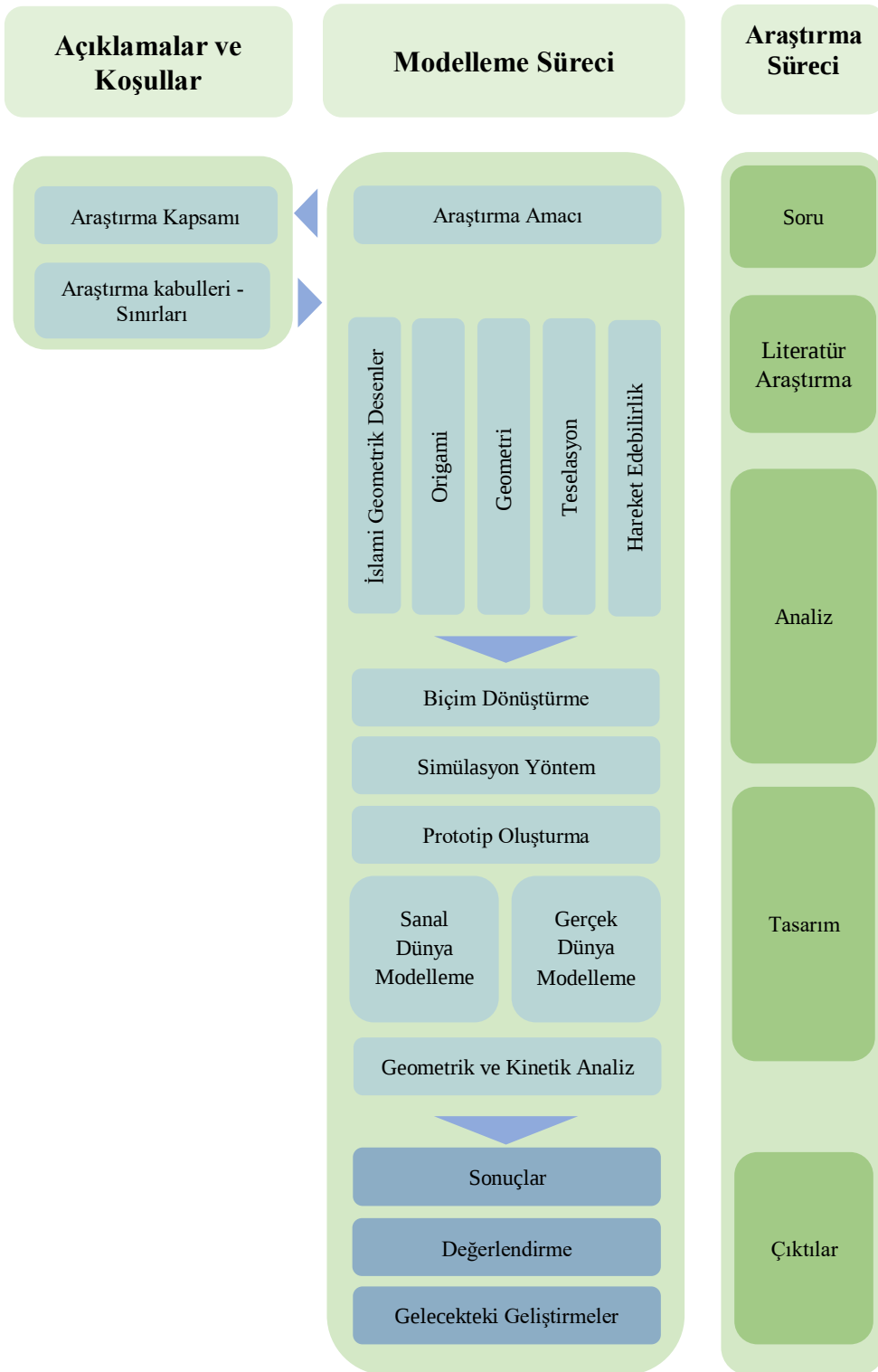
Herhangi bir bilimsel çalışma yeni bilgiler elde etmek için başlatılmıştır. Bu çalışmada konu gereği yeni bilgi elde etmek için sadece teorilerle sonuç bulunamayacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla teoriler bilimsel yöntem aracılığıyla denemelerle bağdaştırılmaktadır. Bu vesileyle teorik bilgiler ve pratik bilgiler bir arada çalıştırılmaktadır. Şekil 3.1’de sergilendiği gibi bu çalışmada performatif çalışma ile teorik çalışmanın arasındaki ilişki doğrultusunda çalışılmaktadır.



Şekil 3.2. Araştırma sürecinin içeriği

Bu çalışmada farklı alanların birlikte çalışmasından dolayı bir çizgisel araştırma süreci söz konusu olma olasılığı olmamaktadır. Bu teorik ve bazen pratiklikle çok yakın ilişkide olan alanların birlikteliğinden yeni cevapların bulunması için ona uygun yöntemi bulmak gereklidir. Alanların çeşitliliği ve onların genişliğinden ötürü pratik bir yöntemin seçilmesi önemsenmiştir.

Son dönemlerde mimari eğitiminde kullanılan “yaparak öğrenme” metodu çalışmanın prototip oluşturması için önerildikten sonra onun bilimsel araştırma yönü olarak, simülasyon metodu seçilmiştir. “Simülasyon, tasarım projelerinde yüksek oranda hedeflenen uygulamalardan teori binasına uzanan amaçlara yönelik olarak geniş bir yelpazedeki konularda yerleştirilebilen dikkate değer ölçüde yaygın bir araştırma arayışıdır. Aynı önemde, simülasyon sıklıkla diğer araştırma stratejilerinde bir taktik olarak veya karma stratejilerde tam bir ortak olarak birçok kullanım alanına sahiptir” (Groat and Wang, 2013: 349). Simülasyon yöntemi araştırma sürecinde merkezi bir yere sahiptir ve tüm disiplinler orada birleşmektedir, Şekil 3.3’te araştırma yönteminin konumu şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 3.2’de araştırmanın adımları ve metodolojik çerçevenin katkısı gösterilmiştir. Görüldüğü gibi çalışmanın ilk aşamasında kapsamlı ve eleştirel bir literatür araştırması yapılmış ve çeşitli disiplinlerin kombinasyonlarının tek bir mekanizmadaki dönüşüm yeteneklerini değerlendirmek için basit fiziksel modeller oluşturulmuştur. İkinci aşamada, çalışmada önerilen modellerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Seçilen geometrik desenlerin geliştirilmesinden ziyade, önerilen menteşelenebilir teselasyonlara ait ana prensiplere dayanarak onların hareket edebilir hale getirilmesi ve açıklanmasıyla sona ermiştir.



Şekil 3.3. Araştırma sürecinin aşamaları

Simülasyonun ve modelleme araştırması nedir?

“Simülasyon gerçek dünya bağlamının ya da hipotez olmuş gerçek dünya bağlamının bir kopyasının, çeşitli rol oynayan etkenlerin sonucu olan dinamik etkileşimleri içerdiğinde gerçekleşmektedir” (Groat and Wang, 2013: 365). Bu yöntem bir modelin geliştirilmesi ve bu model üzerinde deneyler yapılması için olayın matematiksel ve mantıksal gözlemleme sürecidir. Simülasyon, tasarım projelerinde büyük oranda hedeflenen uygulamalardan teori binasına uzanan amaçlara yönelik olarak geniş bir yelpazedeki konulara yerleştirilebilen önemli ölçüde yaygın bir araştırma tasarımıdır.

Modelleme ile form bulmanın temel adımları, bilgisayardan daha önce ve hesaplamalı tasarım temelinde bulunan, yaparak öğrenme, deneme yanılma gibi teknikler olarak, sadece bir boyuttan konuya yaklaşmayıp, belki birçok şeyi düşünme ve tasarımın bu düşünceye dayanarak ortaya çıkması olarak görülmektedir. Aslında mimari tasarımda, araştırmacıların düşünce ve duygularının yorumlanmasını içerdiği için tasarım süreci, simülasyon olarak düşünülebilmektedir.

Genel olarak iki veya üç boyutlu mimari biçim üretme/tasarım sürecinde, dijital araçların sunduğu alternatifler, tasarımcının form üretme olasılıklarını artırmaktadır. Fakat belli aşamalardan sonra tasarımcının rolü azalıp dijital ortamın form tasarımındaki rolü daha güçlü hale gelmektedir; tasarımcının fikrinin daha etkin olması için, dijital ortamdaki sürecin başlamadan önce temel biçim algısının oluşturulması gerekmektedir. Poligon ve polihedron formların bu biçim algısının iki boyutta veya üç boyutta geliştirilmesi daha verimli sonuçlar üretmektedir.

Deneysel araştırma ile simülasyon araştırma ilişkileri

“Deneysel araştırma bir bağlamı yalıtır ve diğer değişkenleri nasıl etkilediğini görmek için manipüle edilebilen belirli bir değişkeni tanımlar. Ancak simülasyon araştırmaları, neden-sonuç ilişkilerinin, gerçek olasılıkla her zaman olasılıksal faktörü içeren gerçek dünya bağlamında net olmadığını kabul etmektedir” (Groat and Wang, 2002: 283). Deneysel Araştırma, ilgili proje ile ilişkili olanı bulmanın gerçekçi yaklaşımını içerirken, simülasyon araştırması sadece proje yönlerini teşhis etmenin sanal olarak tanınmasını sağlamaktadır.

Simülasyonun ve modelleme araştırma türleri

Simülasyon araştırması konusunun daha verimli bir şekilde desteklenebilmesi için alt dalları incelenmektedir. Mimari araştırmalarda kullanılan simülasyon süreçleri, çizim, fotoğraf ve mimari modeller gibi alt kategorilere ayrılabilir. Süreçler, proje koşullarının sanal ve gerçek gereksinimine bağlı olarak çeşitli uygulamalarla donatılabilmektedir. Araştırma yönteminin odaklanabileceği simülasyon dalları amacına göre ayrılmaktadır:

"Analojik (benzeşen) simülasyon", gerçek veya önerilen bir fiziksel sistem, karşılaştırmalı bir analiz matrisini benimseyerek taşınırken ortaya çıkmaktadır. Bu tarz bir simülasyon, var olan kapasitenin ve varlığın uzun ömürlülüğünü belirleyebilecek en uygun değişken parametreler setinin verilmesine yardımcı olmaktadır.

"Operasyon simülasyonu", insanların fiziksel içerikle etkileşimini ele alır, ancak rol oynama ile oluşturulan verilere önem verilmektedir. Bu tarz bir simülasyon, insanlar arasında farkındalık yaratmak için dokunma tecrübelerini ya da bir tür hareketin avantajlarını içermektedir.

"Matematiksel simülasyon" esas olarak bir binanın tahmini maliyeti ile ilgilidir. Çeşitli matematiksel modeller, denklemler, çevrenin fiziksel nitelikleri, ilgili yoğunluklar, kütle-boşluk oranı, yapım sonrası sonuçlar ve diğer niteliklerle simüle etmekte yardımcı olmaktadır.

"İkonik simülasyon", herhangi bir materyalin veya belirli bir görev için herhangi bir tasarım çözümünün davranışsal yönlerini değerlendirmede yardımcı olmaktadır. Belirli parametrelerin fiziksel özelliklerine değişken parametrelerin etkisi ve belirli bir bağlamda davranışsal yönünü elde etmede yardımcı olmaktadır (Patnayaka and Sarathi Mishra, 2015). Bu çalışmada belirli hareketlerin oluşturulması için beklenen ortam yaratılmaktadır. "Modelleme araştırmasının işlevine en yakın görülen bu tür araştırmanın, konuya destek olabileceği düşünülmektedir. Simülasyon, gerçek engellerin, fiziksel tehlikelerin veya fiili koşulların maddi problemlerinin yaşanmadan gerçek dünya koşulları hakkında bilgi vermektedir" (Groat and Wang, 2013: 360). Bu tip bir araştırmada, malzemeye veya ürünlere yönelik denemeler, simülasyon odaklı yürütülmektedir. Simülasyon esas olarak, malzemelerdeki bir değişiklikten ziyade değişkenler limitini değiştirme sürecini içerir.

Model yaparak simülasyon araştırma yapmak

Modelleme aşamasında matematiksel-sezgisel gibi birbirini tamamlayan kavramlar üzerinden örnekler modellenmektedir. Burada, farklı form çıkarma olasılıkları, doku, malzeme uygulamaları ve estetik çekicilik ile ilgili simülasyon yapma şansı verilmektedir. Çalışma maketleri oluştururken onun ima etmesi, inşaat yöneticisinin nihai ürünü açıkça görselleştirmesini sağlayarak olası yapısal hataların kabul edilme tehlikesini en aza indirilmektedir. Simülasyonla desteklenen tasarım süreci, uygulama yapma ve tasarımlarını farklı ortamlar altında test etme olanağı sunmaktadır.

Bu yöntemin kullanmasıyla herhangi bir araştırmanın özelliklerini ve çalışma tarzını göz önünde tutarak, çalışma araçları seçilmelidir. Söz konusu çalışmada, bilgisayar destekli model yapma veya yapmama tasarım sürecinin önemli aşamalarındandır. “Bilgisayar simülasyon araştırmasında gerekli olduğu kadar, bilgisayarın kendisinin bir strateji olarak simülasyona entegre olmadığını hatırlamak önemlidir” (Groat and Wang, 2013: 363).

Araştırmacı daha uygun bir çözüm önermek için konuyla ilgili kaydedilen olgulara ve bulgulara göre çeşitli yönleri mantıksal olarak analiz ederken, çeşitli yapay parametrelere dayanarak bilgi bölümü temelinde simülasyon gerçekleştirmektedir. Bir bağlamın gelecekteki davranışlarını, yani davranışların örüntüsünü ve planlamasını anlamak için çeşitli yollar sunmaktadır. Mantıksal argümantasyon araştırmaları, niteliksel araştırmalar ve deneysel araştırmalar arasında uyum olmasını ve aralarında sürekli bir ilişki kurulmasını sağlamaktadır. Araştırma sürecinde parametreleri değiştirebilir, farklı olasılıklar için hesaplamaları kontrol edebilir ve böylece ilgili sahaya özgü bina tasarımına uygulama için en iyi seçeneği çıkartabilmektedir. Simülasyondan elde edilen veriler, daha sağlam sonuçlar için diğer yöntemlerle elde edilen verilerle desteklenebilmektedir.

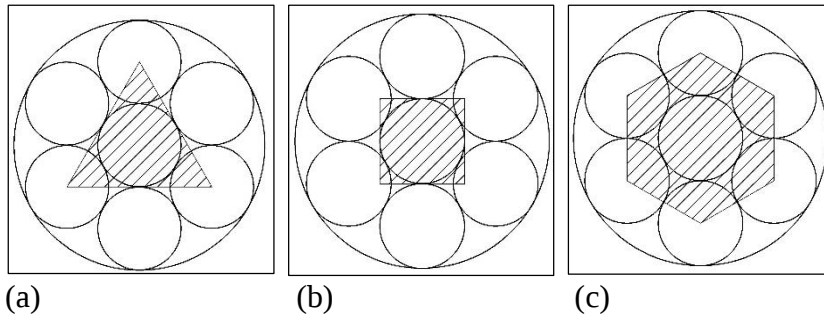
“Daha yakın bir değerlendirmede, simülasyon araştırmasının gelecekteki koşullar hakkında tahminler olarak gevşek bir şekilde tanımlanabilen, ancak belirli değişkenlerin davranışları hakkında yansıttıkları kesinlik derecesine göre değişen çeşitli bilgiler sağladığını göstermektedir” (Groat and Wang, 2002: 296). Simülasyon araştırması, gerçek bir dünya senaryosunu çoğaltır, ancak öngörülen bir programda araştırmanın tamlığını garanti etmektedir. Bu süreçte birçok olası hesaplama hatası gerçekleşmektedir, böylelikle bir süreçte kullanılacak zaman da çok uzundur.

4. İSLAMİ GEOMETRİK DESENLER İLE KİNETİK YÜZEY TASARIMI SÜRECİ

4.1. Temel Biçimlerin Tanımlaması

Bu araştırma kapsamında üzerinde deneme yapılacak olan teselasyonlar ve İslami Geometrik Desenler (İGD), temel geometrik biçimlerden oluşan desenler arasından seçilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere seçilen desenlerin ortak özelliği daire biçiminden türemesidir. Bu desenlerin biçimsel özelliklerine geçmeden önce felsefi anlamlarına değinmenin, onların işlevlerini ve biçimsel özelliklerini anlamak açısından daha yararlı olacağı düşünülmektedir.

Daire biçiminin, İslamiyet inancında ve Asya-Türk kültüründe ifade ettiği anlamlarla ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. Temel olarak daire biçimi, gökyüzünü yansıtan bir eleman olarak nitelendirilmekte ve söz konusu bölgelerde kabul görünen inançlara göre evrendeki her şeyin bir daire ile başladığı düşünülmektedir. Öyle ki üç temel biçim olan üçgen, kare ve altıgen de dairelerin merkezleri ya da teğetleri referans alarak oluşmaktadır (Şekil 4.1). Bu üç temel biçime atfedilen anlamlara bakıldığında ise; üçgenin sabit ve istikrarlı bir biçime sahip olduğu için insan bilincini, karenin toprak ve maddiyatı, altıgenin ise gökyüzü ve cenneti temsil ettiği bilinmektedir (Critchlow, 1976: 24).

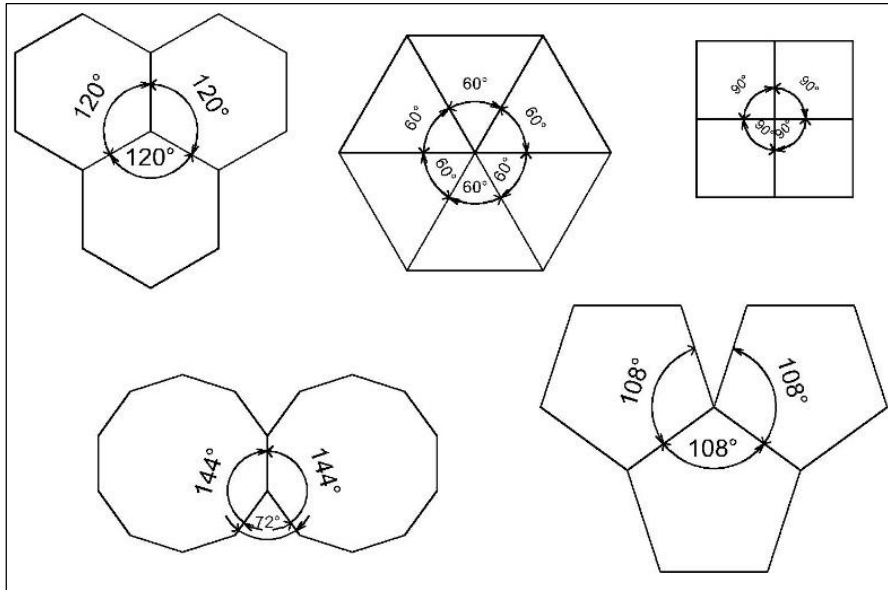


Şekil 4.1. (a) Üçgen: insan bilinci; (b) Kare: toprak ve maddiyat; (c) Altıgen: gökyüzü ve cennet (Critchlow, 1976: 25'dan uyarlanarak yazar tarafından çizilmiştir)

Çalışmanın bu bölümünde, İslami örüntülerin incelenmesinden önce İGD çokgenlerinden çeşitli örnekler verilmiştir. Erken İslamiyet dönemi yapılarında kullanılan geometrik desenlerde sadelik göze çarpmaktadır. Bu dönemin yapılarında kullanılan desenler, sonraki mimari dönemlerin desenleri ve formları için bir temel olmuştur. Bu çalışmada kullanılan

formlar da temel biçimlerle oluşturulduğu için genelde İslamiyet'in erken dönemlerinde kullanılan desenlerle benzerlik göstermektedir.

Bir yüzeyi kaplamak için geometrik desenlerin kullanımı oldukça yaygın bir yöntemdir. Şekil 4.2'deki İslami süslemelerde en çok kullanılan desenler incelendiğinde, eşkenar üçgen, kare ve altıgenlerin dönme simetrisine sahip olduğu ve herhangi bir boşluk veya üst üste binmiş döşeme içermeden bir yüzeyi kaplayabildiği açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, beşgen ve ongenin dönme simetrisini kapatmak için destek birimlere ihtiyaçları olduğu açıktır. Bu nedenle, sadece beşgenler veya ongenleri kullanarak rotasyonel simetri ile periyodik bir model oluşturmak mümkün değildir (Ulu and Şener, 2009). Dolayısıyla bu çalışmada sadece üç temel geometrik biçim olan eşkenar üçgen, kare ve altıgen üzerinden hareket edilmiştir.



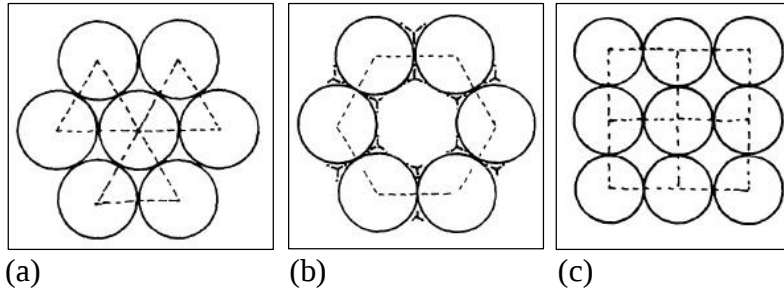
Şekil 4.2. İslami süslemelerde yaygın olarak kullanılan geometrik desenlerin dönme simetrileri (Ulu, 2009'dan uyarlanarak Yazar tarafından oluşturulmuştur)

4.2. İGD'lerin Detaylı Olarak İncelenmesi

Critchlow (1969), araştırmalarında bu desenleri iki ve üç boyutlu olarak daireler ve küreler yardımıyla analiz etmiştir. Critchlow'un geliştirdiği "küresel noktalar" yöntemi sayesinde çoklu karmaşık İGD'ler kendini oluşturan öğelere ayrıştırılarak incelenebilir hale gelmiştir. Critchlow'un çalışmalarında, tasarımın geometrik boyutuyla dekoratif sanatların sistematik

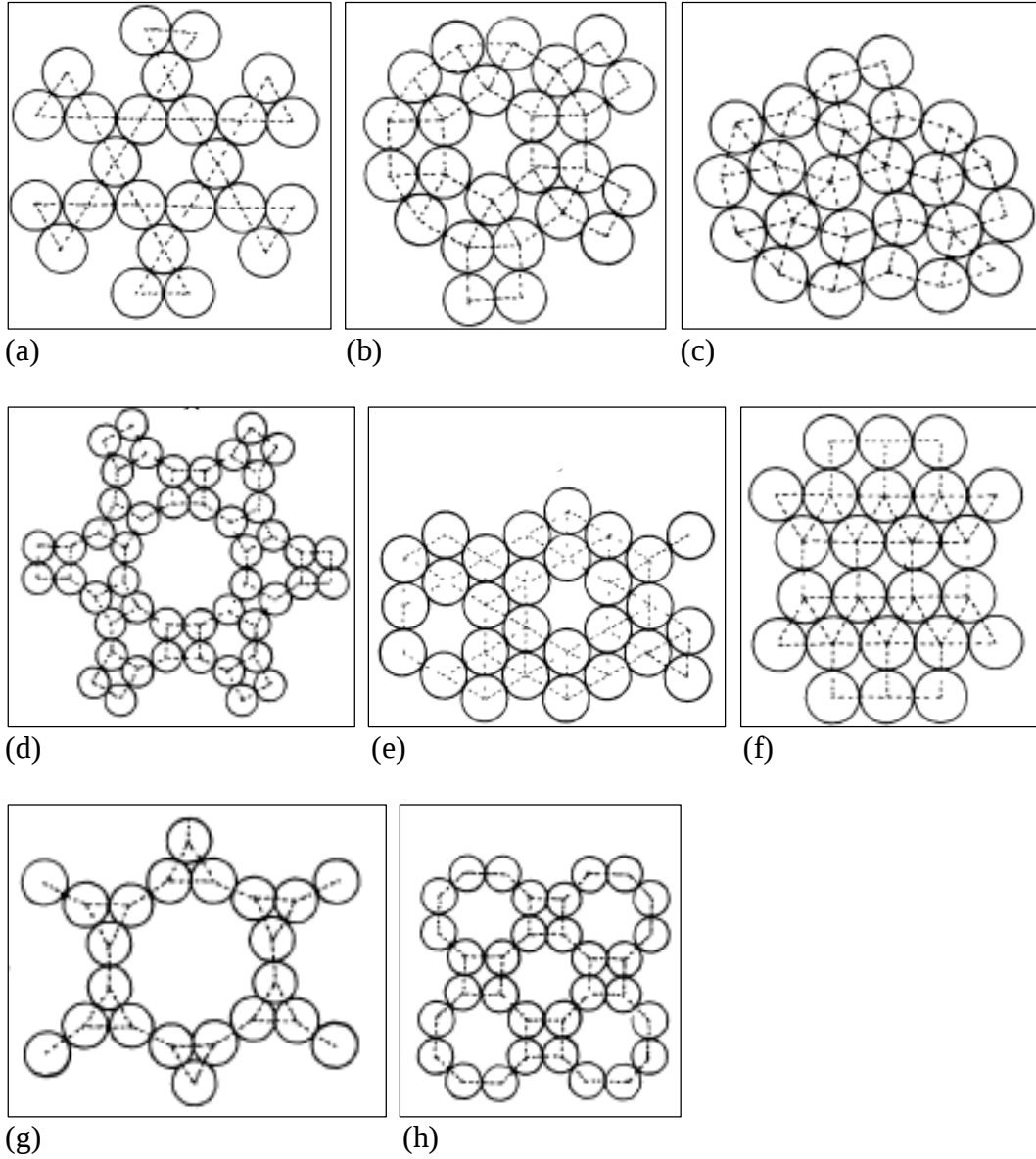
bir şekilde bir araya getirildiği görülmektedir. Geometrik yöntem sanatçılara, sayısal bir sistemin kısıtlamalarına bağlı kalmadan, özgürce, kolay ve doğru bir şekilde üretim yapma olanakı sunmaktadır. Parçalar ve kompozisyonun bütünü arasındaki ilişkiler, biçime ve ifade ölçeğine bakılmaksızın elde edilmiştir (Critchlow, 1976: 34). Bu çalışma, matematiksel ve biçim gramerine olan yaklaşımdan ziyade, İGD’lerin tasarım/çizim süreci ve onların küresel noktalar yöntemi ile analiz etmesini benimsemiştir. Bu yöntemler bir sezgisel süreçten geçtikleri için elde edilen sonuçlar, başka sayısal temelli yapı tasarımlarından farklı sonuçlar ortaya koymuştur ve bir başka açıdan da hesaplamalı araştırmalar için temel/ham malzeme oluşturmuştur.

Önceden belirtildiği gibi bu çalışma temel geometrik biçimler üzerinden bir araştırma yürütmeyi planlamıştır. Öte yandan bu biçimlerin geometrik özellikleri birimin seçimini etkilemiştir. Şekil 4.3 Critchlow’un “küresel noktalar” (spherical points) olarak isimlendirdiği yöntemin üç temel biçim üzerindeki uygulamasını göstermektedir. Bu analiz sayesinde, altıgen formu, yüzey tasarımı için en hesaplı ve dengeli biçim olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.3 (a, b ve c). Temel biçimlerin daire üzerinden analizi (Critchlow, 1969: 75)

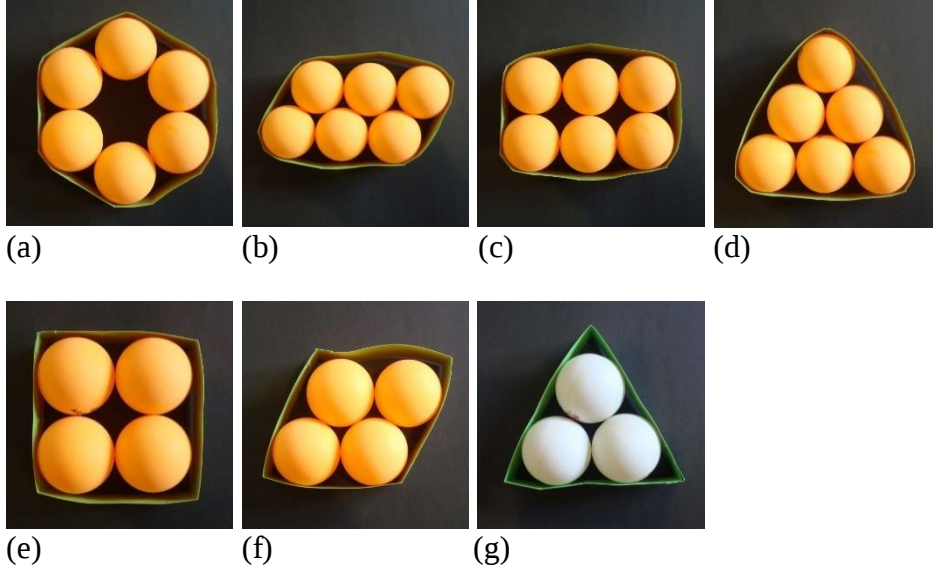
Küresel noktalar yönteminin daha iyi anlaşılabilmesi için şekil 4.4’te gösterilen analizler incelenmektedir. Çeşitli İGD’lerin biçimsel özellikleri bu analiz ile daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Şekilde görülebileceği gibi, geometrik desenlerin kesiştiği noktalar her bir dairenin merkezine denk gelmektedir ve bu dairelerin bir araya gelmesiyle, desenin strüktürü oluşmaktadır.



Şekil 4.4 (a, b, c, d, e, f, g ve h). Çokgenlerin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analizi (Critchlow, 1969: 75)

Genel olarak Critchlow'un "küresel noktalar" yöntemi üç boyutlu çokyüzlüler(polyhedra) için geliştirilen bir yöntemdir. Ancak bu çalışmada iki boyutlu teselasyonların hareket edebilirliği açısından yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Resim 4.1 bu yöntemin temel biçimler üzerinde uygulandığını göstermektedir. Bu uygulamalar neticesinde biçimlerin hareket edebilirlik potansiyellerini bulma açısından küresel noktalar yönteminin kullanılabilir olması ortaya çıkmaktadır ve bu doğrultuda temel biçimler üzerinde uygulanmaktadır. Resim 4.1a, b, c ve d, altıgen biçiminin kendi içinde hareket edebilme alternatiflerinin göstermektedir. Resim 4.1e ve f'de kare biçimin tek tip hareket oluşturma

yeteneğini ortaya çıkmıştır. Resim 4.1g’de üçgen biçimin sabit yapısını net bir şekilde sergilemektedir.



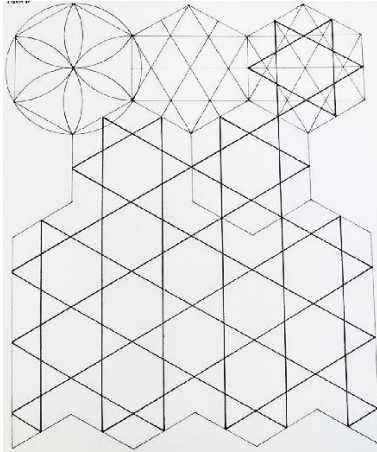
Resim 4.1 (a, b, c, d, e, f ve g). Temel biçimlerin küresel noktalar yöntemi ile analizi

İslam sanatında ve mimarisinde kullanılan desenlerin birçoğu, biçimlerin optimize bir kombinasyon ile birbirine uyum sağlayacak şekilde bir tek motifin tekrarlamasına dayanmaktadır. Sanatçılar tüm duvarı kaplayacak detaylı bir desen tasarlamaktansa, yüzeyi örneğin dörtgen veya altıgenlerden oluşan ızgaralara bölebilir ve bağımsız bir motifi her birimde tekrarlayabilir (Broug, 2012: 8).

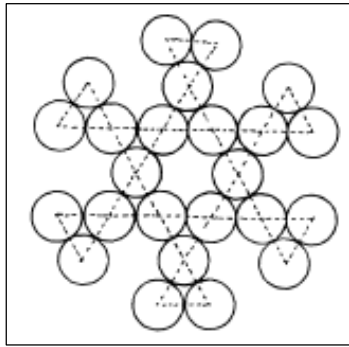
İGD’lerin biçimsel özelliklerini tanımlamak için geometrik özelliklerini bilmek önem kazanmaktadır. Bu tezde kullanılan desenler kimi zaman yayınlardaki hazır çalışmalardan, kimi zaman da yazar tarafından AutoCAD programında çizilerek elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen desenler Critchlow’un (1969) küresel noktalar olarak adlandırdığı desen analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Örneğin resim 4.2 ve şekil 4.5’te gösterilen İGD’nin küresel noktalar yöntemi ile analiz edilmiş hali şekil 4.6’daki gibidir. Bu analizde dairelerin yerleştiği noktalar desenin bağlantı noktalarını vurgulamakla birlikte, onun ağ yapısını daha net bir şekilde sergilemekte ve böylece desenleri üç boyutlu ve kinetik formlara dönüştürmede yeni fikirler üretebilmek açısından yardımcı olmaktadır. Bu durumun yararı, desende dönme hareketi olanağı oluşturmak için dolu-boş alanların seçilmesinde daha net bir şekilde ortaya konulmaktadır.



Resim 4.2. Topkapı Sarayı'nın iç yüz desenlerinden bir örnek (URL-38)



Şekil 4.5. Örnek desenin geometrik çizimi (El-Said and Parman, 1988: 55)



Şekil 4.6. Örnek desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analizi (Critchlow, 1969: 75)

Bu analizler temel olarak, İGD'lerin geometrik yapısını kavramayı sağlamakta ve daha sonra desenin biçimsel olarak yapılandırmasıyla birlikte, yeni desen üretme kurallarını tanımlamayı amaçlamaktadır. Kullanılan yöntemler aracılığıyla geometrik biçimlenmeleri esas bileşenlerine ayrıştırarak ve geometrik temeller (nokta ve çizgi) arasındaki ilişkileri düzenleyen kuralları inceleyerek kalıp analizi yapılmıştır. Bu tür kurallar matematiksel bir dile çevrildiğinde kalıpları temsil eden dijital verilerin yorumlanmasına yardımcı olacaktır.

4.3. Oluşturulan Modellerin Dönüşüm Yöntemi

4.3.1. Dönüşüm

Mimarlığın somut yönünü göstermek için onu oluşturan biçim dili önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda biçimlendirme yapacak tasarımcı, geleneksel veya hesaplamalı yöntemlerden yararlanarak tasarım yetisini geliştirebilir ve biçim dilini daha net bir şekilde ortaya koyabilir. Bu araştırmada ise hareket edebilirlik bilgisini geliştirmek için geleneksel form üretme yöntemi ile birlikte, dijital ortamdaki hesaplamalı tasarım potansiyelleri de kısmen kullanılmıştır.

İGD'lerinden yeni biçimsel yüzey yapılar modelleme sürecinde, birçok disiplinin pratik ve teorik olarak ele alınması gerekmektedir. Bu süreçte soruları çözmek için yapılan literatür çalışmaları, görüntü elde etme, görüntü işleme ve örüntü tanıma alanlarını keşfetmekten, son sonuçların görselleştirilmesine kadar çeşitli konuları kapsamaktadır. Bu araştırmanın konusu ise sadece bu geniş alan/alanların arasındaki bağlantı kurulabilecek halkaları bularak, yeni bir bütün kurmakla ilgilidir. Desen tanıma alanını araştıran çalışma matematiksel/geometrik kuralları, model tanıma tekniğine uyarlanmış tekniklerle birleştirerek geometrik kalıpları tanımlamak ve yeni yüzey biçimi üretmek için bir yol sunmaktadır.

Teselasyonla oluşturulabilen karmaşık İGD'lerin birleşimi ve bunun biçim-yapı ilişkisi içerisinde kullanılmasıyla birlikte mimari olarak tasarlanacak büyük formlar, uygulamaya başarıyla dönüştürülebilir. Tasarımın yaparak bulma/öğrenme ile öne çıktığı bu süreçte, tasarımcı dönüştürmek kavramını yeniden keşfederek elle yapılan bu modelleri, dijital ortamdaki modellerle birleştirip sanal ve gerçek arasında bilgi paylaşımıyla birlikte modellerin daha da verimli hale gelmesini sağlamaktadır. Sanal ortamda yapılan bu modelleme, çeşitli model olasılıkları, gözden geçirme ve sanal ortamın uygun mekanizmalarının kullanım desteğiyle tasarım sürecini var olandan farklılaştırarak, üretimi daha yatkın bir sürece dönüştürmektedir.

Teselasyonların değerlendirmesi için kullanılan en önemli araçlardan birisi origami tekniğidir. Bu teknik, kağıt katlama dili ile farklı ölçekteki yapıları istenilen iki veya üç boyutlu formlar haline dönüştürülmesine olanak sağlamaktadır. Origami formların açılmış halini incelediğinde üçgenlerden oluşan iki boyutlu örüntü gözlenmektedir. Origami

formların temeli üçgenlerle oluşturulmaktadır ve diğer taraftan bakıldığında da İslami desenler, yapılarından soyutlayıp yalın olarak incelendiğinde birçok desende üçgenlerden oluşan bir teselasyon bulunduğu görülmektedir. Bu ortak nokta ele alınarak, İslami desenlerin origami mantığına dönüştürülerek üretilmesi, yeni bir teknik olarak belirlenmiştir. Diğer bir açıdan origami çağdaş mimaride önemli bir konuma sahiptir ve tasarım ve mühendislik alanlarında ilham verici yöntem kaynağı olmuştur. Kâğıt katlamanın barındırdığı matematik ve fizik, tasarımdaki sınırların aşılmasında ve teknolojinin daha dinamik, esnek ve değişken hale getirilmesinde tasarımcılara ve mühendislere yol göstermektedir.

Desenleri oluşturan biçimlerin dönme hareketi kabiliyetlerini anlamak için, 2.bölümde de tanımlanan temel geometrik biçimlerin biçim analizleri ile birlikte çalışılmaya başlanmıştır. Aynı biçimler birbiri ile birleşip bir teselasyon oluşturarak kendi içinde farklı birleşim tipleri üretmektedirler. Öte yandan biçimlere döndürülerek hareket verilmesi ile birlikte, yeni oluşan İGD teselasyon örnekleri bulunmuştur. Çalışmanın amacı, İGD’lerden esinlenerek kinetik mimari yüzeyler tasarımı olsa da, onunla birlikte İGD oluşturmada içinde bir deneysel metot geliştirilmiştir. Desenlerin dönme hareketi kabiliyetlerini anlamak için, ilk aşamada İGD’lerin geometrik çizimleri dikkate alınarak, mevcut bir teselasyon örneğiyle karşılaştırılmış ve incelemeye alınmıştır. Böylelikle, bir deneysel bilgi üretimi sağlanmış ve deneysel bir yöntem geliştirilmiştir.

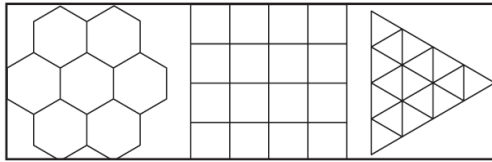
4.3.2. Teselasyonlar ve hareket edebilirlik

Bu çalışmada asıl amaç, hareket etme yönteminin geliştirilebilmesi için hangi teselasyonlardan oluşan platform tipinin kullanılabileceği sorusunun cevabını araştırmaktır. Çalışmanın geliştirilmesiyle birlikte, hangi tür düzleme, bağlantı/eklemin eklenebileceği ve bu teselasyon ve bağlantılarla beraber üç boyutlu ya da kendi içinde hareket edebilir bir forma dönüşme potansiyeli olan desenlerin keşfi ön görülmektedir.

“Her bir desen ağı, bir teselasyon oluşturduğundan dolayı dönüşüm potansiyeline sahiptir. Bu genel bir dönüşüm stratejisidir” (URL-21). Broug (2012) kare teselasyonunu örnek olarak, bu örneğin her geometrik kompozisyonun yapısını oluşturan ve tasarımda biçimin üretimi için gerekli olan bir ızgaraya sahip olduğunu söyler. Kare teselasyonu gibi başka

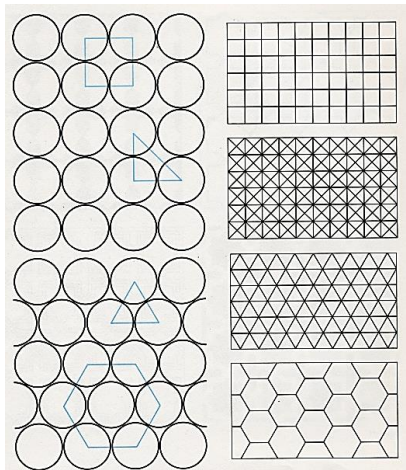
basit ızgaralar da olsa, yaratıcı form bulmada kullanılmak üzere farklı biçimlerle daha karmaşık ızgara modellerinin oluşturulması farklı potansiyelleri ortaya çıkarmaktadır.

İki boyutlu İGD'leri, yeni üç boyutlu veya hareket edebilir formlara dönüştürmek için, desenlerin tekrarlayan birimlerine ayrılarak origami teselayonlar gibi düşünülmesi gerekmektedir. Origami teselasyonda katlanma çizgileri belli olduktan sonra, üç boyutlu yüzey oluşumu için plan hazırlanmaktadır. Düzenli teselasyonlar olarak adlandırılan ve sadece bir tip biçim kullanarak bir örüntü üreten üç temel mozaik modeli bulunmaktadır (Şekil 4.7). Bu mozaiklerin her biri, tekrarlanan altıgen, kare, eşkenar üçgen biçimlerinden oluşmaktadır (Gjerde, 2007).



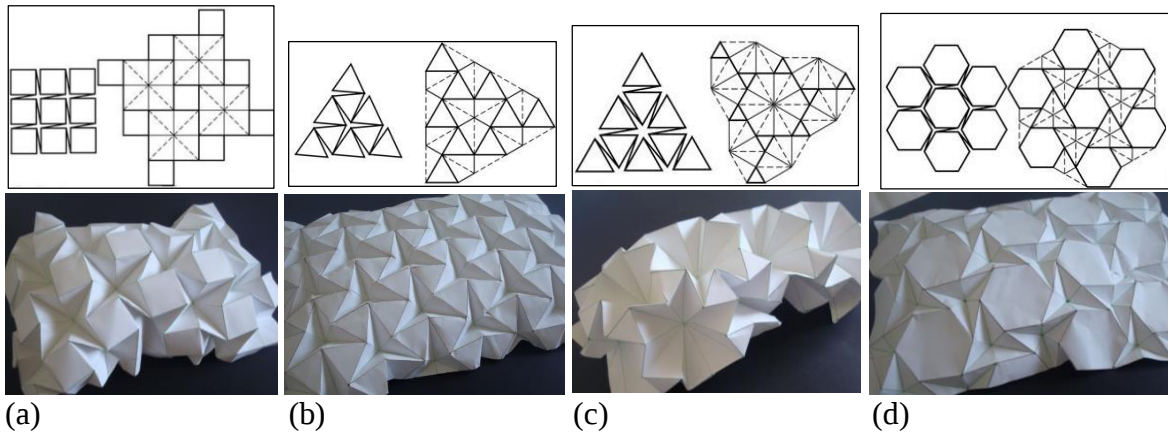
Şekil 4.7. Düzenli origami teselasyonlar (URL-36)

Origami teselasyonun temellerinden biri, önceden belirlenmiş bir ızgara konseptidir. Tipik olarak bu kılavuz kendisinin geometrisi ile hizalanan kıvrımlar ve kıvrımların yerleştirilmesi ve yönlendirilmesi için bir çerçeve olarak kullanılır. Gjerde'nin (2007) geliştirdiği yöntem, çizgiler üzerinde katlama yapmakla origamik formlar üreten bir yöntemdir. Şekil 4.8'de görüldüğü gibi, kullanılan iki temel ızgara modeli kareler ve eşkenar üçgenlerdir, çünkü bu iki ızgara ile düzenli teselasyonların üç modeli de (üçgen, kare ve altıgen) oluşturulabilir.



Şekil 4.8. Temel kareler ve eşkenar üçgenlerden oluşan ızgara modelleri (Wade, 1982: 2)

İki boyutlu örüntülerin üçüncü boyutunun araştırılabilmesi için origami sanatından yararlanılmaktadır. Üçgenlerle oluşan ızgara sistemi, bir modüler sistem sunması ile birlikte çeşitli üç boyutlu örüntülerin üretilmesine de yardımcı olmaktadır. Origami tekniğin en önemli kullanım nedeni, İGD’lerle ortak geometrik mantıkta olmalarıdır. Her iki sanatta da yüzey üçgen formlardan oluşmaktadır. Bir origamik yüzey oluşturmak için öncelikle bir origamik teselasyon oluşturmak gerekmektedir. Resim 4.3’teki karmaşık tasarımlar, origami teselasyon kâğıdın katlanmasıyla ve vadi ve tepelerin tekrarlanmasıyla oluşturmaktadır (Gjerde, 2007).



Resim 4.3 (a, b, c ve d). Vadi ve tepelerin tekrarlanmasıyla oluşan origami teselasyonlar örneği; üst: İki boyutlu çizimler; alt: Üç boyutlu resimler (URL-39)

Gjerde’nin (2007) çalışmaları ızgara platform mantığı ile ilerlemektedir. Bu yöntemle birçok geometrik deseni oluşturmak mümkündür. Bu desenlerin çoğu dokulu desenler gibi görünse de araştırmanın amacı olan yarı açık geometrik yüzeylerin üretimi için yardımcı olmamaktadır. Bu desenler üzerinde çalışma sürecinde, belli bir düzenle ve bütünlüğünü bozmayacak şekilde bazı birimlerin içini boşaltılmasıyla beraber, yarı açık yüzeylerin üretilebileceği gözlemlenmiştir. İkinci bölümde de anlatıldığı gibi, origaminin matematik ve geometri ile ilişkisini konu alan bilimsel çalışmaların incelemesi neticesinde, “menteşeli origamik teselasyonlar” ortaya çıkmıştır. Menteşeli parçalar (hinged dissections) üzerinde çalışan iki matematikçinin araştırmaları bu çalışmanın temel yöntemini oluşturmaktadır. Bu araştırmacıların biri olan Verrill (1998), origami desenlerinin oluşumunu şöyle sınıflandırmıştır:

- i. Menteşeli parçaların oluşturulması,

- ii. Çizgilerin katlanması,
- iii. Örgü benzeri desenlerin üretilmesi ve
- iv. Yıldız benzeri konfigürasyonlarla örüntülerin üretilmesi.

Bu araştırmanın (i).bölümü, hareket edebilirlik amacı doğrultusunda hareket edebilir formların oluşumunu için yararlı bulunmuştur. Bu fikir doğrultusunda origami yöntemini kullanarak seçilen desenler üzerinde menteşelenebilirlik ve açılıp-kapanma potansiyellerinin deneyi yapılmıştır. Origami teselasyon bulmak için menteşeli teselasyonlar kullanımını tartışan Verrill'in (1998) ve Frederickson'un (2002) araştırmaları, çalışmanın alt yapısını oluşturmaktadır.

Menteşeli teselasyonlar ne kadar matematiksel bir tabana sahip olsa da onun izleri origami sanat dallarında bulunmaktadır. Bu dallardan birisi Kirigami sanatıdır. Kirigami, form değiştiren bir yapılar kurulumu olduğu için kinetik mimari yüzeylerle ilgili yeni fikirler üretebilmek açısından potansiyelli bulunmuştur. Bu yüzeylerin geliştirme sürecinde bir algılayıcı mekanizma ile birlikte yüzey panellerinin kıvrımlarını değiştirebilir ve ışığın geçirgenliğinde çeşitli değişiklikler oluşturabilmektedir. Ancak kirigami tekniği sabit yüzeyler alanında çalışmaktadır ve bu çalışmanın hareket edebilirlik düşüncesine yönelik yarar sağlayamamaktadır. Kirigami bu çalışmanın bir son ürünü olarak sadece yarı açık mimari yüzeylerin üretimine katkıda bulunabilir. Özetle, menteşeli teselasyonlar origami ve Kirigaminin kesiştiği bir noktada durmuştur.

4.3.3. Çalışmada önem verilen hususlar

Bu araştırma, fiziksel prototip oluşturma için mevcut modelleme araçları ile elde edilen bulgularla ve test etme yoluyla kinetik tasarım üzerinde değerlendirme yapmak için bir tasarım yaklaşımı ve çeşitli teknikler geliştirmektedir. Çalışmada, tasarımcılardan tasarımın erken aşamalarında geliştirilmeleri beklenen çeşitli alternatifleri üretmelerine yardımcı olmak ve tasarım seçeneklerini ve çevresel performansa yönelik kinetik cephelerin üretilmesindeki yeni yöntemleri keşfetmeleri amaçlanmaktadır. Prototiplerin ana tasarım amacı, yapıli çevrede yüksek verimlilik ve düşük işletme maliyeti sağlamaktır. Kinetik geometri, kinetik cephe sisteminin gün ışığına etkili bir şekilde yanıt verebilme becerisinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, cephenin önemli bir bileşen olması açısından değerlendirmesi önemsenmektedir.

İslamiyet inancında mimari mekanda, ışık ilahi birliğin simgesidir. İslam mimarlığında, ışık diğer unsurları değiştirerek ya da kalıpları oluşturarak dekoratif olarak işlev görmektedir. Işık, mimariye dinamik bir nitelik katarak, kalıpları, şekilleri ve tasarımları zamanın gereksinimlerine göre değişebilir. Işık ve gölgenin birleşimi, düzlemlerde güçlü kontrastlarını oluşturur ve taş/tuğla yüzeylere de doku vermektedir (Al-Sayegh, 1998). Işık mimari mekanın oluşunda en önemli rolü üstlenmektedir. Işık bir mekanın biçimlenmesinden onun kimliğine kadar çok önemli etkiler bırakmaktadır. İslamiyet dönemi mimari üslubu ışıktan yararlanmayı, ustaca kullanılmıştır. Bu eski mimari eserlerin insani ve yaşanabilir olmasının nedeni, doğal ışıktan uygun bir şekilde yararlanmasında gizlidir. Resim 4.4'teki cami pencereleri, mimari mekânı oluşturan ve mekân için güneş kontrolü sağlayan unsurların 17.yy'a ait olgun bir bina örneğidir.



Resim 4.4. Şeyh Lütfullah Camii'nin pencereleri, İsfahan, İran, 1619

İslamiyet dönemi mimarisi örneklerinin tanımlanmasının nedeni bu eserleri örnek alarak, işaret edilen mimari mekânın özelliklerini belirli bir şekilde göstermektir. Bu yapı sayesinde, yüzeylerde oluşturulan ışık ve gölge oyunları, söz konusu dönemlerde yapılan mimari eserlerin mekân hissini anımsatmaktadır.

İGD'lerin karakteristik özelliği, doğrusal biçimlerin birbirine kenetlenmesi ve çizgileri sürekli olarak takip etmesidir. Bu araştırmada şekillerin çeşitliliği, bileşimin akışı ve sınırsızlığı önemsenmektedir. İGD kompozisyonlarında, biçimi kopyalamanın temelinde, her hücrenin boşluğu doldurmak için simetri kuralıyla sayısız olarak kendini tekrar etmesi bulunmaktadır.

4.4. Model Tasarımı ve Oluşum Süreci

“İGD’lerde hareket edebilme potansiyeli var mıdır?” sorusu, bu araştırmanın temel sorusu olmuştur. Teknik gereksinimlerinden dolayı, araştırma sorusuna sadece teorik temelli bilgilerle cevap verilemeyeceği öngörülmüştür. Sorunun teknik ve deneysel boyutundan dolayı, simülasyon tabanlı bir metot aracılığıyla cevabın bulunacağı düşünülmektedir.

Literatürdeki benzer çalışmaların incelenmesiyle, konu üzerinde yapılan araştırmaların pratikte de devam ettiği görülmektedir. Katlama sistemi özellikleri açısından incelendiğinde, katlama tekniklerinin genellikle araştırmacılar tarafından "yaparak öğrenme" yöntemiyle keşfedildiği söylenebilir. Bu süreçte birçok bilinmedik form sezgisel olarak üretilmektedir. Bu nedenle katlama teknikleri, özellikle tasarım sürecinin ilk aşamasında, yaratıcı mimari form üretiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Araştırma konusu, geometrik biçimler ve onların matematiksel kurallarıyla ilgili görünse de biçimlerin çözümlemesinde seçilen yaklaşım, hesaplamalı olmaktan ziyade sezgisel bir süreçle takip edilmiştir. Bu süreçte konunun irdelenmesi ile elde edilen fikirlerle, konu ile ilgili olan tasarım algısı güçlendirmiştir. Dolayısıyla tasarım süreci algoritmik yaklaşım tekniklerine dayanmamaktadır ve buna bağlı olarak yürütülen araştırma bu şekilde değerlendirilmemelidir. Yürütülen çalışmanın özelliklerine bağlı olarak, bu yaklaşıma karşı sezgisel yaklaşım daha fazla benimsenmiştir. Bu araştırmanın devamı olarak, algoritmik yaklaşımlı bir çalışma devam ettirilerek daha kapsayıcı ve hesaplanabilir sonuçlar elde edilir. “Bu yaratıcı düşünce üretme biçimleri arasında tam bir ayrım bulunmamaktadır. Sürec sırasında tasarımcı her iki düşünme biçimine farklı zamanlarda değer verebilir. Ayrıca tasarlama uğraşı alanlarına göre bu yaklaşımlar ve görüşler çeşitlilikler göstermektedir” (Yıldırım, 2004). Dolayısıyla araştırma yöntemi bölümünde de bahsedildiği gibi, simülasyon tabanlı bir yöntemin benimsenmesi, bu araştırmanın özelliklerinden dolayı ona uygun görülmüştür.

Simülasyon, dinamik bir sistemin modellenmesi ve zaman içindeki davranışın gözlenmesi işlemidir. Bir simülasyon çalışması, herhangi bir sistemin davranışının incelenmesi ve farklı parametrelerin çalışma durumuna etkilerinin araştırılması amacı ile yapılır. Simülasyon çalışmalarında uygulanan iki adım, model tasarımı ve deneylerdir. Model tasarımı sistemin tüm önemli durumlarını temsil eden bir modelin kurulmasıdır. Geçerli bir model kurulduktan

sonra deneyler kısmı başlamaktadır. Simülasyon genellikle mevcut olmayan veya yüksek maliyetli ve gerçekleştirilmesi zor olan sistemlerin denenmesine imkan sağlar. Simülasyon modellemesi, sistem davranışını tahmin ederek, gözlenen davranışı hesaba katan teorileri veya hipotezleri oluşturmayı ve bu teorileri bir sonraki davranışı veya bunun oluşturduğu etkiyi tahmin etmek için kullanmayı amaçlayan, deneysel ve uygulamalı metodolojidir. Simülasyon, uygulandığı alana bağlı olarak çeşitli anlamlar içermektedir. Simülasyon genel olarak, sistemin davranışını düşünmek veya sistemin işleyişi için çeşitli stratejileri değerlendirmek amacıyla gerçek bir sistem modeli tasarlama ve bu model ile deneyler yapma süreci olarak anlaşılmalıdır (URL-40).

Simülasyon modellemenin çeşitli yaklaşımları bulunmaktadır. Konunun incelenmesi ve çalışma sürecine dahil olan etkenler düşünülerek, bir veya daha fazla yaklaşım arasından seçim yapılarak tasarım süreci yürütülmektedir. Bu araştırmanın ilk aşamasında modelleme için sanal ortamdan yararlanılmış ancak tasarım sürecinde bu yaklaşım araştırma türünün yarattığı koşullardan dolayı yeterince verimli bulunmadığı için maket modeller üzerinden süreç devam ettirilmiştir.

4.4.1. Sanal ortamda simülasyon modelleme

Son yıllarda hızla gelişen mimari tasarım sürecinde form bulma stratejileri karmaşık formların üretimi için önemli bir alan haline gelmektedir. Bu alan, sanal ortamın gelişimi ve disiplinler arası işbirliği ile birlikte geleneksel çizim yöntemlerinin de yetersiz kalmasıyla beraber, tasarımcılara yeni çözümler sunmaktadır. Bu nedenle form bulma yöntemlerinin başlıcaları fiziksel modeller oluşturmaya başlamıştır. Modelleme ister elle isterse de bilgisayarla yapılsın, bir sistemin yapay kayıtlarının oluşturulması ve gerçek sistemin işletim özellikleriyle ilgili sonuçlarının bulunması, yapay kayıtın incelenmesini kapsamaktadır. Modelleme, teorik veya fiziksel bir sisteme ait olan neden-sonuç ilişkilerini bir bilgisayar modeline çevirerek, farklı koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan bir yöntemidir (Bilget, 2015).

Halaç'a (1982) göre, Simülasyon gerçek bir sistem modelini tasarlama süreci ve sistemin davranışını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile geliştirilen bir model üzerinde denemeler yapmaktır (aktaran URL-40). Sanal ortamda simülasyon, sayısal ve gerçeğe yakın olarak, üzerinde çeşitli denemeler yapılmasını sağlayan bir modelleme

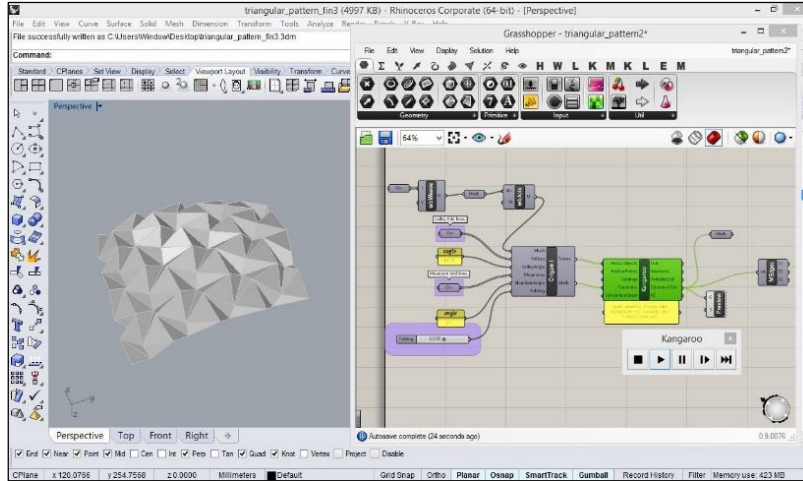
yaklaşımıdır. Modelin dış dünya koşullarına ne kadar uygun olduğu, sayısal temsilin doğru bir şekilde kurgulanmasına bağlı olarak simülasyon denemeleri ile ortaya çıkmaktadır. Sanal ortam oluşturan çeşitli bilgisayar programları, bir sistemi temsil edebilecek, model oluşturma işlemini sağlamaktadırlar.

Bilgisayarın destekli modelleme (grafik tabanlı programlar ve kodlama programları aracılığıyla)

Araştırmanın konusu olan yüzeyin özellikleri, istenen bilişsel analiz ile ilgili farklı yaklaşımlar gerektirmektedir. Bu nedenle ilk aşamada sayısal bir yaklaşım benimsenmiştir. Sayısal yaklaşım, modülü bir ağ olarak kabul etmiştir ve biçim algoritmasını programlamak için modülün geometrik özellikleri düşünülmüştür.

Fiziksel modellerden edinilen tecrübeye dayanarak, çeşitli biçim oluşturma ilkeleri ortaya çıkmıştır. Rhinoceros/Grasshopper programında kinetik desenlerin oluşturulması mümkün müdür? Bu programın ve diğer grafik tabanlı bilgisayar programlarının çoklu girişleri/değişkenleri yanıtlama potansiyelleri var mıdır? Bu programlar farklı hareket sistemi potansiyeline sahip midir? Araştırmanın bu aşaması bu tarz sorular ile başlamıştır. Çünkü bir uygulama bağlamında cephenin cevap verme yeteneği, değişkenler, matematiksel işlevler ve ölçütler ile temsil edilmektedir. Öncelikle geometrik olarak sonucu temsil edebilen bir üç boyutlu modelleme yazılımına (Rhinoceros) bağlı bir grafik algoritma eklentisi (Grasshopper) kullanılarak, sayısal olarak parametrik bir model oluşturulması amaçlanmıştır. Fakat dijital ortamda ilk örnek üretim süreci ilerledikçe, prototiplerin özgür bir şekilde oluşturulabileceği elverişli bulunmamıştır.

Grasshopper programında birkaç hazır ve yaygın origami modeli incelenerek bu formların parametrik olarak değiştirilmesi üzerinde odaklanılmıştır. Resim 4.5 Grasshopper programı aracılığıyla çizilmiş bir origami yüzeyin üç boyutlu şemasıdır. Daha sonra, menteşeli origami teselasyonlarının modellemesi için Kangaroo yazılımında bulunan hazır örneklerle dikkat edilmiştir. Söz konusu örneklerin birçoğu katlanabilir origami formlar üzerinde hazırlandığından dolayı bu programın bu tezin konusu olan modellerin tasarımı için yararlı olmayacağı gözlemlenmiştir. Araştırmanın konusu olan menteşeli teselasyonlar için Grasshopper programının eklenti yazılımları üzerinde araştırma yapılmış ancak bu konuya yardımcı olabilecek herhangi bir yazılım bulunamamıştır.



Resim 4.5. Rhinoceros Grasshopper programında çizilen bir yaygın katlanır origami yapı örneği (URL-41)

Bu grafik yazılımlar çeşitli değişkenler/girdiler için farklı eklentiler (plugin) sunmaktalar. Bu doğrultuda, bahsedilen programların kullanıcıları da bekledikleri biçimsel özellik, hareket sistemi veya form tasarımı ile ilgili girdilere göre eklentileri seçmelidirler. Başka bir deyişle sistemin yanıt verebilme yeteneği sınırlıdır. Dolayısıyla mevcut eklentilerle tam olarak beklenen form tasarımının ortaya çıkmama ihtimali söz konusudur. Böyle bir durumda biçimsel duruma veya hareket sistemine göre yeni bir eklentinin tasarımı beklenilir. Bu durumda tasarımcı, fikri sınırlanmadan düşündüğü tasarımı sayısal bir ortamda gerçekleştirme fırsatı elde edebilir.

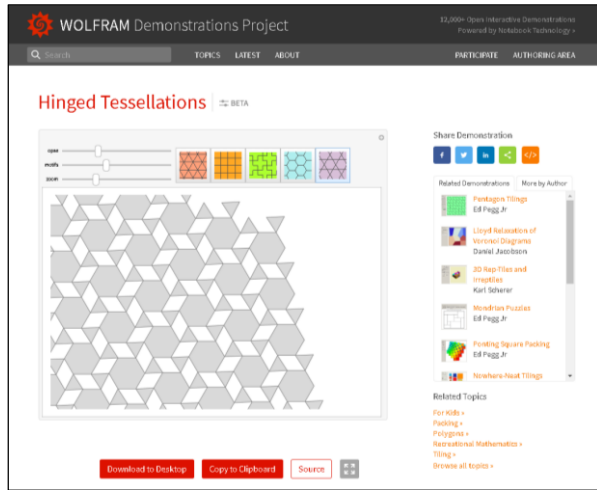
Çalışmanın sonraki aşamasında, üzerinde inceleme yapılacak modellerin çeşitli kod yazma yazılımlarıyla tasarlanması planlanmıştır. Bilgisayar kod yazma programları desteği ile hareketin modellenmesi dijital ortamda gerçekleşmektedir. C, C++, CSS, HTML, JavaScript ve Python gibi modellemeye araç olabilen programların yanı sıra bu programların birleşiminden oluşan çevrimiçi internet siteleri de bulunmaktadır. Bu tarz kodlama tabanlı internet sitelerinin asıl işlevi internet sayfalarının tasarımı olmakla birlikte, iki ve üç boyutlu formların modellenmesine de yardımcı olabilmektedirler. Bu internet sayfalarının başlıcaları, Codepen¹⁵, Processing¹⁶ ve Wolfram¹⁷ olarak sıralanabilir. Processing ve Wolfram programları internet sayfası dışında bir yazılımın kurulumunu sunarak modelleme işlemini sağlamaktadır, Codepen ise kendi sayfasında daha önce sayfa üzerinde çalışılmış

15 <https://codepen.io/>

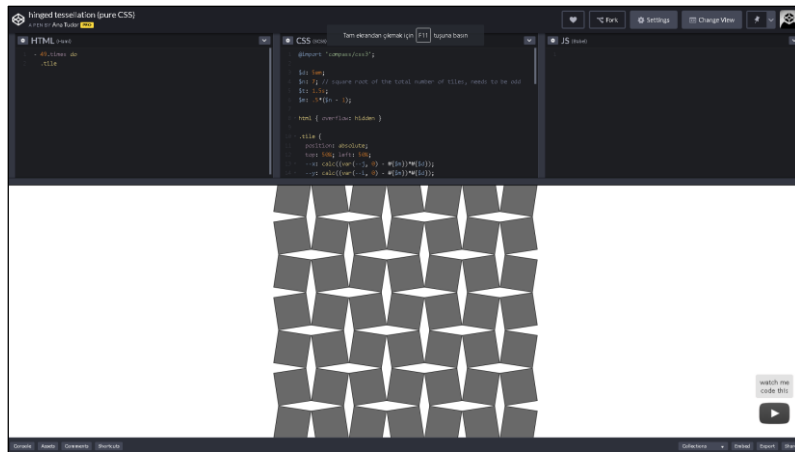
16 <https://processing.org/>

17 <http://www.wolfram.com/?source=nav>

modellemelerden oluşan büyük bir arşiv bulundurmaktadır. Bu biçimsel ve sayısal modellerin oluşturulması için sözü edilen kodlama yazılımlarının dillerini öğrenmek gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında bu programların kullanımıyla ilgili temel olarak engellerle karşılaşmıştır. Bu engellerden, araştırmacının kodlama programlarına dair başlangıç seviyesinde bir bilgisi olması sebebiyle, üzerinde çalıştığı karmaşık modüllerin bazılarını çizememesidir. Diğer taraftan yazılımcılardan bu konu ile ilgili yardım alınacağı planlanmıştır ancak projenin bir ekip halinde yürütülmesi öngörülemediğinden dolayı, bu plan gerçekleştirilememiştir. Ancak araştırmada hedeflenen form tasarımlarının bazıları sözü geçen internet sayfalarında hazır olarak bulunmuştur. Aşağıda yer alan resim 4.6 ve 4.7’de bu kodlama yazılımlarından bazı örnekler sunulmaktadır.

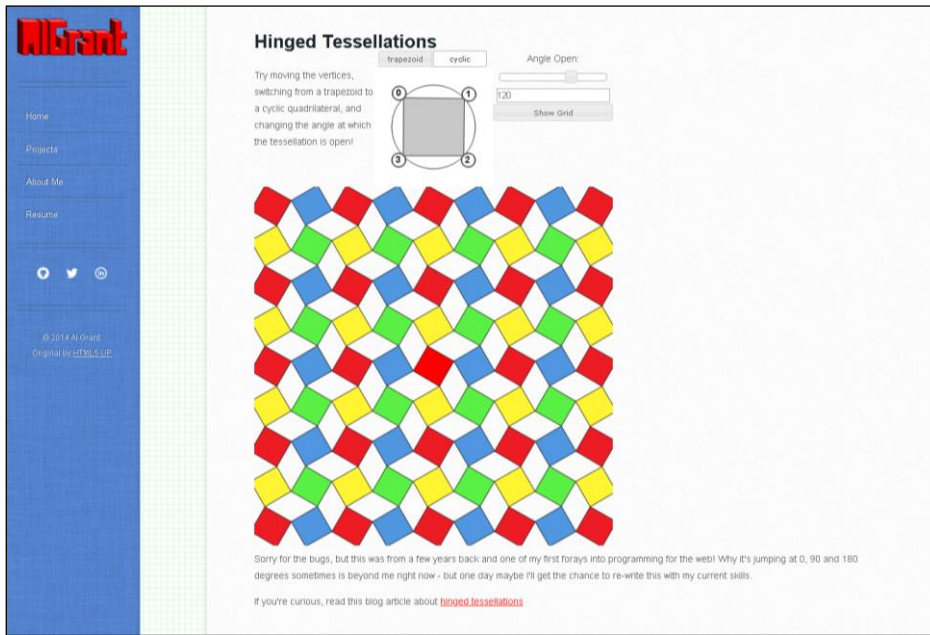


Resim 4.6. Wolfram internet sayfasında yer alan geometrik bir desenin kinetik animasyon örneği (URL-42)

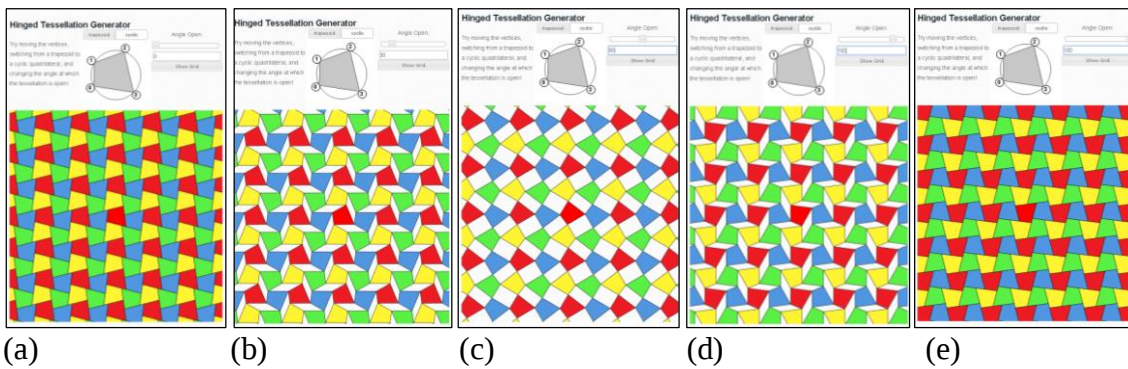


Resim 4.7. Codepen çevrimiçi yazılım internet sayfasından hareket eden karelerden oluşan kinetik bir desenin animasyon örneği (URL-43)

Sanal ortamda menteşeli teselasyonların tasarımı için sunulan Algrant¹⁸ internet sayfası çevrimiçi olarak çeşitli dörtgen veya çevresel çember içindeki iki çapraz üçgen esaslı geometrik deseni üretebilmektedir ve bu talep edilen açığa göre desen ağını hareket ettirebilmektedir (Resim 4.8). Resim 4.9, Algrant internet sayfasından alınan bir örnektir. Bu programda, yamuk şeklinde oluşan desen örneği kullanarak kinetik bir desen animasyonu oluşturulmaktadır. Java kodlama programıyla yazılan bu yazılım sayesinde, programın belirlediği biçimler üzerinden kinetik teselasyonlar oluşturulmaktadır.



Resim 4.8. Algrant internet sayfasından çevrimiçi olarak kullanılan “hinged tessellations generator” sayfasından bir görüntü (URL-44)



Resim 4.9 (a, b, c, d ve e). “Hinged tessellations generator” yazılımı yardımıyla bir yamuktan oluşan geometrik desenin hareket dizisinin animasyonundan görüntüler (URL-45)

18 <http://algrant.ca/>

Tasarımcının çalıştığı programa tam olarak bilgisi olamadığı durumunda, sanal ortam kullanımı ile ortaya çıkabilen diğer engellerden biri olarak, yeni tasarım fikirlerin oluşturmada kısıtlanmasıdır. Zihinde tasarlanan modelin, dijital ortamdaki kısıtlamalar yerine doğrudan elle iki ya da üç boyutlu hale dönüştürülmesi tasarımcıları rahatlatmaktadır. Öte yandan bu konu mimari eğitim açısından incelendiğinde, daha verimli tasarımların üretimi açısından zihinsel olarak gelişime yardımcı olacağı düşünülmektedir. Kodlama programları çok profesyonel seviyede kullanılırsa onun aracılığıyla gelişmiş/karmaşık biçimlerin tasarımı mümkün olacaktır, ancak temel seviyede bir bilgiye sahip olan kullanıcılardan karmaşık biçimleri üretmesi beklenilmemektedir. Dolayısıyla buna benzer form bulma araştırmalarının ilk aşamasında bu tarz programların kullanılması verimli görünmemektedir. Ancak araştırmanın form bulma aşaması bitip formların geliştirmesi aşamasına gelindiğinde, kodlama programları karmaşık bir kinetik biçimin ortaya konulmasında bir araç olarak kullanılabilir.

4.4.2. Maket çalışması ile simülasyon modelleme

Simülasyonun diğer yaklaşımı gerçek dünya/fiziksel araçlarla modelleme sistemi oluşturmaktır. Önceki bölümde anlatıldığı gibi araştırma konusu bir form bulma sürecine dayandığından dolayı çalışmanın sanal bir ortamda verimli ve beklenen sonucun elde edilmesinin uzun bir süreç olmasının yanı sıra yaratıcı sonuçların oluşması ihtimali azalmaktadır. Dolayısıyla modellemenin fiziksel yaklaşımı benimsenmiştir.

Bu araştırmada, teselasyon düzlemlerin dönme yeteneği ve çevrilebilirliğinin modellemesi için genel bir kuralın geçerli olabileceği düşünülmemiştir. Bunun nedenlerinden biri, her yapı sisteminin çalışması için, çalışmasına katkıda bulunacak tüm detayların göz önüne alınmasının gerekmesidir. Bir diğer nedeni de, bu çalışma konusu üzerinde önceden oluşan bilgi birikiminin yeterli olmadığından kaynaklanmaktadır. Örneğin, katlanabilir yapılar modellemesi üzerinde yeterli sayıda çalışmaların bulunması nedeniyle, zengin bir bilgi birikimi bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu tip formların üretilmesi ve yaygınlaşması ile birlikte onların RhinoCross/Grasshopper/Kangaroo¹⁹ veya Inkscape²⁰ programı aracılığıyla yeniden çizip ve geliştirmek daha kolay olmuştur. Ancak menteşeli teselasyonlar konusuna geldiğimizde, teorik ve pratik alanda seçili araştırmalar yapıldığından dolayı bu konudaki

19 <https://www.grasshopper3d.com/group/kangaroo>

20 <https://inkscape.org/>

alışmalar yeterli bulunmamaktadır. Örneğın önceki bölümde izah edildiğı gibi hareket edebilir teselasyonların sanal ortamda modellenmesi için yeterince geliştirilmiş yazılımlar bulunmamaktadır. Var olan yazılımların çoğı temel biçimler üzerinde çalışarak karmaşık biçimlerin üretilmesi için geliştirilmemişlerdir. Bu nedenlerle, araştırma gerçek dünya modellemesine doğru yönelmiştir.

Kinetik/hareket edebilir yüzeylere alternatif oluşturmaları

Menteşeli teselasyonlar, modüler büyük ölçekli cephelerde tekrarlı olarak kullanılabilir. Bu teknik aslında akıllı değildir, ancak parçanın bir kısmı veya tamamını hareket ettirerek kendi yapısını kontrol etme becerisini sağlar. Bu araştırma, origami'nin farklı tekniklerin kullanarak sağladığı kinetik bileşimin olasılıklarını araştırmaktadır. Origami ve menteşeli teselasyon tekniğı, kinetiğın geliştirilebileceğı kavramsal tasarım yaklaşımlarından biridir. Bu araştırma bu özelliğı kullanarak, çevresel etkili kinetik yüzeyleri oluşturmak için farklı menteşeli modül düzenlemelerinin olasılıklarını incelemektedir.

Test edilen ana parametre, hareket dizileridir. İlk aşamada kesilmiş kağıt maket modülleri kullanarak prototipler oluşturulmuştur. Modüllerin biçimsel mantığını anlamak için geometrik özellikleri dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda seçilmiş desen bir teselasyon olarak düşünüp ağı yapısı çizilmiştir. Bazı İGD örneklerinin biçimsel özelliklerine göre çizim süreçleri takip edilerek üzerlerinde düşünülmüştür. Öte yandan Critchlow'un (1969) küresel noktalar yöntemi, desenlerin biçimsel özelliklerini daha net bir şekilde anlaşılması açısından hareket edebilir modüllerin oluşumu için fikirler sunmuştur. Daha sonra, kâğıt üzerindeki çizgilerin modeline dayanarak, birbirine menteşelerle bağlanabilirliğı üzerinden bir düzlemsel karolar sistemi üzerinden alternatifler geliştirilmiştir. Modelleme süreci temel biçimlerin üzerinde denemeler yapma ile başlatılmıştır. Bu temel biçimler, kare, üçgen ve altıgen olmakla birlikte, onların hareket edebilirlik potansiyelleri üzerinde denemeler uygulanmıştır. Bu denemeler süreci, temel biçimlerden başlayarak karmaşık İGD'ler gibi çeşitli geometrik desenlere kadar uzamıştır. Her bir denemede hareket özelliklerine göre hareket edebilirlik bağlamında kural/yöntemler bulunmuştur.

Yapının kinematik simülasyonunun parametrelerini belirlemek için, pozitif ve negatif alanlar olabilecek topolojik gereksinimleri göz önünde bulundurmaktadır. İGD'ler, geometrik desenin başka bir desene dönüşmesi ve aynı zamanda yeni elde edilen desenin ilk

desene dönüşebilmesi özelliğine sahiptir. Bu sürekli dönüşümler, kinetik bir yapının hareketini sağlamaktadır. Yapının nihai oluşumu, İGD'ler üzerinde deney yaparak bir mimari yüzeyi üretmektedir. Kinematik simülasyonun sonuçlarını, birimlerin/ karoların hareketini gösteren bir animasyon olarak görmek, orijinal kavramdaki hataları tespit etmede yardımcı olmaktadır.

Araştırma metodolojisinin ilk adımı, düzenli bağlantılar ve düzenli teselasyon kullanılarak genişletilebilecek düzenli bir mozaikleme nasıl oluşturulabileceği sorusuna bir cevap aranmasıdır. Bu cevabı bulma sürecinde İGD'lerden çeşitli bileşimler üreterek bir doğal süreç içerisinde yaranan kinetik desenlerin birleşmesinde rol oynayan kurallar çıkarılmıştır. Bu sorunu çözülebilir hale gelmesi için modelleme süreci dört adımda takip edilmiştir.

- i. Desen/teselasyon seçmek.
- ii. Modellemeyi başlamak için ilk kurallar.
- iii. Model yapmak (seçilen desenlerden hareket edebilir modeller üretmek).
- iv. Yöntem bulmak (modellemeler vasıtasıyla elde edilen yeni kural ve yöntemleri tekrar kullanarak sınıflandırmak).

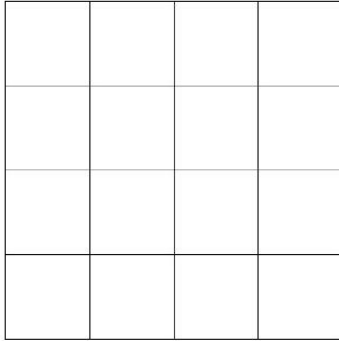
Tasarım sürecinde söz konusu olan tasarım yöntemi ve yardımcı analiz yöntemlerinin yanı sıra, birimlerin yan yana gelerek dönmesi için bir bütüncül/sezgisel tasarım süreci takip edilmiştir. Bu denemeler, kinetik cephelerin muhtemel davranışları ve mekanik sistemi uygulayan zarflar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Davranışlar manuel sistem kullanılarak test edilmiş ve oluşan problemler tespit edilerek prototip modüldeki yapı çalışmasını basitleştirilerek geliştirilmiştir. Bu doğrultuda birkaç teselasyon ve İGD örneği ile hareket edebilir paneller/modüller oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu alternatiflerin gerçekleştirilmesi ile düzenli ve yarı düzenli teselasyonlar ve İGD temelli modüllerin hareket edebilirlik potansiyellerini bulmaya çalışılmış, bu hareketleri gerçekleştiren kurallar tespit edilmiştir. Çalışmanın devamında alternatif panellerin oluşumu anlatılarak yapılan denemelerin süreç ve sonuçları aktarılmıştır.

Karelerden oluşan {4,4,4,4} düzenli teselasyon-İGD(1)

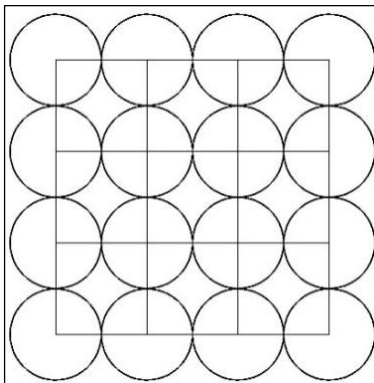
İlk deney, üç düzenli teselasyondan biri olan {4,4,4,4} isimli teselasyon üzerinde yapılmıştır (Şekil 4.9). Karelerden oluşan bu teselasyonun tanımlaması için karenin temel geometrik

özelliklerini tanımlanmalıdır. Matematğin temel geometrik şekillerinden olan kare, bütün kenarları ve açıları birbirine eşit ve paralel olan düzenli dörtgendir. Bu eşkenar dikdörtgen, dikdörtgenin tüm özelliklerini taşır ve iki adet köşegeni vardır. Bu köşegenler aynı zamanda açıortaylardır ve uzunlukları birbirlerine eşittir. Köşegenlerin kesişme noktası 90 derecedir. Köşegenlerin kesiştikleri nokta karenin ağırlık merkezidir.

Bu teselasyon aynı zamanda İGD’lerde de kullanılmış bir desendir. Prototip panellerin/modüllerin oluşturulma sürecinin ilk aşamasında desenler çizilmiş ve sonraki aşamada küresel noktalar yöntemi ile üzerinde biçimsel analiz yapılarak devam edilmiştir. Bu analizler, teselasyon biçimlerinin kendi arasındaki ilişkileri ve menteşelenebilir noktaların konumu gibi bilgilerin sunması açısından yardımcı olmuştur. Şekil 4.10 bu analizi göstermektedir.



Şekil 4.9. Karelerden oluşan {4,4} düzenli teselasyon şeması

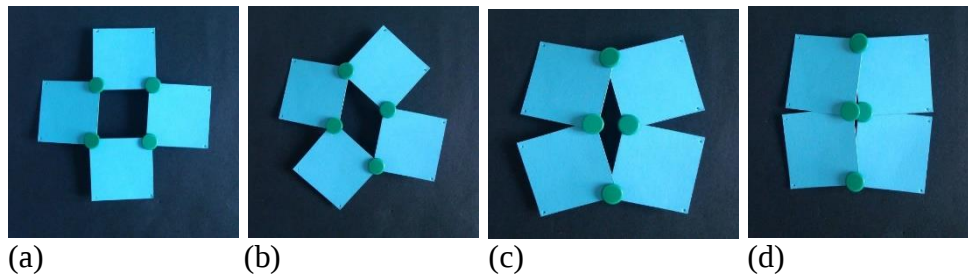


Şekil 4.10. Kare teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

İlk alternatifte tasarlanan prototipler, panel davranışının doğru ve etkili bir şekilde yanıt verip vermediğini belirlemek için manuel sistem kullanılarak test edilmiştir. Prototip

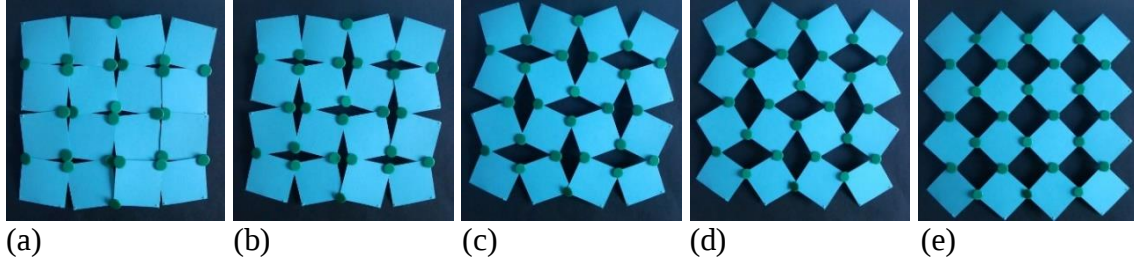
paneller, karton kağıdı ve yapıştırıcı bantla sabitlenen raptiyeleri kullanarak hazırlanmıştır. Modül davranışı açık ve kapalı (serilebilir) panellerin oluşumu olarak geliştirilmiştir. Her panelin hareketi, kare biriminin açılış derecesine bağlı olmaktadır. Prototiplere, bir kenarından güç etkisi sağlayıp diğer yanın sabit tutulması ile çalışmaktadır. Bu panel kare boşluklar sayesinde geometrik/düzenli hareketler sergilemektedir. Dolayısıyla modülün hareket sürecinde oluşan biçimsel kombinasyonlar da geometrik olmaktadır. Bu modülün düzenli olmasında onun karelerden oluşması ve menteşe noktaları konumu etkilidir ve bu nedenle hareketin sonucunda kapalı bir yüzey sunabilmektedir (Resim 4.10d).

Hareket testlerinin sonucunda düzenli hareket davranışları ortaya çıkmaktadır. Bu prototipin düzenli hareket nedeni, dört kare biçimli olmasında değil, onların ortalarındaki boşluk biçiminde bulunmaktadır. Dört köşeli boşluk nedeniyle bir dört yönlü hareket tipi oluşup ve bu hareket sayesinde düzenli bir hareket bulunmaktadır.



Resim 4.10 (a, b, c ve d). Kare birimlerden oluşan düzenli teselasyonun tekrarlanır modülünün hareket dizisi

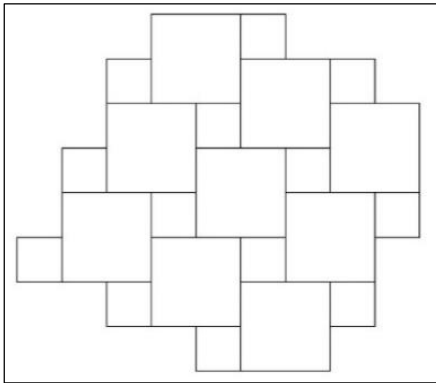
Bu modülün hareketi için bir köşenin sabitlenmesi ve diğer köşenin hareket ettirilmesiyle tüm panel hareketi düzenli/geometrik biçimde sağlanır. Burada düzenli veya geometrik hareketten kast ettiğimiz, birimlerin aynı açıda ve boşluk biçimlerinde birbirini etkileyerek tüm modül düzleminde aynı hareketi sergilemesidir. Karelerden oluşan önceki örnek modülün genişletilmiş hali olan bir diğer örnekte panel hareketini sağlayan boşlukların biçimi ve birimler arası açı miktarının aynı olmasından dolayı birimler bir birinin üzerine aynı etkiyi bırakmakta ve bu sayede aynı hareket tipi ortaya çıkmaktadır. Resim 4.11’de bu panelin hareket süreci gösterilmektedir. Resimde görüldüğü gibi, kare teselasyonundan oluşan bu panelde, hareket dizisinin tüm aşamalarında geometrik davranışlar sergilenmektedir.



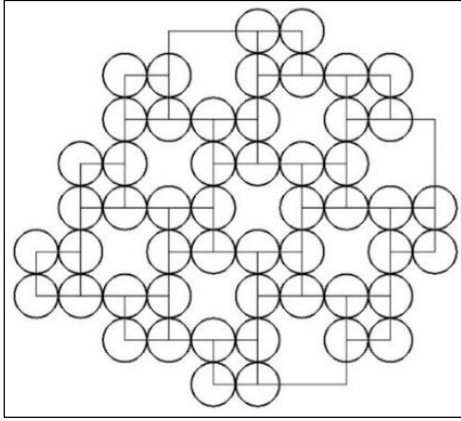
Resim 4.11 (a, b, c, d ve e). Kare birimlerden oluşan düzenli teselasyonun hareket dizisi

Kesilmiş kare teselasyon²¹ İGD(2)

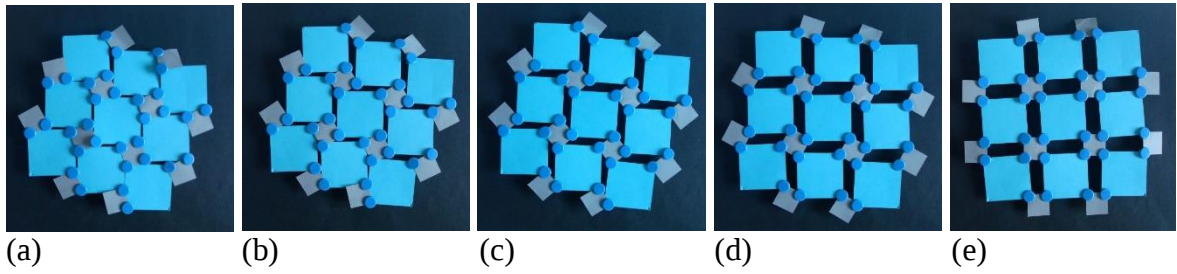
Bu örnek, önceki örnekte ölçü değişimi yapılarak yeni panel üzerinde nasıl bir etki oluşacağını tanımlamak için hazırlanmaktadır. Şekil 4.11’de gösterilen bu teselasyon, küresel noktalar yöntemi üzerinden analiz edilmektedir (Şekil 4.12). Bu teselasyon ve düzenli kare teselasyon arasında, sadece birimler ölçüsü açısından fark göstermektedir. Bu desenin biçimsel analizinde, küresel nokta aralıklarının daha mesafeli durduğu, ancak aynı dörtlü kümeler olduğu görülmektedir. Bu dörtlü daire kümeler, önceki örnekte kullanılan menteşeli noktaların konumu benimsemeye doğru yönetmektedir. Resim 4.12’de görüldüğü gibi karelerin düzenli bir şekilde ölçü değiştirmesi ile genel panel hareketinde bir değişiklik ortaya çıkmaktadır. Buradaki kayda değer değişiklik, orta boşlukların kareden dikdörtgene (karşılıklı olarak kenarları birbirine eşit olmayan biçim) dönüşmesi olmuştur, ama bu değişim hareket tipinin değişmesine neden olmamaktadır. Burada hareketi sağlayacak boşluğun dörtgen olması, düzenli hareket sisteminin oluşumunu etkilememektedir.



Şekil 4.11. Örnek teselasyonun çizimi



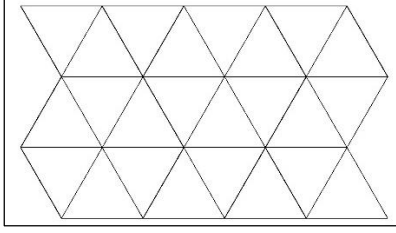
Şekil 4.12. Örnek teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması



Resim 4.12 (a, b, c, d ve e). İki farklı ölçüde kare birimlerden oluşan düzenli tessellasyon panelin hareket dizisi

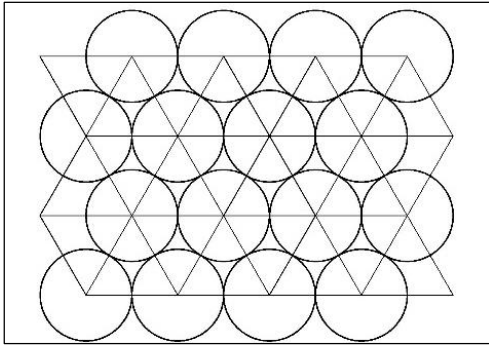
Eşkenar üçgenlerden oluşan $\{3,3,3,3,3,3\}$ düzenli teselasyon-İGD (3)

Üçüncü deney, eşkenar üçgenlerden oluşan düzenli teselasyon üzerinde yapılmaktadır (Şekil 4.13). Eşkenar üçgenin, diğer iki temel geometrik biçim (kare ve altıgen) gibi, kenar eşitlikleri, iç açı eşitliği ve ağırlık merkezinin konumu sebebiyle, basit hareket biçimleri oluşturabileceği öngörülmektedir. Eşkenar üçgenin her bir kenar uzunluğuna “a” ifade edilirse, çevre uzunluğu 3a olacaktır. Kenar uzunlukları birbirine eşit ve iç açılarının her biri 60 derecedir. Eşkenar üçgenin çevrel çemberinin merkezi ve iç teğet çemberinin merkezi aynı noktayı belirtir. Söz konusu olan nokta, iç açıortayların kesişim noktası, kenarortayların kesişim noktası (ağırlık merkezi) ve diklik merkezidir. Bu biçimde bütün kenarortay, yükseklik ve açıortayların uzunlukları birbirine eşittir



Şekil 4.13. Üçgen poligon biçimlerden oluşan düzenli teselasyon

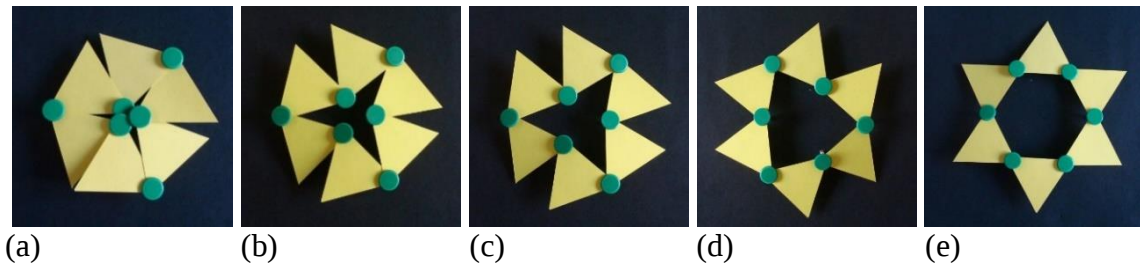
Bu desenin biçimsel özelliklerinin açıklaması için küresel noktalar yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4.14). Bu yöntem dolu-boş alanların seçilmesi ve menteşeli noktaların konumu gibi konularda doğrudan yardımcı olmasa da sadece birimlerin nasıl birbiri ile iletişim kurdukları ve desendeki yoğun bölgeleri göstererek hareketli panel oluşumu için sezgisel bir araç oluşturmuştur.



Şekil 4.14. Örnek üçgen teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

Üçgenlerden oluşan bu desende üçgenin sabit ve hareket etmeyen bir yapıya sahip olması sebebiyle, dolu-boş alanları ve menteşeli noktalar konumların belirlenerek kinetik bir modül oluşturulmaya çalışılmıştır. İlk aşamada bu modülün hareket tipini tanımlamak için örnek teselasyon içinden bir tekrarlanır modül seçilerek üzerinde denemeler yapılmıştır (Resim 4.13). Bu modül altı adet üçgenin bir araya gelmesi ile bir altıgen biçim oluşturmuştur. Modül geliştirmesi doğrultusunda, menteşelerin konumu belirlendikten sonra bu modülde oluşan orta boşluk biçimin altıgen olmasından dolayı düzenli davranışlar sergilememiştir (Resim 4.13). Ancak bu düzenli hareket, biçimsel özellikler etkisinde oluşmamıştır ve onun düzenli hale gelmesi için uç farklı noktadan gücün uyumlasın ile oluşmuştur. Dolayısıyla modülün düzenli davranış sergilemesi için ek bağlantılar veya ek birimlerin kullanılması gerekmektedir. Bu ek bağlantılar düzenli bir hareket oluşturmak için altıgen boşluğun, altı yönde hareket olanağı sağlayan biçim yerine daha az sayılı hareket yönü oluşturarak,

geometrik hareketlere neden olabilmıştır. Ek bağlantı esaslı hareket edebilir teselasyon tabanlı düzlemler, ayrı bir çalışma başlığı olacağından dolayı bu araştırmanın konusu olmayıp sadece denemeler sırasında gerektiği durumlarda önerilmiştir. Bağlantılar konusunu aydınlanması için resim 4.14'te başka bir çalışmada tasarlanan ek bağlantılardan bir örnek gösterilmiştir. Bu resimde, beyaz üç köşeli yıldızlar, ek bağlantı olarak bir düzenli/geometrik kinetik yapı hareketi oluşturmuştur. Bu geometrik hareket, dörtgen biçimli boşluklar etkisinde gerçekleşmiştir.



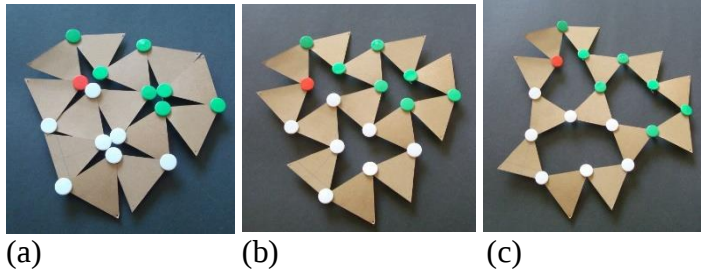
Resim 4.13 (a, b, c, d ve e). Üçgen biçimlerden oluşan düzenli teselasyonun tekrarlanır modülün hareket dizisi



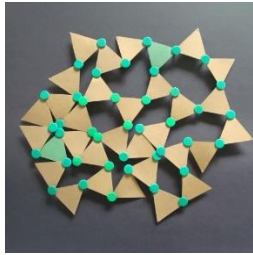
Resim 4.14. Üçgen teselasyonlardan oluşan ek bağlantılı kinetik yapı (Rafsanjani and Pasini, 2016)

Resim 4.15 ve 4.16 önceki örneğin genişletilmiş halidir. Bu örnekte, altılı eşkenar üçgen modüller birbirinin yanında tekrarlanarak davranışları gözlemlenmiştir. Bu panelde de önceki modül gibi teselasyonun biçimsel özellikler etkisinden oluşan düzenli hareketler oluşmamıştır. Başka bir ifade ile buradaki biçimler birbirinin etkisinde düzenli davranışlar sergilememektedir (Resim 4.15a ve b). Resim 15c ve resim 4.16, panelin sadece tek

noktadan uygulanan güç etkisi ile hareket ettirme şemasıdır. Gösterildiği gibi, panelde düzensiz hareketler sergilenmiştir. Burada, düzenli hareket sergilenmesi için ek bağlantılar vasıtasıyla kontrol edilmeyecek hareketlerin sayısının düşürülmesi gerekmektedir. Bu durumda, resim 4.15a ve b’de görüldüğü gibi farklı yönlerden uygulanan dış güç etkisi sonucunda panelin geometrik davranışlar göstermesi ile birlikte bir kapanabilir panel oluşmaktadır. Ancak aksi takdirde, resim 4.16’da gösterildiği gibi panelde düzensiz hareketler sergilenmektedir.

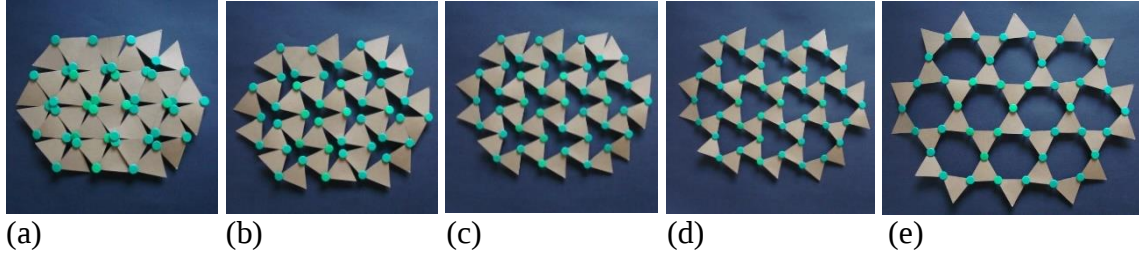


Resim 4.15 (a, b ve c). Üçgen birimlerden oluşan panelin hareket alternatifleri



Resim 4.16. Üçgenlerden oluşan teselasyonun hareket edebilir panelin düzensiz hareket şeması

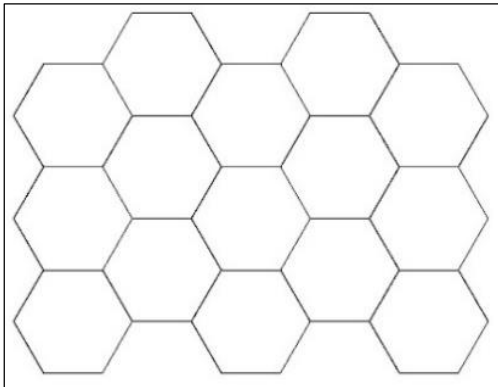
Resim 4.17’e göre, modül ve onun tekrarlanmasıyla oluşan genişletilmiş üçgen panelin hareket davranışları, aynı özellikleri taşımaktadır. Resim 4.17’de çok yönlü dış güç etkisinde oluşan geometrik hareketlerde, prototipin farklı pozisyonlarda hareket ettirmesiyle çeşitli derecelerde düzlem pozisyonları oluşmuştur. Aslında bu panelleri, düzenli davranış oluşturabilmeleri için onların ayarlanabilirlik ve yeniden yapılandırılabilirlik özelliklerinden yararlanmıştır. Panellerin bu özelliklerine göre, onlara duyarlı cephelerde, gölgelendirme elemanları olarak uygulanabilirlik şansı vermiştir.



Resim 4.17 (a, b, c, d ve e). Çok yönlü dış güç etkileri ile düzenli hareketler gösterebilir panelin geometrik hareket dizisi

Altıgenlerden oluşan $\{6,6,6\}$ düzenli teselasyon –İGD(4)

Dördüncü prototipte, altıgenlerden oluşan $\{6,6,6\}$ düzenli teselasyonu (Şekil 4.15), deneye alınmıştır. Bu teselasyon doğada bulunan en yaygın desendir ve en yaygın örneklerinden birisi ise arı peteğidir (Resim 4.18). Doğal desenler en optimize edilmiş desenlerdir. Bu teselasyonun doğada bulunmasının önemli nedenlerinden birisi, doğal desenlerin en optimize desen olmasından kaynaklanmaktadır. Burada araştırmanın önemli varsayımlarından biri ortaya çıkmaktadır. Eski dönem mimari eserlerin birçoğu doğadan ilham alarak, doğayla iç içe yaşama üzerine tasarlanmıştır. İslamiyet dönemi mimarisi, kültürel ve dini ilkelere bağlı olarak doğayla uyumlu bir etkileşim içinde kurgulanmıştır. Altıgen aynı zamanda İslamiyet dönemi mimarisinde sık rastlanan biçimlerden birisidir ve söz konusu dönemin binalarında kullanılmıştır. Resim 4.19, Yezd Camii'nin iç yüzünde kullanılan altıgen teselasyon desen örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Altıgen birimlerden oluşan düzenli teselasyon

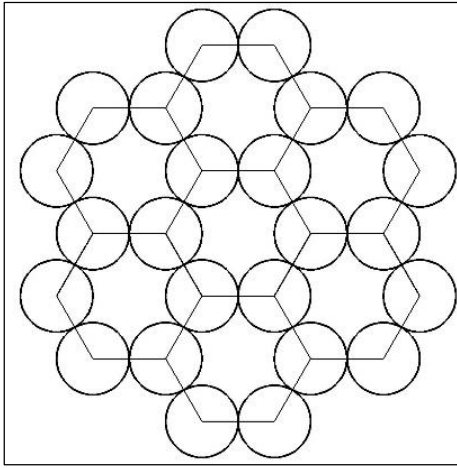


Resim 4.18. Doğal arı peteği (URL-46)



Resim 4.19. Yazd camii, iç yüz altıgen desen, Yazd, İran, 15.yy

Diğer alternatiflerdeki gibi bu teselasyon analizi için, teselasyon çizimi ile birlikte, küresel noktalar yönteminden yardım alınmaktadır. Şekil 4.16’da gösterilen bu yöntemin çizimi, teselasyonun ağ yapısı daha net bir şekilde ortaya koymaktadır. Böylelikle, dairelerin yoğunluk gösterdiği bölgeler, hareketli açılar ve kenarların bulunması için ipuçları vermektedir.

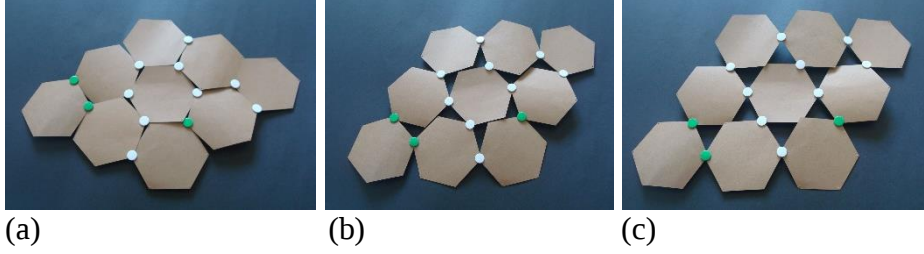


Şekil 4.16. Altıgen teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

Bu teselasyonda, altıgen birimlerin düzenli bir şekilde dolu veya boş bölgeler halinde seçilmesi ile çeşitli alternatifler ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Altıgenlerden oluşan bu teselasyonda seçilecek herhangi bir boş alan bir altıgen biçim olacaktır. Çeşitli denemeler sırasında, altıgenbiçimin düzenli hareket oluşturamadığı gözlemlenmektedir. Yani geometrik/düzenli hareketler oluşumu için kendi biçimsel özellikleri yeterli olmayıp yardımcı bağlantıların eklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, teselasyonun hareketi için dolu-boş bölgelerine odaklanılmamış, mevcut teselasyon için menteşe noktaları belirlenmiştir. Birimlerin dönmesini sağlayan menteşelerin konumu, onların ne biçimde döneceğini belirlemektedir. Resim 4.20'de örnek teselasyondan oluşan menteşeli panelin hareket süreci gösterilmektedir. Bu alternatifte, altıgenlerin dönmesiyle modülün tam açıldığı durumda, boşluklar üçgen biçimini oluşturmaktadırlar (Resim 4.20c). Altıgenlerin hareketini sağlayan dört köşeli boşlukların ve altıgen birimlerin optimize bir şekilde yan yana gelmeleri sonucunda, boşluk bırakılmadan panelin kapanması sağlanmaktadır. Bu örnekte birimlerin kaç tane olduğu ve hangi noktalardan birbiri ile bağlandıkları, panelin hareket tipini belirlemektedir. Bu teselasyon örneğinde her altıgen dört köşe noktasından yanındaki birime bağlanmaktadır. Sayısal ve konum olarak bu şekilde olan bağlantılar neticesinde dört köşeli boşluklar oluşturulmuş ve bu boşluklar düzenli bir hareket tipinin ortaya çıkmasında esas rolü oynamaktadırlar.

Bu panelin hareket sürecinde yeni İGD ortaya çıkmıştır; sadece bu desen değil diğer desenlerin denenmesinde de böyle bir durum gerçekleşmektedir. Böylelikle modüllerin dönme hareketleri sırasında çeşitli İGD'lerin üretilme ihtimali araştırmanın bir yan bulgusu olarak ortaya çıkmaktadır. Mesela resim 4.20c'de bulunan panel, bir yaygın İGD olarak

resim 4.20a’da bulunan modülün dönme neticesinde üretilmektedir. Bu desenin İGD’lerdeki örneği, resim 4.21’de İstanbul Topkapı Sarayı iç yüzey desenlerinde görülmektedir.



Resim 4.20 (a, b ve c). Örnek İGD’den hareket edebilir panelin hareket dizisi



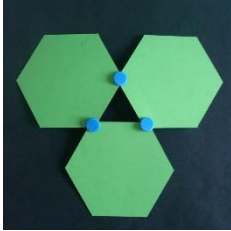
Resim 4.21. Altıgen ve üçgenlerden oluşan bir İGD, Topkapı saray, İstanbul (URL-47)

Altıgen biçim üzerinde hareket edebilirliğin denenmesi

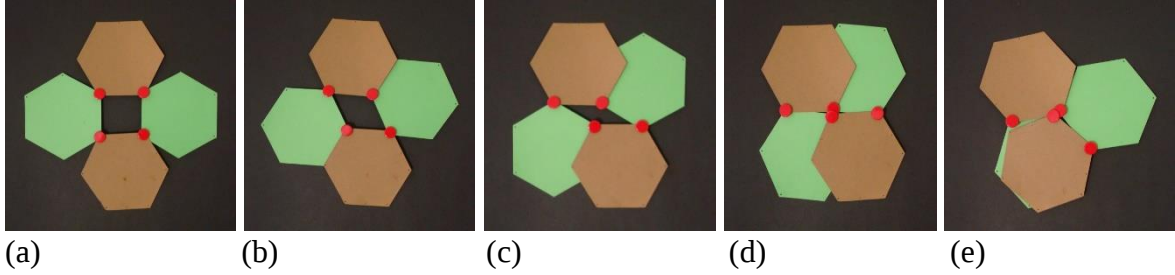
Altıgen, altı yüzlü bir çokgendir. Altı kenarı ve altı köşesi olan bu çokgenin kenarları ve iç açıları eşitse, bu altıgen düzgün altıgen olarak adlandırılmaktadır ve bu altıgenin iç açılarının toplamı 720° ’dir. Her bir iç açısının ölçüsü 60° ’i iken ona tabi olan her bir dış açının ölçüsü ise 120° ’dir. Düzgün altıgen, altı eşkenar üçgenden oluştuğu için alanı ve çevresi kolayca hesaplanabilmektedir. Kenarı “a” uzunlukta olan düzgün bir altıgenin alanı, bir kenarı “a” olan bir eşkenar üçgen alanının 6 katına eşittir, düzenli altıgen, eşkenar altıgen olarak da tanımlanmaktadır. Düzenli altıgene bir merkez noktası eklenerek altı eşkenar üçgene bölünebilmektedir. Bu desen normal üçgen döşemesinde tekrarlanmaktadır.

Beşinci deneyin amacı, altıgen ve üçgenlerin birleşiminde, altıgen biçimlerin dolu ve üçgenlerin ise boşluk olarak seçilmesi durumunda nasıl bir hareket ortaya çıkacağını araştırmaktır. Altıgenlerin resim 4.22’deki gibi birleşmeleri sonucunda ortaya çıkan teselasyon, bir üçgen boşluğun çevresine yerleşmiş altıgenlerden oluşan modüldür. Üçgen

biçiminin sabit bir yapı kimliğine sahip olmasından dolayı bu teselasyonda hareket olanağı sağlanmamaktadır. Dolayısıyla resim 4.22'deki üçlü altıgen modülün hareket edememesinin nedeni ortadaki üçgen biçimdir. Bu tür modüllerin sadece altıgenlerden oluşup ve hareket edebilir olması için, ortadaki boşluğun üçten daha fazla (dört ve fazlası) köşeli bir biçim olması veya menteşe noktalarının yerlerinin değiştirilmesi ile kenarların/köşelerin sayısının artırılıp hareket olanağı oluşturulması gerekmektedir. Deneyi daha iyi kavramak için bir diğer alternatifte, ortadaki boşluğun kare biçimiyle değiştirilmesi ve dört yönde hareket sağlanmasıyla birlikte altıgenler iç içe geçerek kapalı bir panel oluşturmaktadır (Resim 4.23d ve e). Bu deneyde harekete olanak sağlayan orta boşluğun biçimsel özelliği ön plana çıkarılmaktadır.



Resim 4.22. Altıgenlerin bir üçgen boşluk çevresinde birleşmiş modülü



Resim 4.23 (a, b, c, d ve e). Altıgenlerin bir kare boşluk çevresinde birleşmiş modülün hareket dizisi

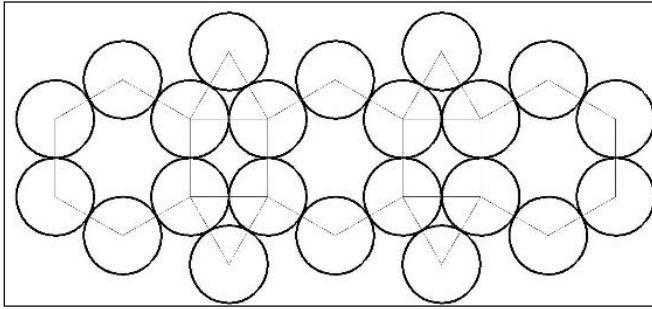
Yarı düzenli {3.4.6.4} teselasyon-İGD (5)

Altıncı alternatifte, yarı düzenli teselasyon ve aynı zamanda yaygın bir İGD olan bir örnek desen seçilmiştir (Resim 4.24). Desenin küresel noktalar yöntemi ile analizi yapıldıktan sonra, oluşan dairelerin nasıl yan yana geldikleri ve yoğun olarak tekrarlanan bölgeleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.17). Şekil 4.17'e göre bu desenden seçilen modülde, kare biçimi boşluk olarak seçilmesi ile desen hareket edebilir konuma gelmektedir. Üçgen ve altıgenin

kombinasyonundan oluşan bu modülde, düzenli hareketler ortaya çıkmaktadır. Bu düzenli hareketin kaynağı, iki birimin biçimsel özelliklerinde değil, ortalarında oluşan dörtgen boşluğa dayanmaktadır.

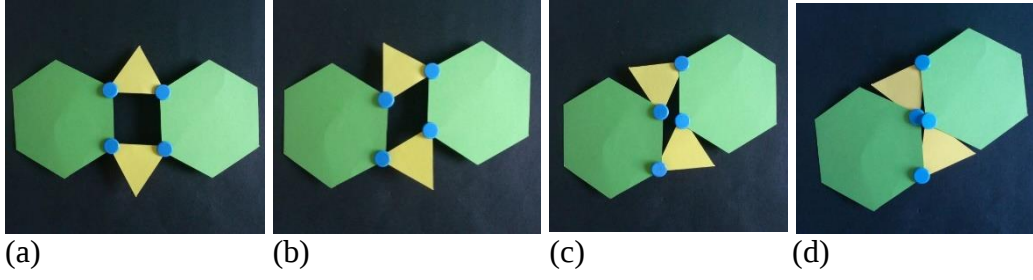


Resim 4.24. Kare, üçgen ve altıgen biçimlerden oluşan yarı düzenli teselasyon, İspanya, Sevilla Arkeoloji Müzesi'ndeki mozaik zemin (URL-48)



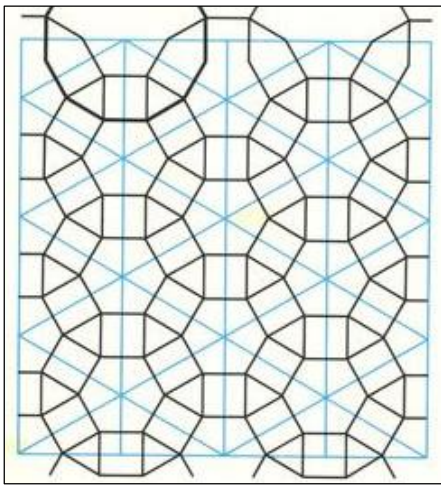
Şekil 4.17. Örnek teselasyonun küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

Birimlerin biçimsel özelliği, bu modülün genişletilmesi sırasında onların nasıl birbirinin yanında biçimleneceğini göstermektedir. Örneğin resim 4.25d'de görüldüğü gibi, eşkenar üçgenler ve altıgenler menteşeler çevresinde dönerek kendi aralarındaki boşlukları doldurarak bir kapalı yüzey oluşturmaktadır.

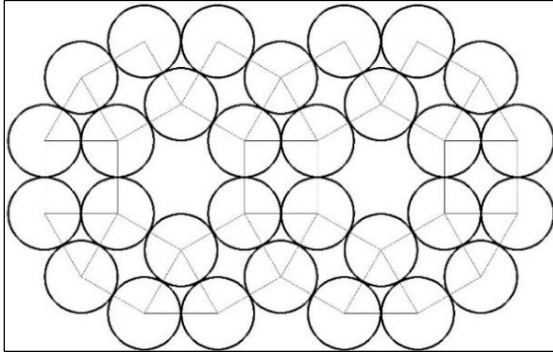


Resim 4.25 (a, b, c ve d). Örnek teselasyonun hareket edebilir modülün düzenli hareket dizisi

Modülün iki boyutta genişletmesi sonucunda, aynı hareket davranışı ortaya çıkmaktadır. Örnek İGD çizimi (Şekil 4.18) ve analizi (Şekil 4.19) ve önceki aşamada seçilen birim modülünün oluşturulması, bu desenin biçimsel özelliklerini hareket edebilirlik açısından açıklamaktadır. Bu aşamada menteşeli hareket edebilir modülün oluşması için desenin dolu-boş birimlerin üzerinde karar verilmiştir. Sonraki aşamada ise desenin küresel noktalar analizine (Şekil 4.19) dikkat edilerek, dairelerin ne sayıda ve ne biçimde birbiri ile ilişki kurduklarına göre, bağlantı/menteşe noktaları belirlenmiştir. Basit bir hareketin oluşmasını düşünüldüğünden dolayı bu desendeki en basit hareket tipini oluşturan birimlerin seçilmesine önem verilmiştir. Üçgenin sabit olması ve hareket oluşturma potansiyeli olmaması sebebiyle seçilme şansı bulunmamaktadır. Altıgenin de karmaşık hareket yapısı üretme özelliği ona bir basit hareket sağlayan birim özellikleri vermemektedir. Burada modülün dönmesini sağlayan bir biçim gerekmede ve bu bağlamda kare biçimi, aranan özellikleri taşıdığı için öne çıkmaktadır. Dolayısıyla dörtgen biçim, bu desenin boş alan rolünü üstlenmektedir.

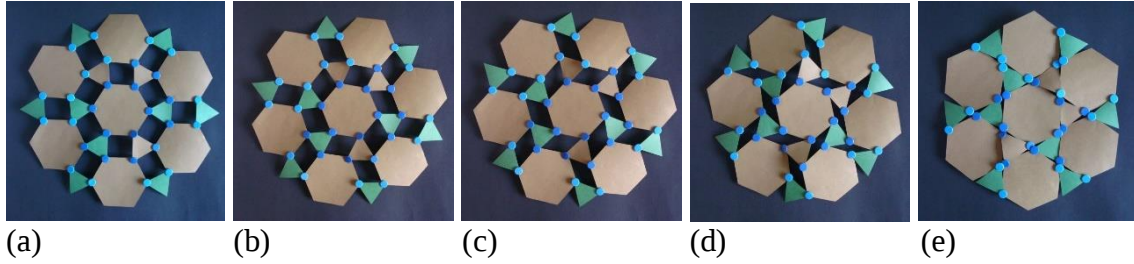


Şekil 4.18. Örnek İGD'nin teselasyon mantığı ile çizimi (Wade, 1976: 39)



Şekil 4.19. Kare ve altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

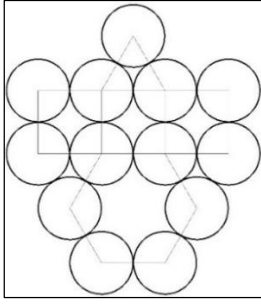
Önceki deneylerde de incelendiği üzere, bu desenin hareket sürecinin son aşamasında İGD'lerin yaygın desenlerinden biri olan $\{3,6.3,6\}$ yarı düzenli teselasyon üretilmektedir (Resim 4.26e). Böylelikle desenlerin menteşeli şekilde dönme hareketleri sürecinde yeni düzenli veya yarı düzenli desenlerin oluşma ihtimali bulunmaktadır.



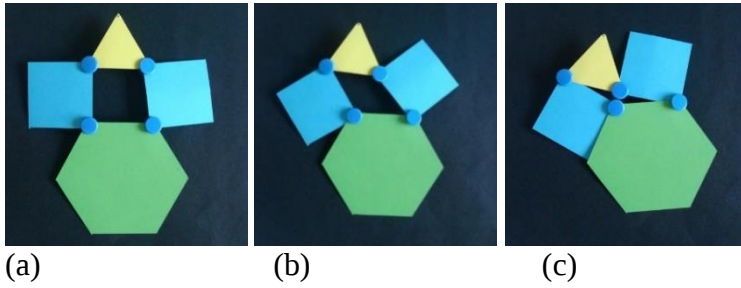
Resim 4.26 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD' den hareket edebilir modülün hareket dizisi

Üç temel biçim için yeni kombinasyon alternatifi (1)

Çalışmanın devamında üç temel biçimin çeşitli kombinasyonlarını denemek adına, şekil 4.20'deki gibi bir birleşim önerilmiştir. Bu denemenin amacı kare biçimin bir hareket sağlayan boşluk birim olarak farklı bir şekilde tanımlamasıdır. Desenin biçimsel analizinden sonra kare boşluk modülün hareket için yardımcı olabileceği düşünülmüştür. Bu doğrultuda resim 4.27'deki modül üretilmiş ve beklendiği üzere kare boşluk etkisinden düzenli bir hareket ortaya çıkmıştır.

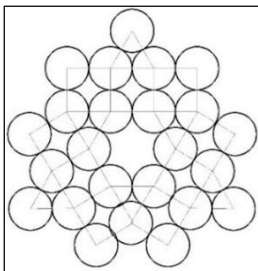


Şekil 4.20. Kare, üçgen ve altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

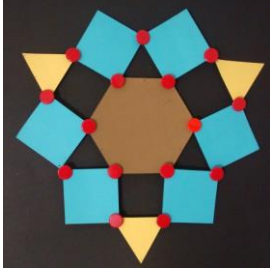


Resim 4.27 (a, b ve c). Örnek desenden oluşan modülün hareket dizisi

Modülün bu birimlerden oluşarak ve aynı hareket tipine bağlı kalarak genişletilebilmesi için biçimsel özellikleri dikkate alınmaktadır. Bu modülde bulunan düzenli altıgenin altı kenar/altı köşesi olduğu için ışımsal/radyal ve birleştirici rolü bulunmaktadır. Yani şekil 4.21’de gösterilen biçimsel analizde olduğu gibi, kareler ve üçgenler, altıgenin çevresine yerleştirilebilmektedir. Bu durumda kareler arasında oluşan üçgen boşluklardan dolayı bir sabit yapı oluşmaktadır ve genişletilmiş modül artık hareket edememektedir (Resim 4.28). Kare biçim özelliğın açıklamasının yanı sıra, bu deneme bir modül içinde bulunan üçgen biçimli boşluğun etkisini göstermektedir.



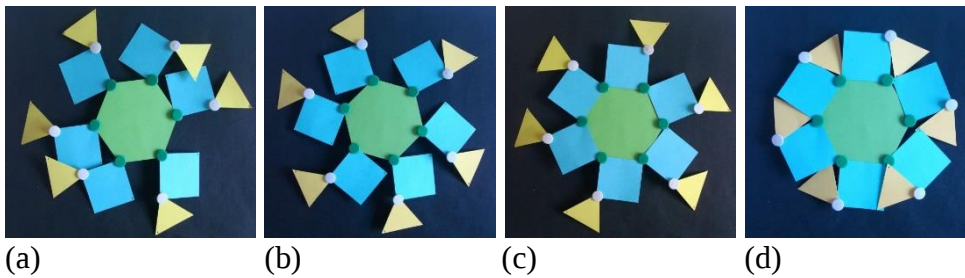
Şekil 4.21. Kare, üçgen ve altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması



Resim 4.28. Resim 4.27'nin ışınsal olarak genişletilen modülü

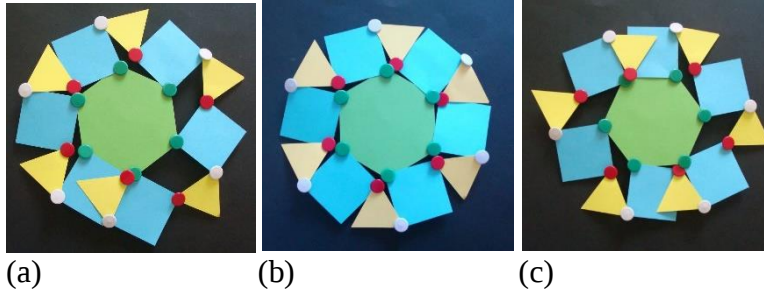
Üç temel biçim için yeni kombinasyon alternatifi (2)

Sekizinci panelin oluşturulmasıyla, temel biçimlerin sadece bir köşeden birbirine menteşelenerek nasıl bir hareket tipi sergileyecekleri sorusuna cevap aranmaktadır. Diğer desenlerden farklılık gösteren bu deneyde, farklı kuralların bulunması beklenilmektedir. Önceki alternatiflerde düzenli davranışların beklendiği için menteşe konumları ve dolu-boş alanlara dikkat edilmiştir. Resim 4.29a'da gösterildiği gibi tek noktalı bağlantıların etkisinden dolayı düzensiz hareketler sergilenmektedir. Düzensiz hareket olarak tarif edilen durum, desenin kendi biçimsel özelliklerinden yararlanarak bir noktadan uygulanan güçle tüm modülü hareket ettirememesidir. Diğer taraftan modülde bir geometrik boşluk bulunmadığı için tamamen belirsiz ve kontrol edilemeyen hareketler ortaya çıkmaktadır (Resim 4.29a). Bu modülün kontrol edebilir hale gelmesi için ek bağlantılar kullanılması önerilmektedir. Ancak bu durumda, hareketi sağlayan boşluk alanların belli bir çevreye sahip olmamalarından dolayı ek bağlantıların büyük hacim işgal edecekleri muhtemeldir. Böylelikle gerçek dünya koşullarına dayanarak, bu detayın kullanışlı ve pratik olduğu uygun bulunmamaktadır.



Resim 4.29 (a, b, c ve d). Örnek teselasyon modülün düzensiz ve düzenli hareket alternatifleri

Önceki panelin biçimsel formuna bağlı kalarak, tek noktalı detayı iki noktalı bağlantı detay çevrilmiştir. Bu detay neticesinde altıgen çevresinde oluşturulan altı kare-üçgen biçimleri, hareket sırasında en fazla kendi yanındaki kare ve üçgeni etkilemiştir (Resim 4.30a ve c). Bu panelde hareketi oluşturan boşlukların düşünülmemesinden dolayı modül hareketi gerçekleşmemiştir. Hareketi sağlayan güç noktasından konum değiştiren birimlerin rastlantısal davranışının yanı sıra, merkezin çevresinde yer alan diğer biçimlerin hareket etmesi de bir düzen/kurala dayanarak gerçekleşmemiştir. Bu modülün birimleri hareket sırasında birbirinin üzerine yerleşerek farklı ölçülerde ve biçimlerde boşluk alanları ortaya koymuşlardır. Bu konu, modülün hareket etmesi için boş alana ihtiyacı olduğunu belirtmektedir. Bu panelin önceki panel gibi düzensiz hareketler sergilemese de, geometrik hareketler üretebilmesi için iki yöntem kullanmalıdır. Birincisi, bazı birimlerin ortadan kaldırılması ile gerçekleşebilmektedir. İkinci alternatifte, birimler arası ek mafsallı bağlantıların kullanılması ile birlikte birimlerin hareket sırasında düzenli bir şekilde üst üste geçmeleri sağlanarak geometrik ve sonuçta kontrol edebilir hareketlerin oluşması öngörülmektedir.

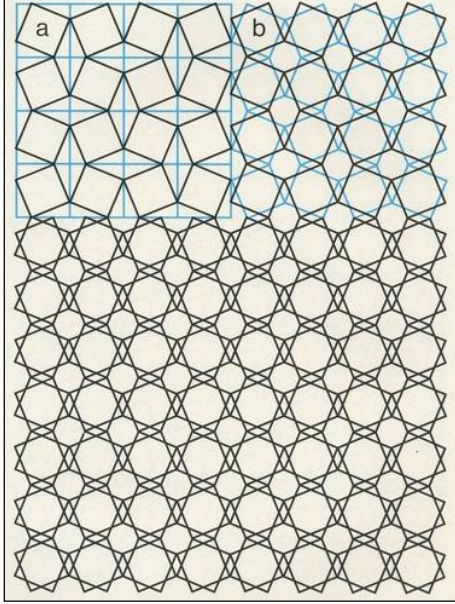


Resim 4.30 (a, b ve c). Örnek teselasyon modülün hareket şeması

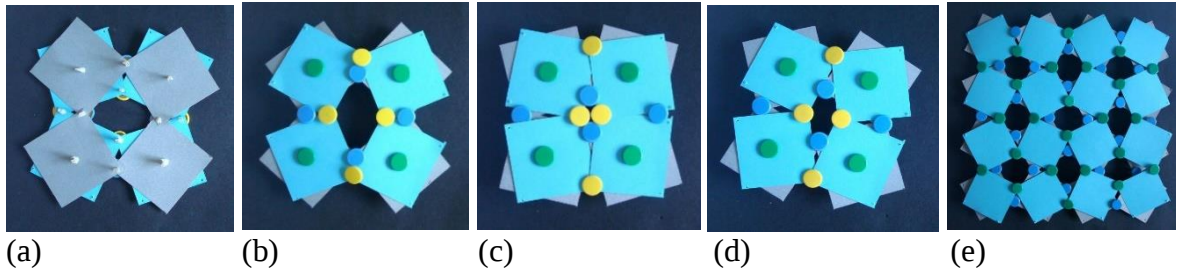
İki katmanlı {4.4.4.4} düzenli teselasyondan oluşan bir İGD (6)

Dokuzuncu deney olarak iki katmanlı panellerin denemesi düşünülmüştür. Bu alternatif, bir örnek İGD (Şekil 4.22) düzlemin iki katmanlı olma ihtimalin düşünerek, kinetik panele dönüştürmesi için deneme geliştirmiştir. Bu İGD'ye dikkat edildiğinde, onun iki katmanlı "düzenli kare teselasyon" olduğu anlaşılmıştır. Bu panelde, iki katmanın bağlantı konumu onun dönme tipi ile ilgili önemlidir. Bu bağlantı, iki katmanın birbirinin yanında nasıl birleşeceğini belirlemekle birlikte panelin hareket edebilirliğini de belirlenmiştir. Bu nedenle resim 4.31'de gösterildiği gibi, bağlantı noktası kare biçimli birimlerin ortasında konumlanmıştır. Bu seçim sayesinde tek katmanlı panelin düzenli hareketi, iki katmanlı

panelde de aynı davranışı sergilemiştir. Bu deneyde kullanılan malzeme türü ve bağlantı detaylarından dolayı panelin tam olarak kapatamamış ve küçük boşluklar ortaya çıkmıştır.



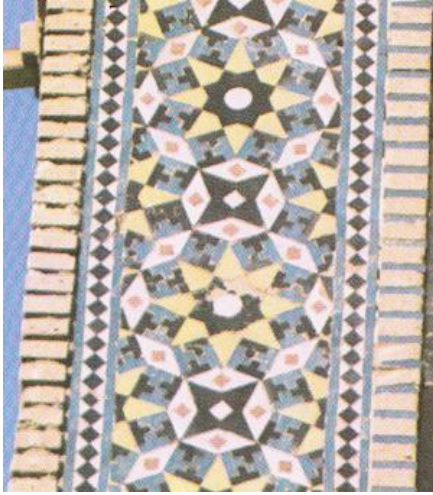
Şekil 4.22. Örnek İGD çizimi (Wade, 1976: 43)



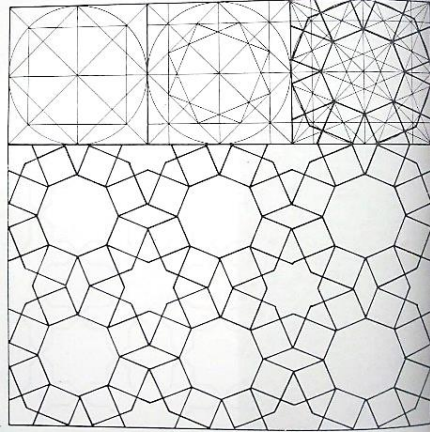
Resim 4.31 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD' den oluşan modülün hareket dizisi

Bagh-e Delgoşa, Şiraz, İran İGD (7)

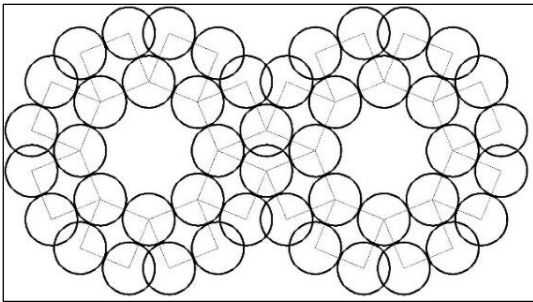
Onuncu deney olarak resim 4.32'de yer alan desen seçilmiştir. Bu desenin sadeleşmesi için içinde bulunan küçük bezemeler silinerek sadece karelerden oluşan ana yapı örnek alınmıştır (Şekil 4.23). Bir sekizgen çevresinde biçimlenen bu kareler şekil 4.24'teki gibi küresel noktalar yöntemine göre tekrar çizilmiştir. Bu yöntem sayesinde birimlerin ne tür bir ilişki içinde oldukları ve hangi noktalardan dönme potansiyeline sahip oldukları konusunda fikir edinilmiştir.



Resim 4.32. Örnek desen, Bagh-e Delgoşa, Şiraz, İran (Maher al-Naghsh, 1983: 191)



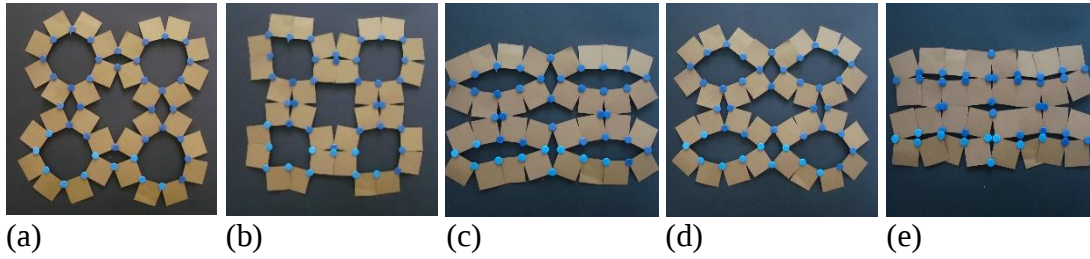
Şekil 4.23. Örnek desenin geometriksel çizimi (El-Said ve Parman, 1988:24)



Şekil 4.24. Karelerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

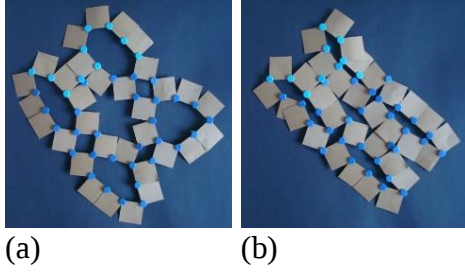
Çalışma yönteminin sezgisel/deneysel özelliğinden dolayı araştırma sürecinde elde edilen bilgi birikimi, karmaşık teselasyonların/desenlerin modül hareketinin sağlanması için, deneyin ilk aşamasında, dolu-boş alanların belirlenmesinde kolaylık sağlamıştır.

Araştırmanın amacı olan menteşeli panel tasarımı için, önceki alternatif panellerin tasarımından elde edilen tecrübeler ve desen analizine dayanarak, kare birimler dolu alan olarak seçilmiştir. Bunun nedeni kare biçiminin boşluk alanları olarak seçilmesi ile birlikte fazla sayıda kare biçimi ortaya çıkması için daha karmaşık hareketlere neden olacağı düşüncesidir. Dolayısıyla, sekizgen ve sekiz köşeli yıldız biçimleri boşluk alanları olarak kabul edilmiştir. Resim 4.33, bu modülün kaç yönlü dış güç uygulanması durumunda hareket sonucunda oluşan çeşitli desen örneklerini göstermektedir. Bu resimdeki form değişiklikleri, desenin biçimsel özelliklerinden kaynaklansa da kontrollü bir şekilde biçimlenmiştir. Dolayısıyla gerçek bir bina uygulamasında, bu modülün ek bağlantılar veya dijital kontrol edebilir cihazlarla birlikte düzenli hareket sergileyeceği için düşünülmelidir. Hareket durumlarından görüldüğü gibi, boşlukların çokgen olması nedeniyle çeşitli modül davranışları oluşabilmektedir.



Resim 4.33 (a, b, c, d, e ve f). Örnek İGD panelin düzenli/geometrik hareket dizisi

Resim 4.34'te tek noktadan güç uygulanması ile panelde oluşan bağımsız hareketlerden şemalar göstermektedir. Hareket oluşumunu sağlayan ve hareket tipi belli eden boşluk biçiminin sekizgen olması için bu panel geometrik bir davranış sergileyememektedir. Bu modülde, kareler sekizgen bir boşluk çevresinde biçimlenmesi ile birlikte konum değiştirmekte ve bu birimlerin her biri kendi içinde kontrolsüz bir şekilde hareket etmektedir. Sekiz kareden oluşan bu modüllerin birbiri yanında tekrarlanmasıyla birlikte, her sekizgenin çevresinde bulunan kareler diğer sekizgen birimin karelerini etkileyerek daha karmaşık biçimler oluşturmaktadır.



Resim 4.34 (a ve b). Örnek İGD panelin düzensiz hareket şeması

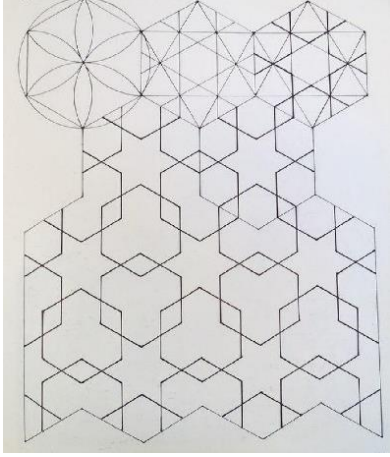
Karahan/Harakan ikiz türbeler, İran-İGD (8)

On birinci alternatifte örnek alınan İGD, İran coğrafyasında bulunan ve büyük Selçuklu döneminde inşa edilen Karahan ikiz türbelerine²² (veya Harakan kümbetleri) aittir (Resim 4.35). Bu mimari eserlerin dış yüzeyinde çeşitli İGD'ler bulunmaktadır. Şekil 4.25'teki desen, bu binaların dış yüzey desenlerinden, hareket edebilir bir modül geliştirmek için örnek alınmıştır. Bu desen, altıgen kenarlarının orta kısmında birbiri ile bağlantı kurarak bir örüntü oluşturmaktadır. İlk aşamada bu desenin biçimsel özelliklerini tanımlanmak için onun çizimine dikkat edilmiştir (Şekil 4.25). Desenin bağlantı bölgelerinin yoğunluğunun belirlenmesi, birimler arası bağlantı tüpü ve birimlerin alan büyüklüğünün karşılaştırılması için küresel noktalar yöntemi yardımıyla analizler yapılmıştır (Şekil 4.26).

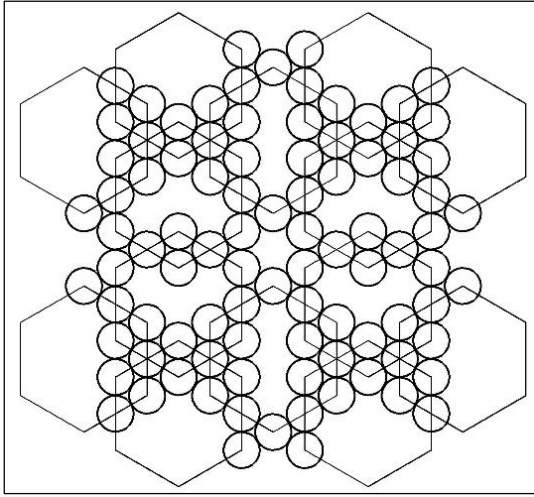


Resim 4.35. Örnek desenin Karakan kümbetlerin dış yüzeyinde kullanımı, Karahan, İran, 11.yy (El-Said and Parman, 1988: 72)

²² Kharraqan tomb tower, Iran, 1067 and 1093

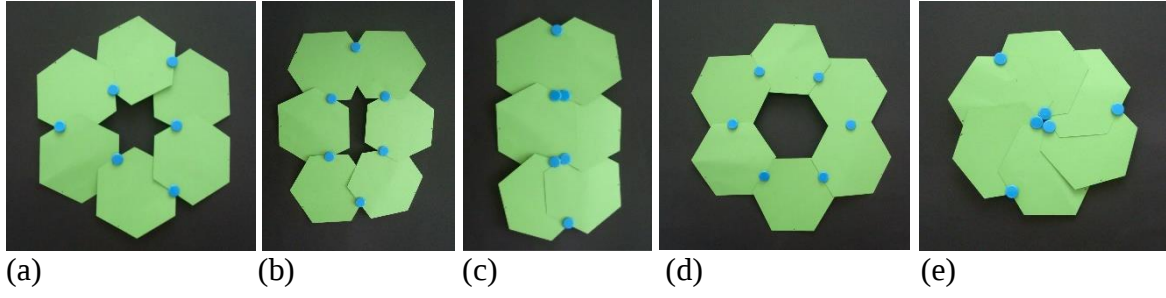


Şekil 4.25. Örnek geometrik desenin çizimi (El-Said and Parman, 1988: 59)



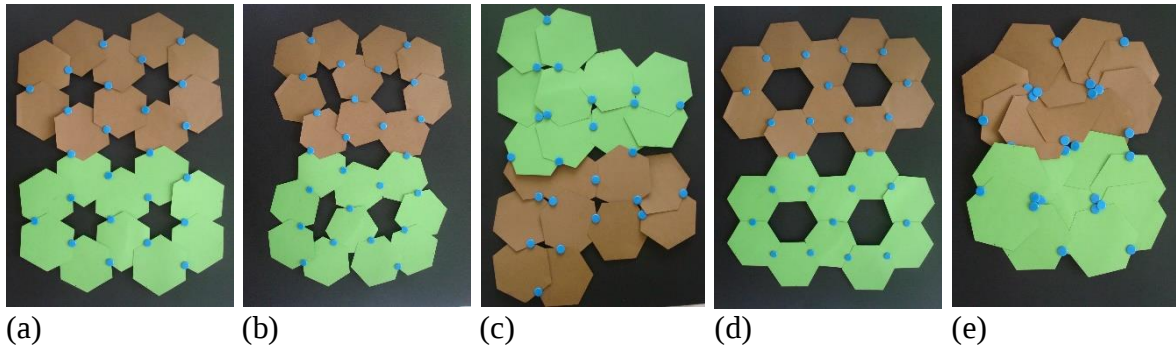
Şekil 4.26. Altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

Tasarlanan modülde, desendeki bağlantı noktalarına dayanarak altıgenlerden oluşan altı birimli modül oluşturulmuştur (Resim 4.36a). Resim 4.36b’de görüldüğü gibi, panele bir noktadan güç uyguladığında düzensiz hareketler gözlenmektedir. Denemeler sırasında düzenli davranışlar göstermesi için en azından üç noktadan ve düzenli bir şekilde güç uygulanması gerektiği tespit edilmiştir (Resim 4.36d ve e). Bu düzensiz davranışın nedeni altıgen boşluğun altı yönlü hareket potansiyeline sahip olması kaynaklanmaktadır. Düzenli hareketin oluşması için modülün geometrik özellikleri kullanılarak, üç yönden düzenli bir şekilde güç uygulandığında resim 4.36e’de görüldüğü gibi altıgenler birbirinin içine girerek diyaframa benzeyen düzenli bir biçim sergilemektedir. Resim 4.36’da görüldüğü gibi, aynı etki altında farklı geometrik formlar ortaya çıkmıştır.



Resim 4.36 (a, b, c, d ve e). Altıgenlerden oluşan düzenli teselasyonun tekrarların modülünün hareket alternatifleri

Modülün genişletmesi aynı altılı altıgen modülün tekrarlanması ile gerçekleşmektedir (Resim 4.37a). Altılı modül ve genişletilmiş panelde de aynı hareket davranışları tespit edilmektedir. Ancak burada birimlerin birbiri üzerindeki etkileri de modüllerin davranışını etkilemektedir. Altı altıgenin ortasında oluşan altıgen boşluktan dolayı, düzensiz hareketler ortaya çıkmaktadır. Diğer alternatiflerde de görüldüğü gibi, hareket olanağı sağlayan altıgen boşlukların, bir yardımcı bağlantı/eklem ile çalışmadığı durumda, düzensiz hareketler ortaya çıkmaktadır. Başka deyişle ek birimler/bağlantıların eklenmesiyle birlikte bu panelde geometrik hareketler ve geometrik biçim değişimleri oluşabilmektedir. Resim 4.37d ve e’de de gösterildiği üzere, çok yönlü dış kontrol ve panelin biçimsel özellikleri sayesinde, çeşitli geometrik kombinasyonlar oluşabilmektedir.

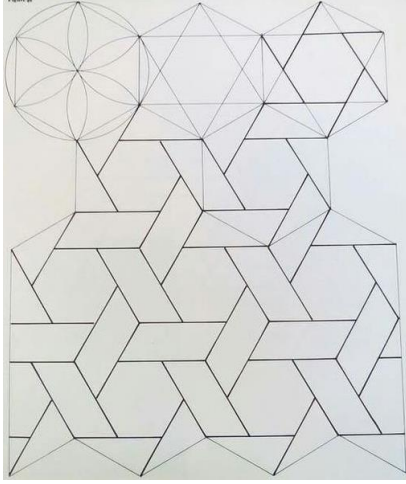


Resim 4.37 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD panelin düzenli ve düzensiz hareket alternatifleri

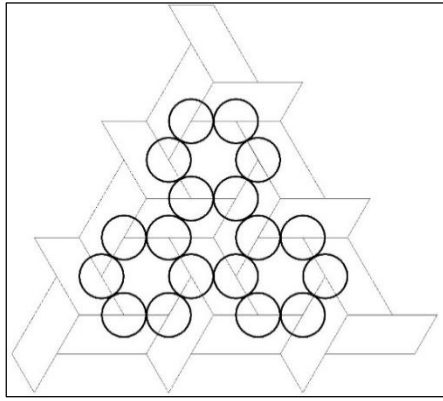
Hamse-i Nizami, Hirat, Afganistan 15.yy. -İGD (9)

Şekil 4.27, İslamiyet dönemi sanat eserlerinden olan İGD tabanlı desenin çizimini göstermektedir. Çizim analizinde, küresel noktalar yönteminden yardım alınmıştır. Şekil 4.28’de gösterilen bu yöntemin çiziminde dairelerin konumu, menteşeli noktalar için bir

alternatif oluşturabileceği için fikir sunmuştur. Yamuk formların boş alanlar olarak seçilmesi neticesinde oluşabilir karmaşık panel ve hareket tiplerinden uzaklaşmak için altıgen biçimler boş alan olarak kabul edilmiştir.



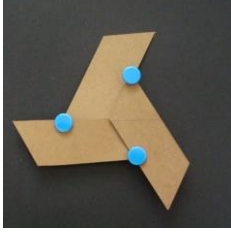
Şekil 4.27. Örnek desenin çizimi, Hamse-i Nizami, Hirat, Afganistan 15.yy. (El-Said ve Parman, 1988: 69)



Şekil 4.28. Yamuk ve altıgenler biçimlerinden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

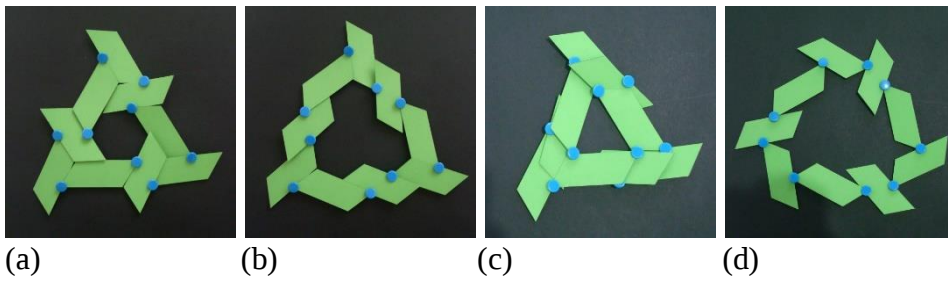
Dolu-boş alanlar için bir öneri üretildikten sonra, panelin menteşeli noktalarının konumu üzerinde düşünülmüştür. Bu doğrultuda, önce örnek desen üzerinden, birimlerin menteşeli noktaları için çeşitli alternatifler üretilmiştir. Resim 4.38'deki desenden bir üçlü yamuk biçimi seçilerek, bağlantı noktaları için resimdeki gibi bir alternatif hazırlanmıştır. Hareketi gerçekleştirmek için bağlantı noktalarının birbiri ile nasıl bir ilişki kurdukları ve hareket edebilir ağ yapısı oluşturması önem göstermektedir. Bu modülde, menteşe noktalarına bağlı olarak oluşan ağ yapısı bir eşkenar üçgen biçimini anımsatmaktadır. Dolu-boş alanlarda

olduğu gibi, burada da üçgen biçimin sabit yapısından dolayı ve üç yamuğun birbirine kenetlenmesi için bu paneli hareketsiz hale getirmektedir.



Resim 4.38. Yamuk birimlerden oluşan modül şeması

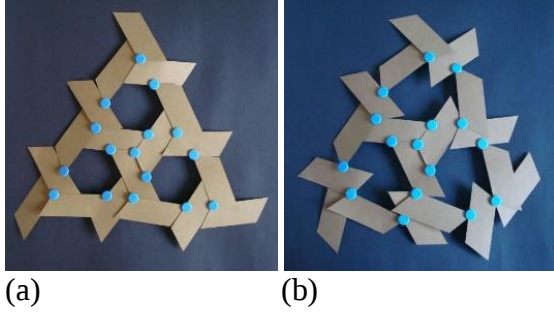
Modülün geliştirilmesi sırasında örnek alınan desenden ikinci alternatif modül seçilmiştir. Bu modül, altıgen çevresinde toplanan dokuz yamuk biçiminden oluşmaktadır. Bu paneldeki yamuklar, resim 4.39'da gösterildiği gibi belli bir ağ yapısına dayanarak, kendi aralarındaki hareketin engellemeyecek şekilde birbirine bağlanmaktadır. Resim 4.39a, b ve c'de düzenli yönlerden uygulanan dış kontrol neticesinde, modülden üretilebilecek düzenli/geometrik hareket alternatifleri sunulmaktadır. Bu ağ yapısı sayesinde yeni geometrik desenlerin oluşumu mümkün olmuştur. Bu modülde geometrik kombinasyonların oluşumu için ek bağlantılar veya diğer kontrol edici sistemlerin uygulanması gerekmektedir. Ancak bu modülün, biçimsel özelliklerinden dolayı, uygulanan tek yönlü güç sonunda, tamamen düzensiz davranışlar sergilenmektedir (Resim 4.39b).



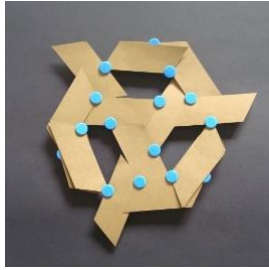
Resim 4.39 (a, b, c ve d). Yamuk birimlerden oluşan modüllerin düzenli ve düzensiz hareket dizisi

Panelin, önceki modülün ağ sistemine dayanarak genişletildiğinde, sadece sabit bir üçlü yamuk çevresinde hareket etme olanağı bulmuştur (Resim 4.40b). Bu hareket tipi önceki panelde olduğu gibi düzensizdir ve geometrik hareketler/biçimler için ek bir kontrol sistemin

gerektiği öngörülmektedir. Resim 4.41 modülün kendi içine toplanarak, bir ek ağ sisteminin yardımıyla oluşabilecek düzenli bir hareket alternatifini göstermektedir.



Resim 4.40 (a ve b). Örnek İGD panelin hareket şeması



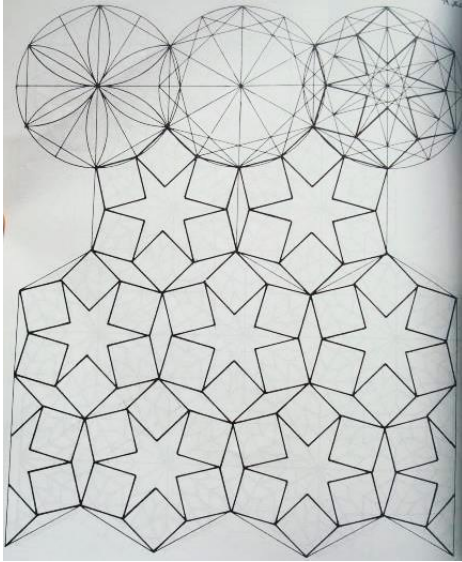
Resim 4.41. Dış kontrol etkisi ile düzenli şekilde biçimlendirilmiş panel alternatifi

Karahan/Harakan ikiz türbeler, İran-İGD (10)

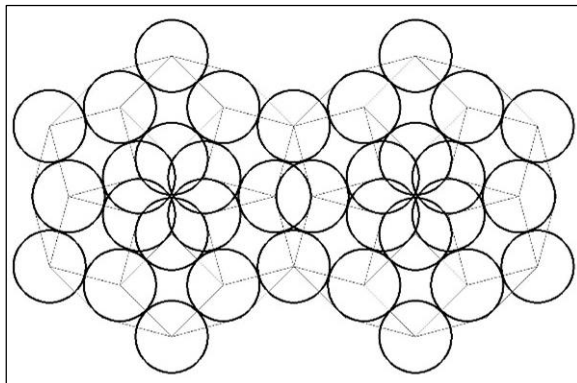
Diğer İGD örnek, Karahan/Harakan binası dış yüzeyi süslemelerinden alınmıştır. Bu desen, ince işçilikleri ile birlikte resim 4.42’de gösterilmiştir. Örnek alınan desenin temel formlarını tanımlamak için İGD esaslı çizim, dikkate alınmıştır (Şekil 4.29). Sonraki aşamada desenin biçimsel özelliklerinin daha net bir şekilde ortaya konulması için, desenin küresel noktalar yöntemi ile analizi geliştirilmiştir (Şekil 4.30). Bu analizde onikigen içinde dizili, altı kareden oluşan modül gibi düşünülmüştür. Bu doğrultuda analiz için çizilen daireler, kare köşelerinde oluşmuştur. Bu daireler, biçimin dönme noktalarının konumu konusunda fikir oluşturmuştur. Bu analiz, desen parçalarının birleştiği noktaları, noktaların aralarındaki mesafeleri ve geometrik deseni oluşturan ağ yapısını göstermek açısından da yardımcı olmuştur.



Resim 4.42. Karakan türbelerinden dış yüzey desen, Karahan, İran, 11.yy. (El-Said ve Parman, 1988: 98)

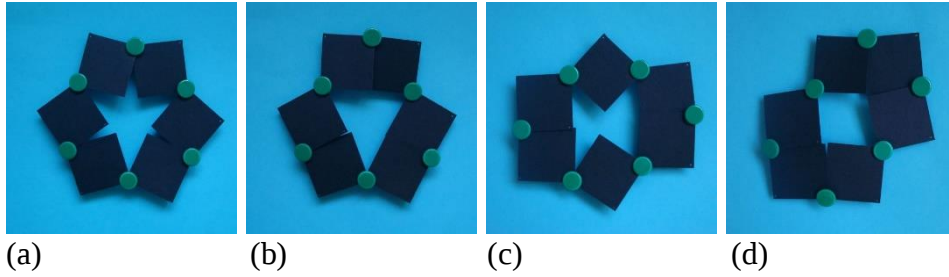


Şekil 4.29. Örnek geometrik desenin çizimi (El-Said ve Parman, 1988: 99)



Şekil 4.30. Karelerden oluşan örnek desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

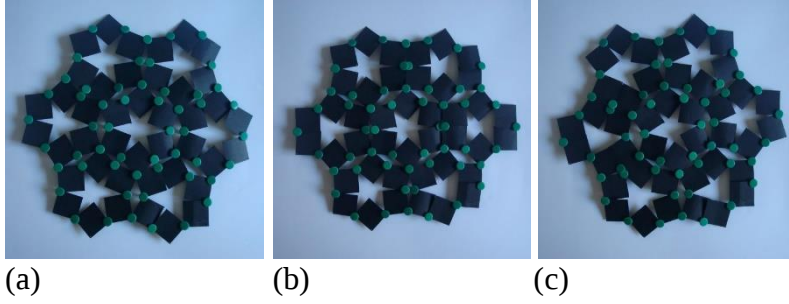
Modülün geliştirilme sürecinde hareket edebilir panelin oluşturulması için dolu-boş birimlerin seçilmesi gerekmektedir. Analizler ve desenin biçimsel özelliklerine dayanarak, kare biçimli birimler dolu alanlar ve ortada bulunan yıldız biçim ise boş alan olarak seçilmiştir. Bu desende, kare biçimin sıklıkla tekrarlandığı için, bu karelerin dönmesi ile elde edilen modülün geliştireceği öngörülmüştür. Kare biçimin dolu birim olarak kabul edildiği durumda, iki çeşit boşluk biçimi ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi eşkenar yamuk biçimleri, diğeri ise altı köşeli yıldız formlarıdır. Bu desende dolu-boş alanların seçilmesi ile birlikte menteşeli noktalar için tek bir alternatif düşünülerek, konumlandırılma ona göre yapılmıştır. Modülün hareket tipinin anlaşılması için öncelikle bir sadeleştirme çalışması yapılmıştır. Dolayısıyla deneye başlamak için sadece deseni oluşturan tekrarlanır bir modül seçilmiştir. Resim 4.43, seçilen birimden oluşan bir modülün hareket sürecini göstermektedir. Resim 4.43b, c ve d’de gösterilen hareket alternatifleri, altı köşeli yıldızın çeşitli yönlerde hareket edebilmesi üzerine oluşturulmuştur. Bu alternatifler, üç yönlü dış güç uygulanması ile ortaya konulmuştur.



Resim 4.43 (a, b, c ve d). Örnek İGD modülün hareket edebilirlik alternatifleri

Seçilen modülün geliştirilmesi aşamasında aynı modüller resim 4.44a’daki gibi bir araya getirilerek birleştirilmiştir. Ancak desen çizim gereği, burada hareketi sağlayan boşluklara, fazladan bir eşkenar yamuk boşluğu eklenmiştir ve onun çevresindeki dört dolu kare biçimi düzenli bir şekilde hareket etmektedir. Altı kare ile sınırlanmış altı köşeli yıldız, bu modülün diğer boşluk birimidir ve düzensiz hareketler sergilediği için eşkenar yamuğun oluşturduğu düzenli hareketi de etkilemektedir. Altı köşeli yıldız çok yönlü bir hareket tipi ortaya koyduğu için altı kare arasında çeşitli kombinasyonlar ortaya çıkmaktadır. Resim 4.44 modülün bağımsız hareket şemasını göstermektedir. Diğer düzensiz hareketli alternatiflerde de söz konusu olduğu gibi, düzenli hareket sisteminin oluşumu için ek ağ yapının kullanılması gerekmektedir.

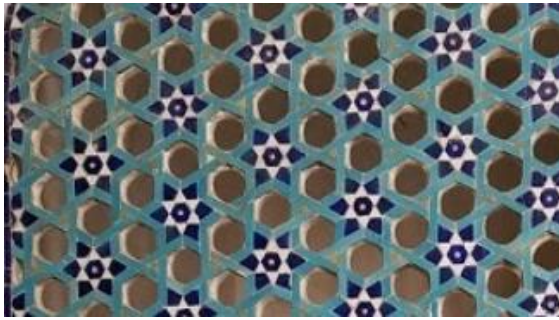
Mimari yüzeylerde kullanılması açısından önemli olabilecek diğer bir konu, panellerin kapalı bir yüzey oluşturabilme potansiyelidir. Resim 4.44 bu panelin hareket sırasında kapalı bir panel oluşturamadığını ve sadece açık alanların biçimsel değişimini göstermektedir.



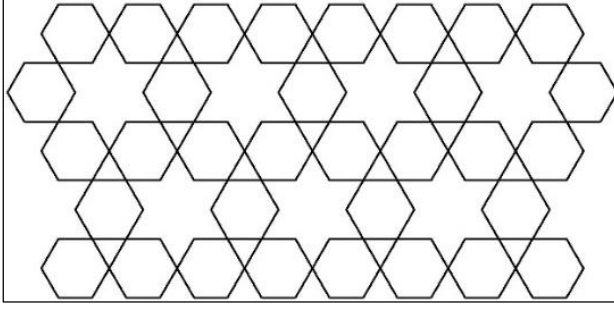
Resim 4.44 (a, b ve c). Örnek İGD panelin hareket alternatifleri

Yezd Camii, İran, Yezd, 15.yy-İGD (11)

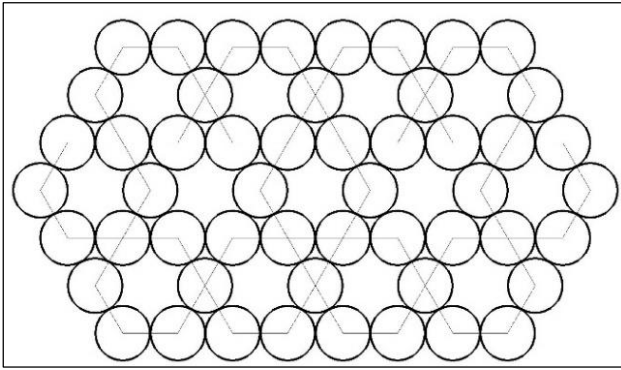
Burada üzerinde deney yapılacak desen, İGD'lerin en yaygın desenlerindendir. Resim 4.45'te gösterilen, bu desen, 15.yy'a ait olan Yezd Camii iç mekan yüzeylerinden bir desen örneğidir. Desenin daha iyi anlaşılması için şekil 4.31'de bulunan İGD esaslı çizimi hazırlanmıştır. Bu resim, desende kullanılan çeşitli biçimlerin ayırt edilmesi için kolaylık sağlamıştır. Burada düzenli bir altı köşeli yıldız çevresinde altı adet altıgen ve onların aralarındaki boşluklara da üçgen biçimler yerleştirilmiştir. Üç tip biçimden/birimden oluşan bu desenin hareket edebilirlik potansiyelini bulmak için üzerinde çeşitli biçimsel analizler yapılmıştır (Şekil 4.32). Analizler, desenin dolu-boş alanları, bağlantı noktaları ve modülün ağ yapısı ile ilgili çeşitli fikirler sunmuştur.



Resim 4.45. Yezd camiinde, altıgen, üçgen ve yıldızlardan oluşan iç yüzey süslemelerinden bir örnek desen, Yezd, İran, 15.yy

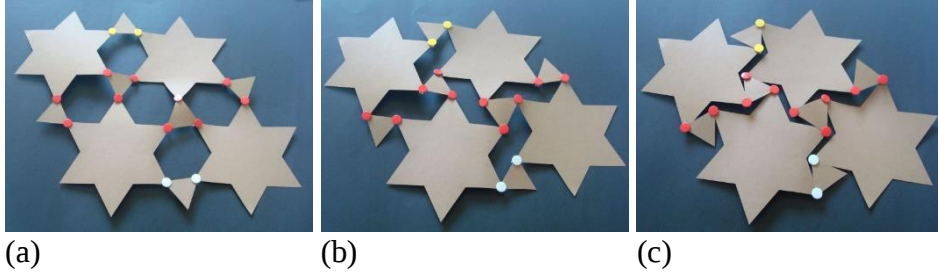


Şekil 4.31. Örnek desenin geometrik çizimi



Şekil 4.32. Üçgen, yıldız ve altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

Yıldız biçiminin karmaşık hareketler oluşturması ve üçgenin sabit bir yapıya sahip olması nedeniyle, bu biçimlerin birlikte çalışmaları düşünülmektedir. Altıgen biçimlerin dolu alan olması sonucunda yıldız ve üçgen birimler boşluk alanları olmalıdır. Böyle bir modülde üçgenlerin sabit birim olmasından dolayı, üçgenlerin üç köşesinden bağlantı kuran altıgenlerin hareket etme olanakları ortadan kalkacaktır. Altıgenlerin boşluk birimleri olarak seçilmesi durumunda o boşluklar kare formu mantığında çalışarak düzenli hareketler ortaya koymaktadır. Boşlukların dört yönlü ağ yapısı sayesinde üçgenler ve altı köşeli yıldızlar geometrik/düzenli hareket oluşturarak yeni geometrik desenlerin oluşumuna zemin hazırlamıştır (Resim 4.46c). Bu modülün, kapalı bir düzlem oluşturması, kapalı mimari yüzeyler sunma açısından, diğer alternatiflere göre avantajlı konuma gelmektedir (Resim 4.46c).



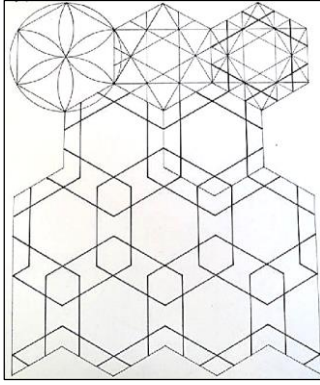
Resim 4.46 (a, b ve c). Örnek İGD panelin hareket dizisi

Mustansiriya medresei, Bagdat, Irak, 13.yy-İGD (12)

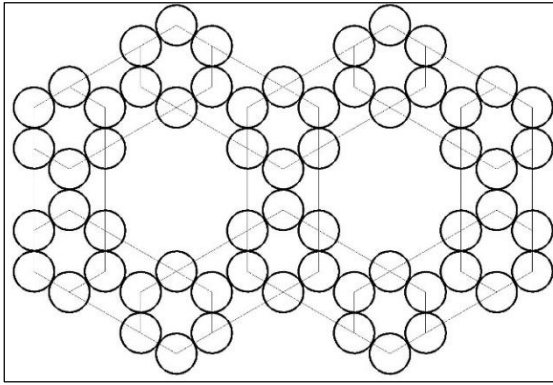
Bağdat şehrinde 13. yy'a ait olan Mustansiriya Medresesi binasının dış yüzey süslemelerinden seçilen bu İGD, diğer desenlerle biçimsel farklılıklar göstermektedir (Resim 4.47). Bu desende, iki farklı ölçüdeki altıgenlerin ortasında konumlanmış kelebek biçimli alanlardan oluşmaktadır. Desenin daha iyi kavranabilmesi için temel yapısının tanımlanması gerekmektedir. Desenin geometrik özelliklerinin açıklanması açısından, İGD esaslı çiziminin hazırlanması önemlidir. Çizim sürecinin takip edilmesi, desenin hareket edebilir bir modüle dönüşmesi için yeni fikirler üretilmesine zemin hazırlanmaktadır. Dolayısıyla ilk aşamada, geometrik çizime dikkat edilmiştir (Şekil 4.33). Bu süreçte, daire biçiminden üretilen farklı boyutlardaki altıgen biçimlerin oluşum süreci yakından incelenmiştir. Sonraki aşamada küresel noktalar yöntemi ile desenin biçimsel özellikleri hareket edebilirlik açısından dikkate alınmıştır (Şekil 4.34). Bu biçim analizi, dolu-boş alanların seçilmesi ve bağlantı noktalarının konumlandırılması açısından yeni fikirler sunmaktadır. Analizler sonrası, kelebek biçimli formlar, dört köşeli boşluk alanlar oluşturabileceğinden dolayı, hareket olanağı sağlayan boş alanlar olarak seçilmektedir. Altıgen formların boş alan seçilmesi durumunda altı köşeli boş alanlar oluşması nedeniyle düzensiz hareket tiplerinin ortaya çıkma ihtimali yükseleceğinden, altıgen birimler dolu alan olarak kabul edilmektedir.



Resim 4.47. Mustansiriya Medresesi dış yüzey süslemelerinden bir örnek desen, Bağdat, Irak, 13. yy. (URL-49)

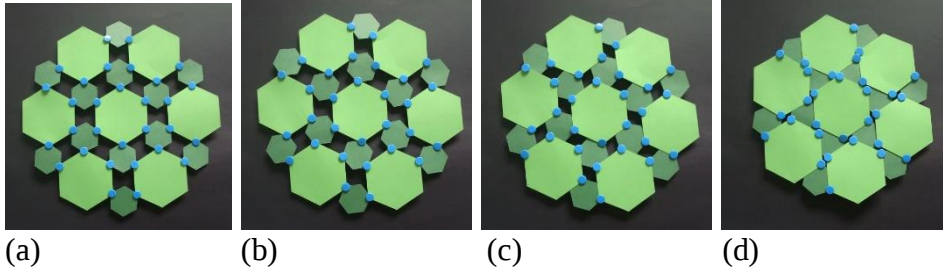


Şekil 4.33. Örnek desenin geometrik çizimi (El-Said and Parman, 1988: 67)



Şekil 4.34. Altıgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

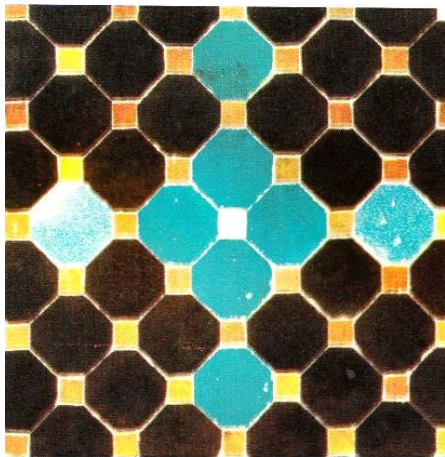
Burada, dolu-boş birimler konumuna karar verilmesi ile birlikte menteşeli/bağlantı noktalarının konumu da eş zamanlı olarak belirlenmiştir. Yani bu sezgisel süreçte, dolu-boş alanlar ve bağlantı noktalarının yerleşimine, birlikte karar verilmiştir. Menteşeler yardımıyla dönen bu modülde, bağlantıların konumu hareketin gerçekleşmesini ve hareket sırasında birimlerin birbirinin yanında nasıl konumlanacağını sağlamaktadır, özetle modülün düzenli veya düzensiz hareketler sergilemesini etkilemektedir. Söz konusu olan kelebek biçimli alanların dört köşeli hareket boşluk oluşturmamasından dolayı, çevresindeki biçimlere hareket olanağı sağlayarak, desendeki iki tip altıgenlerin birleştiği noktalar modülün ağ yapısı (menteşeli noktalar) oluşturmaktadır. Resim 4.48'de bu modülün hareket dizisi görülmektedir, şekilden de belli olduğu üzere, bu modülün biçimsel özelliklerinden dolayı modülün bir köşesinden uygulanan güç etkisiyle tüm modülün birimleri aynı geometrik/düzenli hareket tipini takip etmektedir. Resim 4.48'd'e göre hareketin son aşamasında altıgenlerin iç içe girmesi neticesinde kapalı bir yüzey oluşmaktadır. Kapalı yüzeylerin oluşumu, mimari yüzeyler için pratik alternatif olması açısından bir avantaj sayılabilir.



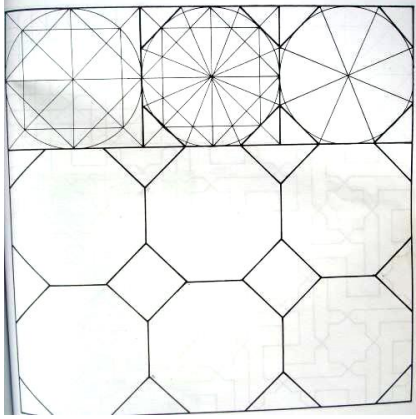
Resim 4.48 (a, b, c ve d). Örnek İGD modülünün hareket dizisi

Şeyh Cebrail türbesi, Erdebil, İran, 17. yy, yarı düzenli {4.8.8}teselasyon-İGD (13)

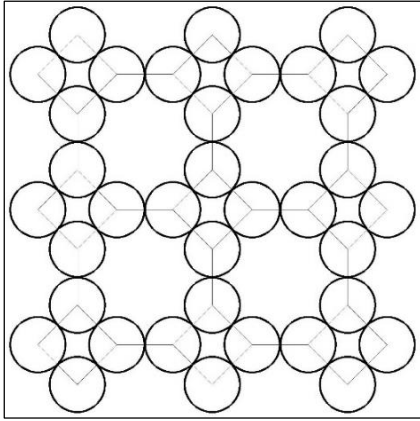
Araştırmanın ilk aşamalarında sadece temel biçimlerden oluşan desenlerin denenmesinin konu edileceği belirtilmiştir. Ancak denemeler sürecinde, diğer desenlerin de farklı hareket tipleri sunabileceği gözlemlenmiştir. Bu modüller, araştırma bulgularını genişletebileceklerinden dolayı deneme listesine alınmışlardır. Buradaki örnek İGD (Resim 4.49), bir {4,8,8} yarı düzenli teselasyon olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.35). Desenin incelemesi ile desenin birbirinin yanında biçimlenen sekizgenlerden oluştuğu ve bu sekizgenlerin ortalarına da, 90 derece dönmüş karelerin yerleştiği belirlenmiştir. İkinci aşamada, bu desen küresel noktalar yöntemi ile analiz edilmiştir (Şekil 4.36). Bu analiz sayesinde boş-dolu alanlar, hareket potansiyeli olan alanların sıklığı ve menteşelenebilir noktalar konumu için çeşitli ipuçları bulunmuştur.



Resim 4.49. Şeyh Cebrail türbesi iç yüz süsömlerinden bir örnek, Erdebil, İran, 17yy. (Maher al-Naghsh, 1983: 53)

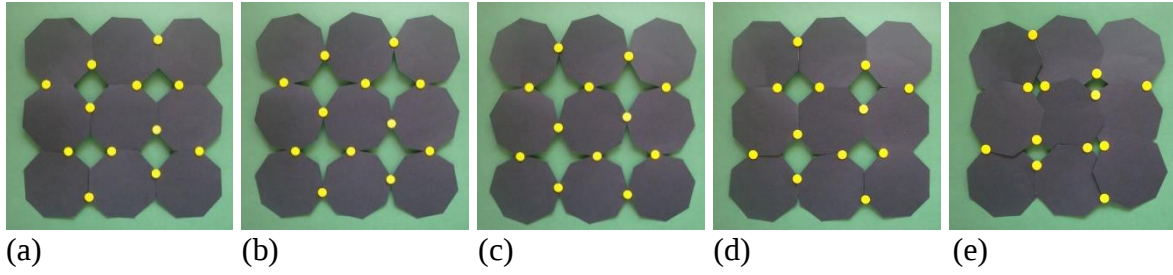


Şekil 4.35. Örnek desenin geometrik çizimi (El-Said and Parman, 1988: 36)



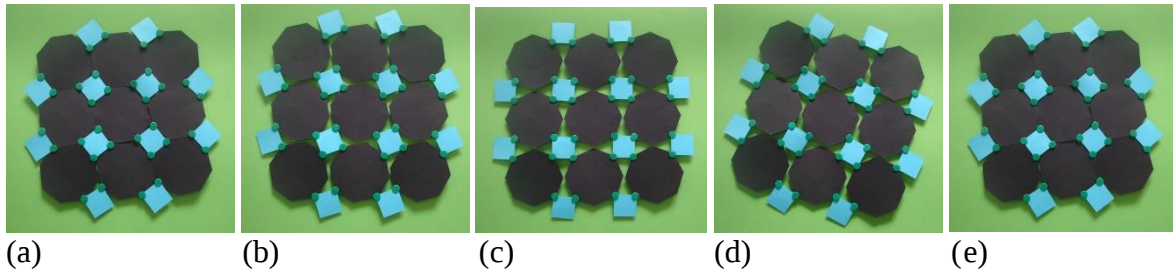
Şekil 4.36. Kare ve sekizgenlerden oluşan desenin küresel noktalar yöntemi ile biçimsel analiz şeması

Desendeki karelerin birbiri ile ortak noktaları olmaması sebebiyle aralarında ağ yapısı kurmaları mümkün değildir (burada ek bağlantı oluşturacak ağ yapısı söz konusu değildir). Bir diğer seçenek olarak sekizgenlerin dolu alanlar (hareketli birimler) ve karelerin boşluk alanlar olarak (hareket sağlayan) belirlenmesi düşünülmüştür. Bu durumda, modülün dörtgen boşlukları, hareket olanağı sağlaması neticesinde, {4.4.4.4} düzenli teselasyonda bulunan hareket davranışları sergilenmiştir. Ancak karelerin boş alan seçilmesi nedeniyle hareketin son aşamasında panelde kare boşluklar oluşmuştur (Resim 4.50d). Ancak hareket dizisinin devamında boş alanların sağladığı olanak nedeniyle birimler iç içe girerek kapalı bir yüzey sunulmuştur (Resim 4.50e).



Resim 4.50 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD panelinin hareket dizisi

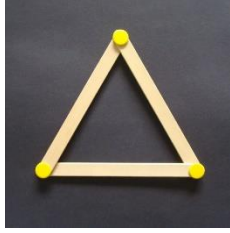
Bir diğer alternatifte, desendeki birimlerin hepsi dolu alanlar (hareketli birimler) olarak düşünülmüştür. Bu alternatifin geliştirilme sürecinde, menteşeli noktaların yerleşmesi, düzenli veya düzensiz hareket sergilemesi açısından etkileyici olmuştur. Küresel noktalar yönteminden elde edilen bir fikirle, tüm noktalar menteşelenir nokta olarak seçilmiş ve resim 4.51a'da görüldüğü gibi kare biçiminin dört köşesi de bağlantı noktaları olarak belirlenmiştir. Ağ yapısı ve birimlerin uyumu sonucunda panelin hareket süreci geometrik/düzenli bir şekilde gerçekleşmiştir. Resim 4.51e'de gösterildiği gibi birimlerin dönmesi sonucunda, panelin ilk aşamadaki (Resim 4.51a) haline dönerek, kapalı bir yüzey oluşmuştur.



Resim 4.51 (a, b, c, d ve e). Örnek İGD' den hareket edebilir panelin hareket dizisi

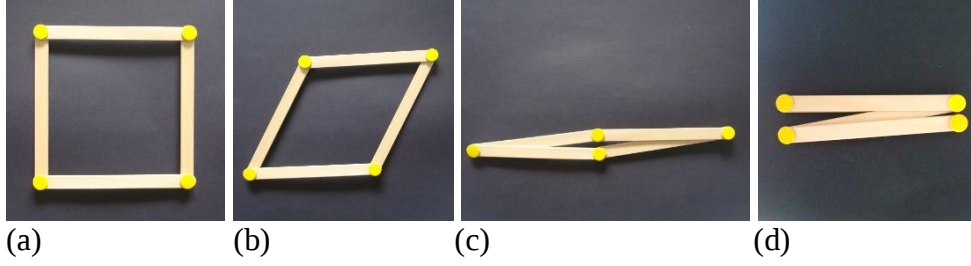
Denemeler sürecinde modüllerin üzerinde uygulanan dış güç etkisiyle oluşan hareketler ve bu hareketler neticesinde ortaya çıkan modül davranışları ve birimlerin kendi aralarında kurdukları etkileşim sonucunda bazı kurallar belirlenmiştir. Bu kuralların başlıcaları aşağıda sırayla açıklanmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar birbirinden ayrı olarak yazılsa da, araştırma sürecinde bir bütün içerisinde ortaya çıkmaktadır. Çünkü bu kurallar bir etkileşim içinde ortaya konulmaktadır. Başka bir deyişle burada belirlenen kurallar özel bir yapının incelenmesi sürecinde ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu kuralların birbirinden ayrı olarak çalışması diğer benzer durumlarda aynı etkiyi yaratmayabilir.

i. Denemeler sürecinde, modüllerin ağ yapısını etkileyen en önemli etkenlerden birisi, boşluk birimleri/biçimleri olarak tespit edilmiştir. Araştırma denemeleri karmaşık formlara kadar uzasa da bu boşlukların biçimsel olarak tanımlanması için sadece temel biçimler üzerinden bir modelleme araştırması yapılmıştır. Analiz edilen bu temel biçimler, başta üçgen, kare ve altıgen olmak üzere ve daha detaylı bir çalışma ortaya konabilmesi için beşgen biçim de konu edilmiştir. Üzerinde deney yapılacak ilk biçim üçgen olmuştur. Biçimlerin içindeki hareket olanakları, köşelerin açı değiştirmesi ile ortaya çıkmıştır. Üçgenin ne tip bir hareket ortaya koyacağını öğrenmek için resim 4.52’de gösterilen menteşeli bir modül hazırlanmıştır. İki başından raptiyelerle birbirine bağlanan 10 cm’lik ahşaplardan oluşan bu makette, üçgenin sabit ve hareketsiz yapı özelliği ortaya çıkmıştır. Çünkü modülün hareket edebilmesi için uygulanan güç etkisinde, modülde her hangi bir hareket gerçekleşmemiştir.



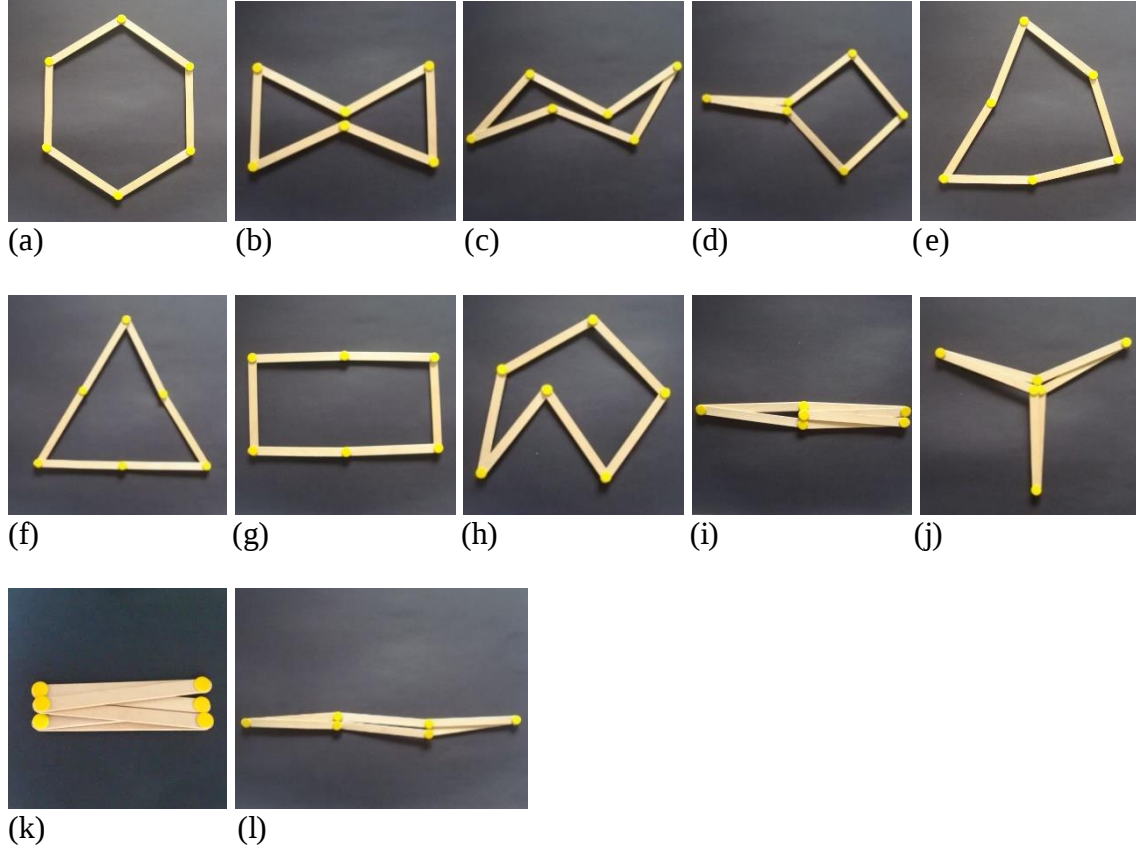
Resim 4.52. Üçgen biçimin modül şeması

İkinci boşluk biçimi olarak, kare biçimi incelemeye alınmıştır. Ahşap ve raptiyelerle oluşan bu dörtgen panelde, dört kenar bir etkileşim içinde düzenli hareket sergilemektedir. Bu düzenli hareket şeması, resim 4.53’te gösterilen dizi gibidir. Resim 4.53d’de gösterildiği gibi, karenin biçimsel özelliklerinden dolayı modülün 0-360 derecelik bir dönme hareketi kabiliyeti vardır. Bu biçimin dört köşeli olması nedeniyle düzenli/geometrik isimlendirdiğimiz hareket tipi, paralel kenarların eşit uzunluğuna bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Bir köşenin dönmesiyle birlikte aynı açı diğerlerine de aktarılarak düzenli hareket dizisinin oluşması mümkün kılınmıştır (Resim 4.53).



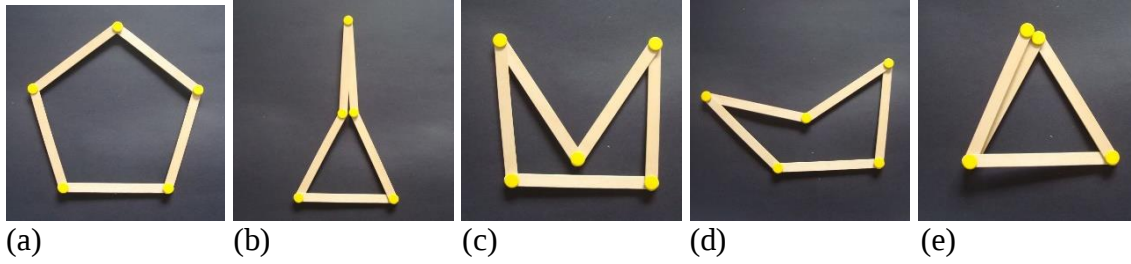
Resim 4.53 (a, b, c ve d). Kare modülünün biçim değiştirme dizisi

Üçüncü deneyde incelemeye alınan biçim, kendi içinde yarattığı hareket tipi açısından çeşitli alternatifler sergilemektedir. Resim 4.54, altıgen biçimin kendi içinde oluşabilecek hareketler alternatiflerini göstermektedir. Modülün hareket ettirilmesi sırasında 12 farklı biçim değiştirme alternatifi saptanmaktadır. Bu alternatiflerin son hali geometrik/düzenli form olarak görülsede, bu formlar kendi içindeki güçlerin aktarımı etkisinde oluşmamaktadır. Çünkü bu biçimler, uygulanan dış güç müdahalesine göre biçimlenmiştir. Altıgenin köşe açılarının 120° olması ve onu oluşturan altı kenarından dolayı düzenli hareketler sergileyememektedir. Bu tip hareketlerin nedeni, modüle aktarılan gücün düzenli bir şekilde köşeler ve kenarlar arasında paylaşılamamasından kaynaklanmaktadır. Altıgenin kendi biçimsel özelliklerine dayanarak oluşturamadığı geometrik hareket tiplerine rağmen, dış kontrol edicilerle birlikte geometrik biçimlerin oluşumu sağlanabilmektedir. Resim 4.54 b, c ve d'ye göre, oluşan bazı değişimlerdeki biçimler yarı düzenli hareketler olarak isimlenebilir. Yarı düzenliden kast edilen durum, modülün bir aşamaya kadar dış kontrol ediciler ve ondan sonra modülün biçimsel özelliğinin etkisinde ortaya çıkan düzenli biçimlerdir. Bu biçimlerin örneği ikili üçgen (Resim 4.54b) ve kare (Resim 4.54d) biçimli boşluk modülleri gibidir. Bu modülde köşeler arası yansıtma potansiyeli olmasından dolayı köşelerin üçlü ve ikili halde birbirinin üzerine oturma kabiliyeti bulunmaktadır. Resim 4.54 i, j, k ve l'de görüldüğü üzere, köşeler üst üste gelerek bir çizgi gibi biçimlenmektedir.



Resim 4.54 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k ve l). Altıgen biçimin, biçim değiştirme alternatifler şeması

Araştırmaya yeni boyutlar kazandırması düşüncesiyle, beşgen biçimin modülü hazırlanarak, üzerinde çeşitli hareket olanaklarının denemesi yapılmıştır. Resim 4.55 bu modülün çeşitli biçimleri ve hareket tiplerini üretme olanaklarını göstermektedir. Şekillerden de belli olduğu gibi, beşgen form kendi içinde geometrik hareket potansiyeli bulundurmamaktadır. Beşgenin oluşturduğu biçimlerin bazılarında üçgen biçimi üretilerek yarı düzenli bir hareket oluşmaktadır. Resim 4.55b ve e’de bu modülün geometrik bir biçim oluşması gösterilse de, oluşan form üçgen olduğundan dolayı hareketsiz bir yapı sergilemektedir. Dolayısıyla bu modülden oluşan teselasyonlarda, üçgen boşlukların ortaya çıkacağı öngörülmektedir.



Resim 4.55 (a, b, c, d ve e). Beşgen biçimin, biçim değiştirme alternatifler şeması

ii. Geometrik hareketlerin oluşumundaki önemli etkenlerden biri, bağlantı/menteşe noktalarının konumudur. Menteşe konumları, hareketi oluşturan boşlukların biçimlerini belli etmektedir, dolayısıyla bu bölümle önceki bölümün kullandığı mantık aynı olmaktadır. Menteşe konumları, boşluk biçimi üretmekte ve boşluk biçimi hareket tipini belirlemektedir. Bu doğrultuda modüllerdeki bağlantı konumları düzenli veya düzensiz hareket tipleri sunmaktadır. Sonuçta bağlantıların yerleşmesi, modülün ağ yapısını oluşturmaktadır.

iii. Düzenli teselasyonlar tek çeşit biçimden oluşurken, yarı düzenli teselasyonların tek biçim tipinden oluşmaması nedeniyle, daha karmaşık modüllerin ortaya çıkması muhtemeldir. Düzenli teselasyonlarda hareket edebilirlik deneyleri sadece menteşeli noktaların konumlandırılması ile sonuçlanmaktadır. Ancak yarı düzenli teselasyonların birçoğunda, dolu-boş alanlar seçilmeden hareket gerçekleşmemiştir. İki veya üç farklı biçim türünden oluşan bu teselasyonlar, dolu-boş alanların seçilmesi neticesinde düzenli veya düzensiz hareket tipleri sergilemektedir.

iv. Bu araştırma İGD ve teselasyon esaslı örüntülerin hareket edebilirliği için sadece birimler arasındaki tak noktalı bağlantı tipini kullanmıştır. Anacak deneyler sırasında ek bağlantı etkisi ile düzenli hareket oluşturabilen modüller için önerilerde bulunmuştur.

v. Modüllerin ve onları oluşturan birimlerin ölçeği ve boyutu bu araştırmayı etkilemektedir. Bu konunun dikkate alınması ile birlikte, malzeme türü gibi bilgilerin de araştırmaya eklenmesi durumunda, araştırmanın biçimsel amacına hizmet etmesine engel olacağı düşünülmektedir.

vi. Bir mimari yüzey için alternatif oluşturmayı hedefleyen bu çalışmada modüllerin kapalı olması daha çok benimsenmektedir. Modüllerin hareket dizisi sonucunda bazen kapalı,

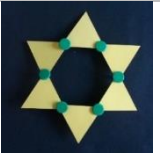
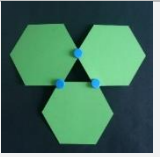
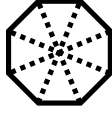
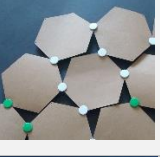
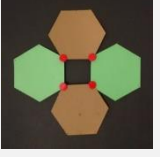
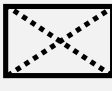
bazen de açıklık oluşturan düzlemler ortaya çıkmaktadır. Kapalı düzlemin oluşturabilmesi için dolu-boş alanlar olarak isimlendirilen birimlerin biçimi ve onların kombinasyonuna dikkat edilmektedir. Mesela düzenli teselasyonların biçimsel özelliklerinden dolayı, onların hareket dizisi sonunda kapalı yüzeyler oluşmaktadır (bağlantı noktalarının doğru konumlandırılması koşuluyla). Ancak yarı düzenli teselasyonlarda, açıklık oluşturan düzlemlerin ortaya çıkması muhtemeldir.

vii. Düzenli hareketler, kendi biçimsel özelliklerine dayanarak bir harekete getirecek güç uygulaması ile oluşmuştur veya yardımcı birimler/bağlantılar etkisi ile düzenli davranışlar sergilemesi mümkün olmuştur. Örneğin karelerden oluşan “4,4.4,4” isimlendirilen teselasyon, biçimsel özellikleri ve bir noktadan gelen güç etkisiyle geometrik davranışlar sergilerken, üçgenlerden oluşan “3,3.3,3.3,3” isimli teselasyonda, oluşan boş alanların biçimsel özelliklerinin etkisinden dolayı düzenli hareketler oluşturmaları ek bağlantıların kullanılması gerektirmiştir.

viii. Bazı İGD hareket dizisinde yeni İGD’lerin ortaya çıktığı tespit edilmektedir. Böylelikle bu araştırmadaki yöntem, kendi amacına hizmet etmesinin yanında yeni İGD’lerin tasarımı için de kullanılabilir olmaktadır.

Deneyler sürecinde elde edilen bilgilerin bazıları deney koşullarına göre değişebilir ve bazıları geometrik özelliklerden kaynaklandıkları için kesin bilgiler aktarmaktadırlar. Teselasyon ve İGD temelli modüller ve panellerin hareket edebilirliğinden elde bu sabit bilgilerin özeti çizelge 4.1’de gösterilmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi, modüller, hareketi oluşturan boşluk birimlerin köşe sayısı ve biçimi, hareket tipi (düzenli veya düzensiz) ve hareket sayısı gibi başlıklar altında tasniflenmektedir. Bu sınıflandırma, desen birimlerin hareket edebilirliğini, birimlerin arasında oluşan boşluğun geometrik özelliğine dayanarak gerçekleştirmektedir. Başka bir ifade ile bu sınıflandırma, hareketi sağlayan orta boşluğun esas rolünden dolayı boşluk birimlerin biçimine göre düzenlenmiştir.

Çizelge 4.1. Desenlerin hareket tipi ve sayısına göre sınıflandırması

Teselayon türü	Sabit birim türü	Kombinasyon	Merkez boşluğun köşe sayısı	Köşeler ve ağırlık merkezi şeması	Tespit edilen hareket sayısı	Hareket tipi (düzenli/düzensiz)
Düzenli 4.4.4			4		Çift hareket	Düzenli
Düzenli 3.3.3.3.3.3			6		Çoklu hareket	Düzensiz
Yarı Düzenli 3.6.3.6			4		Hareketsiz	Sabit
İGD			8		Çoklu hareket	Düzensiz
Düzenli 6.6.6			4		Çift hareket	Düzenli
Yarı Düzenli 3.4.6.4			4		Çift hareket	Düzenli
-			4		Çift hareket	Düzenli
İGD			6		Çoklu hareket	Düzensiz
Yarı Düzenli 4.8.8			4		Çift hareket	Düzenli

5. SONUÇ, ÖNERİLER VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışma, modelleme yöntemi ile deneysel bir süreç takip ederek, hareket edebilir yüzeyler oluşturmak için İGD'leri bir araç olarak değerlendirmeyi hedeflemiştir. Bu amaca ulaşmak için mimarlık eğitiminde “yaparak öğrenme” kavramı ile tasarlanan deneysel modelleme, araştırmanın yöntemi olarak kabul edilmiştir. Tasarım sürecinde, keşfederek ve deneyerek çeşitli prototipler üzerinden “hareket eden modüller ve paneller” için hareket kurallarının çıkarılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın somut beklentisi, açılabilir-kapanabilir yüzey tasarımı ve üretimidir. Bu somut amacın arka planı, doğa ile uyumluluk sağlayan bir kinetik yüzey oluşturma olarak öngörmektedir. Bu doğrultuda, yeni ve yaratıcı kinetik yüzeyler oluşturmak için İslamiyet dönemi mimarisin doğayla uyumlu bir mimari tarzı olduğu varsayımıyla, söz konusu dönem mimarisi bir esin kaynağı olarak kabul edilmiştir. Böylelikle araştırmanın temelinde iklimsel koşulları düşünerek tasarım yapmak bulunmaktadır. Çevresi ile uyumlu yüzeylerin tasarımı için dönüştürülebilirlik kavramı ile mimaride duyarlı cepheler tasarlanmaktadır. Günümüz mimarlığının duyarlı sistemlere doğru yönlenmesi ve bu kavramın binalara adapte edilmesi açısından, cephenin önemli bir bina bileşeni olduğu anlaşılmıştır. Çevresel koşullara tepki veren dönüştürülebilir bina yüzeylerinin uygulanması, sürdürülebilir bina/çevre oluşumu için yardımcı olabilecek en etkin yollardan biri olarak görülmektedir. Bu sistemler manuel ve dijital olmak üzere geliştirilmiş sensörler aracılığı ile çevre koşullarını ölçerek cephedeki biçim ve renk değişimlerini kontrol edebilmektedir.

Dönüştürülebilirlik kavramına göre çalışan bir bina yüzeyi, mimari ve yapısal olarak binanın istenen işleyişini sağlamak için dikkatle planlanmış bir yönetim ve bakım sistemi gerektirir. Bununla birlikte dönüştürülebilir mimaride, yapının tekrar tekrar açılması ve kapanmasını sağlayan dönüşümün doğası gereği, yapısal bileşenlerin düzgün ve güvenilir hareketini sağlamak için durumuna uygun düzenlemeler uygulanmalıdır. Bu nedenle seçilen detaylandırma ve bakım yönetimi stratejileri, dönüşüm sürecinde hem açık hem de kapalı durumlarda yapının etkin ve verimli çalışması dikkate alınmalıdır. Bu sistem aynı zamanda projenin inşaat, işletme maliyetleri ve bakım maliyetlerini de dikkatle değerlendirmelidir.

Temelinde, İslami örüntülerden yenilikçi tasarım olanakları yaratma düşüncesinde olan bu

çalışma, İGD'ler ve origami sanatı arasında bir sentez oluşturmaya çalışmıştır. Çünkü biçimlerin optimize tasarımı için origami sanatının teselasyonlara yardım edebilecek potansiyeli bulunmaktadır. Bina kabuğunda değişim gereksinimi ve hareketli bileşenlerin, katlanır yapı, menteşe benzeri konektörler vasıtasıyla birbirine bağlanan panellerden oluşması, çalışmanın temel fikri olmuştur. Dolayısıyla ilk aşamada, bu amacı gerçekleştirmek için origami sanatı ve İslami desenlerin sentezi düşünülmüştür.

Çalışmada, origami sanatının matematiksel boyutlarından alınan sonuçlarla bir tasarım aracı/sistemi oluşturulmuştur. Öte yandan İslamiyet dönemi mimarisini irdelenmekle birlikte İGD'lerin optimize edilmiş geometrik formlar olmasından dolayı bir yüzey tasarımı için ilham kaynağı olabilecekleri anlaşılmıştır. Desenleri oluşturan şekiller, noktalar, çizgiler, düzlemler veya bu üç öğenin birleşimiyle ortaya çıkan öğeler olabilmektedir. Bu çalışmada üçgen, kare ve altıgen gibi temel biçimlerden oluşan desenler arasından seçilen örnekler AutoCAD programı desteği ile çizildikten sonra küresel noktalar yöntemi ile hareket edebilirlik açısından biçimsel olarak analiz edilmiştir. Küresel noktalar yöntemi kullanılmasının nedeni, bu yöntemde dairelerin tekrarlanması sürecinde desenlerin biçim gramerlerine uyum sağlamasından dolayıdır.

İGD'nin, hareket edebilir yüzeye dönüşme potansiyelini tanımlamak için alternatif bir yöntem oluşturulmasından ziyade, davranışını anlamanın daha yararlı olacağı düşünülmüştür. Dolayısıyla desen geometrileri çalışmasında bu tip hareketlerin kavranması için, üretken bir süreç olarak, origami teselasyonları izlenilmiştir. Öte yandan bu yöntemin kullanılmasıyla birlikte, deneysel olarak oluşturulmuş modüller, kullanılan teknikler arasındaki farkları göstermiş ve yeni model tasarım sürecinde şekillerin nasıl ortaya çıktığı hakkında yeni fikirler vermiştir. Örneğin bu modüllerin hareket sırasında yeni alt biçimleri ortaya çıkabilmektedir. Bir diğer açıdan, denemelerle elde edilen fikirler desenlerin hareket edebilirlik özelliklerinin ve bir ağ yapısının nasıl oluşup dönüştüğünü açıklamaktadır.

İslami geometrik örüntülerin basit ve karmaşık geometrileri aynı zamanda kendi içinde bulundurduğu için çalışmanın geometrik desen girdilerini oluşturmaktadır. Bu geometrik desenlerin Öklid tabanlı oldukları için anlaşılır bir geometri mantığını sunmaktadır. Ancak Öklid geometrisinden başlayarak modern çağda gelişen parametrik mimari yüzeylerin geometrisine kadar bir yelpazeyi kapsamaktadır. Son gelişmelerde ise bilgisayar yardımıyla mimari tasarımların, karmaşık geometri ve matematiğin hesaplarıyla uğraşmadan bu

karmaşık görünen geometrilerin (cebirsel geometri, diferansiyel geometri, fraktal geometri ve topolojik geometri gibi) sonuç ürünlerine varmasını kolaylaştırmıştır. Bu geometrilerin kullanılmasının kolaylaşması sonucunda yaratıcı mimari formlar ortaya çıkmıştır.

Tasarımda kullanılacak desenler tek bir şekilden türemeyip, zengin alternatifler oluşturabilmesi için farklı desenler ve teselasyonlar ile türetilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında iki yönde gelişen şekillerin üç boyutta türeme yöntemleri de araştırılarak çok katmanlı tasarımların yapılabilmesine de olanak sunmaktadır. Araştırma girdilerindeki teselasyon birimleri ister tekli, çiftli veya çoklu birimlerden oluşsa da, ancak birbirlerinin aynısı olmak zorundalardır. Ayrıca birleştirici mantığı kaybetmeden parametrik modülleri üretmek için daha farklı girdilerin de olabileceği bir araştırmaya olanak sağlayabilir.

Tasarım sürecinde elde edilen sonuçların, farklı yüzeylerde kullanılması düşünülmektedir. Dolayısıyla bu araştırmada, farklı yüzeylere adapte olabileceği için iki boyutlu geometrik örüntülerin tasarım süreci ve onun menteşeli forma çevrilmesiyle arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu vesileyle araştırma konusu, örnek desenlerin menteşeli bir şekilde hareket etme potansiyellerini bulmak olarak belirlenmiştir.

Çalışma sonuçları net bir kinetik mimari yüzey tasarımı sunmasa da, bundan sonraki çalışmalarda geliştirilebilecek kinetik mimari yüzeyler için bir altlık oluşturmaktadır. Ancak bu yüzeylerin oluşturabileceği mimari mekan duygusu tam net bir şekilde ortada olmasa da bulunduğu binalarda, kullanıcılarına sunduğu yarı saydam mekan duygusu öngörülmüştür. Bir başka ifade ile mekan duygusunu oluşturabilmek, çalışmanın önem verdiği hususlardan biri olarak hareket edebilir panellerin oluşum sürecinde etkileyici olmuştur.

Prototiplerin malzeme özellikleri, modelleme türüne göre seçilmektedir. Araştırmada üretilen maketler, gerçek dünyada bulunan mimari yüzeyler için açılıp-kapanabilir yüzeylerin form bulma sürecini takip ettiğinden dolayı küçük ölçekte form oluşturma imkanları yaratabilen malzemelerden seçilmiştir. Diğer taraftan, seçilen malzemelerin dayanımı ve birbiri ile uyum içerisinde çalışmaları ve rahat bir şekilde uygulanması bakımından malzeme seçimi önemli olmuştur. Bu amacın gerçekleşmesi doğrultusunda, hareket edebilir yüzeylerin modellemesi için ince karton kağıtlar, birimleri temsil etmekte birlikte, birimlerin birleşmesi küçük metal raptiyeler ile sağlanmıştır. Böylelikle beklenen dönme hareketi gerçekleşmiştir. Araştırmadan beklenen amaç doğrultusunda seçilen

malzemelerin özelliğinden dolayı panellerin insan eli ile rahat bir şekilde hareket ettirmesini düşünerek maketler küçük ölçekte hazırlanmıştır. Modellemenin 1:1 ölçeğinde yapılmamasının nedeni, araştırmanın çok sayıda deneme ile alteranatifler oluşturabilmektir.

Araştırmanın diğer önemli boyutu, mimari proje ve inşaat sürecinde önceden üretilmiş elemanların (prefabricated) katkısını daha aktif bir duruma getirmesidir. Proje yaygın bir şekilde endüstride uygulanabileceğinden, kolayca üretilen ve taşınabilen iki boyutlu yüzeylerden üç boyutlu yapıları inşa etmenin yeni yollarının bulunmasına kadar katkı sağlamaktadır. Bu tekniğin kullanılmasıyla, yapı malzemelerinde tasarruf, dijital üretim planlamasında verimlilik ve montaj ve yapım için sistematik bir yöntem kullanımının belirlenmesi gibi amaçlara da ulaşılabilecektir.

Deneysel strüktürlerin üretimi için de örnek olabilecek bu çalışmada, modüler birimler bir deneysel süreç içinde demonte edilebilir yüzey strüktürleri oluşturabilir. Dijital veya reel ortamda yapılabilecek bu yapılarda, ardındaki matematiksel oluşumdan dolayı parametrik yapıların ortaya çıkması muhtemeldir. Parametrik yüzeylerin farklı birimlerden oluşması nedeniyle, bu türden birimlerden oluşan strüktürlerin tasarımı, parametrik yüzeyler ve sayısal tasarım için bir girdi olabilir.

Önemli hususlardan biri, deneysel tasarım/üretimlerin disiplinler arası olması nedeniyle işbirlikçi yaklaşımın daha fazla benimsenmesidir. Ekip çalışmalarına önem veren bu tarz çalışmalarda, profesyonel mimari tasarım ekiplerin elde ettikleri sonuçları daha da güvenilir, hatasız ve hızlıca sonuçlanmasına olanak vermektedir. Bu verimliliğin mimari eğitim süreci için de geçerli olduğu açıktır. Farklı bilim dallarında eğitim alarak ancak bir bilim dalında daha fazla yoğunlaşmak ve çeşitli bilim dallarındaki uzmanların birlikte çalışmanın izleri, İslamiyet'in ilk dönemlerinde (Abbassiler dönemi) bulunan Beyt'ül Hikmetlerde²³ aranabilir. Bu tarz bilimsel çalışmalar, son zamanlardaki bilimsel çalışmalarda da ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada bir ekip çalışması gerçekleşmese de farklı disiplinlerin sentezi içerisinde oluşan bir süreç izlenmiştir.

Bu çalışmada takip edilen form bulma yönteminin, mimari eğitim sürecine de çeşitli katkılarda bulunabileceği düşünülmektedir. Örneğin bu çalışmada oldukça basit ve elverişli

23 Beytül Hikmet, Abbassiler tarafından, 800'li yılların başında, Bağdat şehrinde kurulan kütüphane ve çeviri merkezinden oluşan bir bilim merkezidir.

malzemelerin kullanmasının yanı sıra eğitici bir süreç ile kâğıtların katlanmasıyla birlikte yeni formların katlanma potansiyeli ortaya çıkmıştır. Bu yaratıcı form bulma süreci, mimari eğitimindeki yaparak öğrenme metodu sayesinde gerçekleşmektedir. Ancak bu çalışma, tasarım sürecinin dijital ortamda başlamadan önce, gerçek ortamda çalışmak daha verimli ve amacına yönelik form bulma sürecinin oluşmasını öngörmektedir. Ayrıca mimarlık eğitiminde deneysel tasarım yöntemleri ile öğretilen geometri kavramları, mimari öğrencilerine kullanışlı ve unutulmaz olmasının yanı sıra yaratıcı formların oluşumu için zemin sağlamaktadır. Bunun örnekleri çeşitli başarılı mimari okullarındaki kolektif çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin, Joseph Albers²⁴, Bauhaus hazırlık sınıfında origami yöntemler kullanarak öğrencilerine geometri ve yapı arasındaki ilişkiyi kurabilecekleri çalışmalar yaptırmıştır. Özetle, böyle pratik mimari eğitim yöntemleri ile mimarlık öğrencilerinin aktif bir şekilde katkıları sağlanarak daha verimli sonuçlar elde edilebilir.

Bu araştırma şimdiki durumuyla bile geometri ve mimarlık ilgisini araştıran araştırmacılar için potansiyel bir veri sağlamaktadır. Başka bir ifade ile, burada bulunan araştırma sonuçları, konuyla ilgili diğer araştırmacılar tarafından kendi tasarımlarına entegre edilebilir ve bulunan sonuçlar yorumlanarak yeni araştırma konularının ortaya çıkmasına olanak verebilir.

Bu araştırmanın devamında iki aşamalı bir araştırma süreci ön görülmektedir. İlk aşamada, İslamiyet dönemi mimarisinde bulunan mukarnas elemanının incelenmesi planlanırken, ikinci aşamada ise toplanan verilerin hesaplamalı bir ortam içerisinde analizinin yapılması ve sonuçlandırılması düşünülmektedir. Yapılan araştırma üç boyutlu formların oluşumu için yeni bilim-sanat dallarından yardım alsa da, eski İslamiyet dönemi mimari üslubunun üç boyutlu biçimlere sahip olduğunun da bilincindedir. Mukarnas, İslamiyet dönemi mimarisini yansıtan ve onun tanımlayıcı bir ögesi olan elemanıdır. Mukarnas yüzeyler, iki boyutlu desenlerin üç boyutluya dönüştürülmüş hali sayılırlar. Başka bir deyişle, İslam sanatı, iki boyutlu/poligonal İGD'leri kendi çizim yöntemleri ile polihedral formlara dönüştürmüştür. Bu çalışmanın devamında Mukarnas tasarım yöntemleri yardımıyla yeni mimari kabuk alternatifleri oluşturulabilir. Diğer taraftan mukarnas ve origami arasındaki üç boyutlu form oluşturma aracı olma açısından benzerliklerin bulunması nedeniyle, araştırmanın amaçladığı sonuçların gerçekleşeceği düşünülmektedir.

24 Josef Albers (1888 - 1976) Avrupa'da ve ABD'de çalışmaları olan Alman doğumlu bir Amerikalı sanatçı ve eğitimciydi. Yirminci yüzyılın modern sanat eğitimi programlarının temelini oluşturdu.

Yeni formların oluşturulması modern teknolojiler için bir başarı olarak düşünölebilir. Gelecek çalışmalarda bu modelleme çalışmaları temel alınarak onların tasarım sürecinin hesaplamalı yöntemlerle yürütölmesi planlanmıştır. Hesaplamalı yöntemler sayesinde biçimsel dönüşömler bir bilgisayar programı aracılığıyla daha da kontrol edilir hale gelebilmiştir. Mimari yüzeylerin bu şekilde tasarlanmasının günümüz mimari ve inşaat alanında önemsenen “yapı bilgi modellemesi” sisteminde, verimli bir tasarım ve yapı süreci içinde bir konum bulması beklenmektedir. Bir diğör açıdan bu biçimsel dönüşömlerdeki amaç, doğaya uyumlu mimari formlar üretebilmektir. Doğaya uyumluluk ve araştırma konusunun kesiştiğı noktalardan biri, binalarda gerektiğı kadar gün ışığından yararlanmaktır. Özetle, gelecekteki çalışmalar, binalarda uygun gün ışığı sağlamak için morfolojik parametreler dizisine göre kategorize edilmiş farklı kinetik origami tabanlı gölgelendirme ekranlarını elde etmek amacıyla kurgulanabilir.

KAYNAKLAR

- Ahmad Al Ajlouni, R. (2005). *Development and Evaluation of a Digital Tool for Virtual Reconstruction of Historic Islamic Geometric Patterns*. Doctor Thesis, Texas A&M University, Texas, 10.
- Alani, M. (2018). *Computational Investigation of The Morphological Design Dimensions Of Historic Hexagonal-Based Islamic Geometric Patterns*. Doctor Thesis, Clemson University, The Graduate School of Clemson University, Clemson, 13, 24.
- Al-Sayegh, A. (1998). *Developing an Islamic Geometric Design Course for the Department of Art Education at the College Ofbasic Education in Kuwait*. Doctor Thesis, University of Maryland, Maryland, 8, 25, 28, 30.
- Asefi, M. and Foruzandeh, A. (2011). Nature and Kinetic Architecture: The Development of a New Type of Transformable Structure for Temporary Applications. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 5(6), 513-526.
- Atatürk, M. (2006). *Geometri kılavuzu*. İstanbul: Örgün Yayınevi, 17.
- Atawula, A. (2016). *Bioinspired Kinetic Architecture and Adaptive*. Master Thesis, Yıldız Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İstanbul, 50-51.
- Barrios, C. and Alani, M. (2015). *Parametric Analysis in Islamic Geometric Designs*. CAAD Futures 2015-16th International Conference, São Paulo, 301-322.
- Bilget, S. (2015). *Konfeksiyonda Simülasyon Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi*. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 6.
- Bonner, J. (2017). *Islamic Geometric Patterns*. New York: Springer, 50.
- Broug, E. (2012). *İslam Sanatında Geometrik Desenler*. İstanbul: Klasik, 7-8, 13-15 ve 34-36.
- Burckhardt, T. (2009). *Art of Islam, Language and Meaning*. London: World of Islam Festival Pub Co, 68.
- Buri, H. U. (2010). *Origami - Folded Plate Structures*. Doctor Thesis, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, 23, 25-26.
- Buri, H. and Weinand, Y. (2008). *Origami – Folded Plate Structures, Architecture*. In The Proceeding of 10th World Conference of Timber Engineering, IBOIS-CONF-2008-021, Miyazaki, Japan.
- Casale, A., Valenti, G. and Calvano, M. (2016). *From Origami to Folded Surfaces. Representing Moving Forms*. In Proceedings of the 17 th International Conference on Geometry and Graphics, Beijing Institute of Technology, China, 1-11.

- Chu, C. and Kok Keong, C. (2017). *The Review on Tessellation Origami Inspired Folded Structure*. American Institute of Physics (AIP) Conference, Melville, 1-8.
- Cordan, Ö. (2002). *Mimari Formun Kavramsal Analizi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Critchlow, K. (1969). *Order in Space*. New York: Thames and Hudson, 75.
- Critchlow, K. (1976). *Islamic Patterns*. London: Thames nad Hudson, 10-13, 24-25, 34, 70, 78, 79.
- Currie, N. and Fenci, G. (2017). Deployable Structures Classification: A review. *International Journal of Space Structures*, 32(2), 112-130.
- Dabbour, L. (2012). Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research*, 1(4), 380-391.
- Dalağan, V. (2012). *Yıldız Geometrik Örüntülerin Biçim Grameri Yöntemleri İle Kurallı Üretimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enistitüsü, İstanbul, 18, 20.
- De Temmerman, N., Alegria Mira, L., Vergauwen, A., Hendrickx, H. and De Wilde, W. (2012). *Transformable Structures in Architectural Engineering*. High Performance Structure and Materials VI, WIT Press, Southampton, 457-468.
- Demaine, E. and O'rourke, J. (2007). *Geometric Folding Algorithms Linkages, Origami, Polyhedra*. New York: Cambridge University Press, 222.
- Demiriz, Y. (2004). *İslam Sanatında Geometrik Süsleme*. İstanbul: Yorum Sanat ve Yayıncılık.
- Elkhayat, Y. (2014). Interactive Movement in Kinetic Architecture. *Journal of Engineering Sciences Assiut University Faculty of Engineering*, 816-845.
- El-Said, I. and Parman, A. (1988). *Geometric Concepts in Islamic art*. Kent: Scorpion Publishing, 24, 36, 55, 59, 67, 69, 72, 98, 99.
- Erzen, J. (2007). Islamic Aesthetics: An Alternative Way to Knowledge. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 65(1), 69-75.
- Fathauer, R. (2015). *Real-World Tessellations*. Mathematical Connections in Art, Music, and Science Conference, Bridges, Maryland, 107-112.
- Foster, S. (2004). *İslam + Architecture*. West Sussex, United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd, 120.
- Frederickson, G. (2002). *Hinged Dissections: Swinging and Twisting*. Cambridge: Cambridge University Press, 117-118.

- Gazi, A. (2010). *A Method to Design Kinetic Planar Surface with Mathematical Tessellation Techniques*. Master Thesis, İzmir Institute of Technology, Graduate School of Engineering and Sciences, İzmir.
- Gönenç Sorguç, A. (2016). Tasarım Odaklı Düşünce. *Odtülü*, Haziran-Aralık, 36-38.
- Gönenç Sorguç, A., Hagiwara, İ. and Arslan Selçuk, S. (2009). Origamics in Architecture: A Medium of Inquiry for Design in Architecture. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 26(2), 235-247.
- Graber, O. (1988). *İslam Sanatının Oluşumu*. (Çev. N. Yavuz), İstanbul: YKY, 183.
- Groat, L. and Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*. New Jersey: Wiley, 283, 296.
- Groat, L. and Wang, D. (2013). *Architectural Research Methods*. New Jersey: Wiley, 349, 360, 363, 365.
- Grünbaum, B. and Shephard, G. (1986). *Tilings and Patterns*. New York: W. H. Freeman and Company, 3.
- Hasol, D. (2014). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: YemYayın, 108, 230, 511.
- Hemmerling, M. (2010). *Origamics*. 5th International Conference Proceedings of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD), Morocco, 89-96.
- Herzog, T., Krippner, R. and Lang, W. (2004). *Facade Construction Manual*. Basel: Birkhäuser, 20.
- Hofstadter, D. (2011). *Gödel Escher Bach*. (Çev. E. Akça ve H. Koyukan), İstanbul: Pinhan, 68.
- Hull, T. (2002). *Origami3*. Massachusetts: CRC Press, 121.
- İlersoy, Z. and Pekdemir Başeğmez, M. (2018). Conceptual Research of Movement in Kinetic Architecture. *Gazi University Journal of Science*, 31(2), 342-352.
- İnternet: Uniqueness Through Hand Embossing: A Vibrant Interplay of Light and Shadow. URL-1: <https://www.archdaily.com/900648/uniqueness-through-hand-embossing-a-vibrant-interplay-of-light-and-shadow/5b893fa6f197cca2e20003b7-uniqueness-through-hand-embossing-a-vibrant-interplay-of-light-and-shadow-image>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.
- İnternet: A Playful Geometric Facade. URL-2: <http://www.surfacesreporter.com/articles/10270/a-playful-geometric-facade>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.
- İnternet: Beautiful Geometric Facade Protects King Fahad National Library from the Hot Saudi Sun. URL-3: <https://inhabitat.com/beautiful-geometric-facade-protects-king->

fahad-national-library-from-the-hot-saudi-sun/, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Responsive Building Skin Systems. URL-4: <https://www.e-architect.co.uk/concept/adaptive-skins>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Geometry. URL-5: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Architecture, Geometry, and the Vitruvian Man. URL-6: <https://www.thoughtco.com/geometry-and-architecture-178081>, adresinden 15 Haziran 2019'da alınmıştır.

İnternet: Golden Ratio Golden Proportion Vector İmage. URL-7: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/golden-ratio-golden-proportion-vector-1316179>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Leonardo da Vinci (1452-1519). URL-8: <http://www.dogubatiposter.com/vitruvius-adami-leonardo-da-vinci>, adresinden 15 Haziran 2019'da alınmıştır.

İnternet: Leonardo Da Vinci's Vitruvian Man Explained. URL-9: <https://owlcation.com/humanities/Leonardo-Da-Vincis-Vitruvian-Man-Explained>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Modern Mimarlığın Başyapıtı "Modulor". URL-10: <http://www.arkitera.com/haber/23088/modern-mimarligin-basyapiti-modulor-nihayet-turkce1>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Geometry. URL-11: <http://www.learnersdictionary.com/definition/Geometry>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Euclidean geometry. URL-12: <https://www.britannica.com/science/Euclidean-geometry>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Geçmişten Günümüze Geometri Öğretimi ve Öklid Dışı Geometrilerin Öğretimdeki Yeri ve Önemi. URL-13: <http://www.matder.org.tr/gecmisten-gunumuze-geometri-geometri-ogretimi-ve-oklid-disi-geometrilerin-ogretimdeki-yeri-ve-onemi/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: The Return of the Scottish Solids. URL-14: <http://www.neverendingbooks.org/?s=platonic>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Basic Design Principles. URL-15: http://www.sigd.org/wp-content/uploads/Shah_Nematollah_Vali_Shrine_08.jpg, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: An Introduction to Hexagonal Geometry. URL-16: <https://hexnet.org/content/hexagonal-geometry>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Art of the Islamic World. URL-17: <https://www.metmuseum.org/learn/educators/curriculum-resources/art-of-the-islamic-world>, adresinden Haziran 2019'da alınmıştır.

İnternet: Gallery. URL-18: <http://www.sigd.org/wp-content/uploads/natanz.jpg>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Gallery. URL-19: <http://www.sigd.org/wp-content/uploads/agra2.jpg>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Basic Design Principles. URL-20: <http://www.sigd.org/resources/basic-design-principles/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Tessellation. URL-21: <http://mathworld.wolfram.com/Tessellation.html>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Some Tilings on Regular Grids. URL-22: <http://www.mathrecreation.com/2016/05/some-tilings-on-regular-grids.html>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Tessellations. URL-23: http://www.csun.edu/~lmp99402/Math_Art/Tesselations/tesselations.html, adresinden 15 Haziran 2019'da alınmıştır.

İnternet: Tessellation. URL-24: <https://www.mathsisfun.com/geometry/tessellation.html>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: What are Stomata? URL-25: <https://www.quora.com/What-are-stomata-1>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: How is a Plant Experiencing a Water Shortage Connected to the Way a Guard Cell Works. URL-26: <https://socratic.org/questions/how-is-a-plant-experiencing-a-water-shortage-connected-to-the-way-a-guard-cell-w>, adresinden Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Shaping up with Tessellation. URL-27: <https://nrich.maths.org/2577>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Dali Museum to Showcase Works of M.C. Escher. URL-28: <http://valeriekalfrin.com/wp-content/uploads/2015/11/Escher.jpg>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: World Space Week – Origami and Space Research. URL-29: <http://blog.scientix.eu/2018/10/world-space-week-origami-and-space-research/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: The Air Force Academy Cadet Chapel. URL-30: <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/the-air-force-academy-cadet-chapel>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Model and Scale | FOA—Yokohama Terminal Paper Model (1994) | 3145720. URL-31: <https://medium.com/@nghinghiem04/model-and-scale-foa-yokohama-terminal-paper-model-1994-3145720-94d2cd28c1f>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Cardboard Tents Distributed to Brussels Homeless People (Brussels). URL-32: <https://tech2.org/belgium/cardboard-tents-distributed-to-brussels-homeless-people-brussels/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Light Responsive Origami Facade. URL-33: <https://www.behance.net/gallery/19085985/Light-Responsive-Origami-Facade>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: The Ancient Art of Kirigami is Inspiring a New Class of Materials. URL-34: <https://3c1703fe8d.site.internapcdn.net/newman/gfx/news/hires/2017/newpopupstra.jpg>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Research. URL-35: <https://www.mattshlian.com/research/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Recent Blog Posts. URL-36: http://www.origamitessellations.com/docs/Tessellation_Basics_Eric_Gjerde.pdf, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Villa Girasole – A Precursor of Sustainable Design. URL-37: <http://www.skolnick.com/villa-girasole-a-precursor-of-sustainable-design/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Iznik Ceramic Tiles Topkapi Palace, Istanbul Berlin Museum. URL-38: <https://i.pinimg.com/originals/23/eb/3b/23eb3ba3c0e11b957514b18805fffeb2.jpg>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Origami Tessellations Hexagons Designing Freeform Origami Tessellations Generalizing Reschs. URL-39: <http://shabazzlearning.com/27-great-image-of-origami-tessellations-hexagons/origami-tessellations-hexagons-designing-freeform-origami-tessellations-generalizing-reschs/>, adresinden Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Simülasyon ve Modelleme. URL-40: <http://infotekas.com.tr/simulasyon-ve-modelleme.html>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Origami Folding Structure. URL-41: https://api.ning.com/files/HExj-zmQ9FSPXbJX*xX3sFDbWrpYbn5IcsFBcKMPbuE-8is2-aSOw4aeJIHTW9wptf4RvkubxjqUZD5vtRasp7aCC0Ao9x*9/cap_gh_rhi.JPG, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Hinged Tessellations. URL-42: <http://demonstrations.wolfram.com/HingedTessellations/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Hinged Tessellation (pure CSS). URL-43: <https://codepen.io/thebabydino/pen/ybExWm/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Hinged Tessellations. URL-44: <http://algrant.ca/hingedtessapp/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Hinged Tessellations (Part1). URL-45: <http://algrant.ca/projects/hinged-tessellations/>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Osteoporosis: A Deeper Dive. URL-46: <https://myhometouch.com/articles/osteoporosis-a-deeper-dive>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Geometric Design: Working with 6 and 12. URL-47: <https://design.tutsplus.com/tutorials/geometric-design-working-with-6-and-12--cms-22872>, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: Tessellation. URL-48: http://sciencewise.info/resource/Tesselation/Tesselation_by_Wikipedia, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

İnternet: ملف:المدرسة المستنصرية في بغداد. URL-49: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AF%D8%B1%D8%B3%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B3%D8%AA%D9%86%D8%B5%D8%B1%D9%8A%D8%A9_%D9%81%D9%8A_%D8%A8%D8%BA%D8%AF%D8%A7%D8%AF_%281%29.jpg, adresinden 24 Mayıs 2019'da alınmıştır.

Jowers, I., Prats, M., Hesham, E. and Ji-Hyun, L. (2010). *A study of emergence in the generation of Islamic geometric patterns*. Proceedings of the 15th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia. CAADRIA, Hong Kong, 39-48.

Kaplan, C. (2000). *Computer Generated Islamic Star Patterns*. Mathematical Connections in Art, Music and Science Conference, Bridges, Kansas, 105-112.

Kara Pilehvarian, N. ve Kılıçoğlu, S. (2017). Emevi ve Abbasi Sanatında Geometri. *Megaron*, 12(4), 605-618.

Knaack, U., Auer, T., Klein, T. and Bilow, M. (2007). *Façades, Principles of Construction*. Berlin: Birkhäuser Verlag AG, 82, 85.

Korkmaz, K. (2001). Kinetik Bir Mimarlığa Doğru. *Ege Mimarlık*, 4(37), 8-11.

Korkmaz, K. (2009). Kinetik Mimarlık Üzerine. *Arredamento Mimarlık*, 3(64), 64-69.

- Lang, R. (2007). The Science of Origami. *Physics World*, 20(2), 30-31.
- Lang, R. (2018). *Twists, Tilings, and Tessellations: Mathematical Methods for Geometric Origami*. Boca Raton: CRC Press, 101-102, 108-109.
- Lee, E., Selkowitz, S., Bazjanac, V., Inkarojrit, V. and Kohler, C. (2002). *High-Performance Commercial Building Façades*. California: University of California, 9.
- Liapi, K. (2002). *Transformable Architecture Inspired by the Origami Art: Computer Visualization as a Tool for Form Exploration*. Proceedings of the 2002 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture. ACADIA, Pomona, Cal Poly, California, 381-388.
- Magliozzi, L., Micheletti, A., Pizzigoni, A. and Ruscica, G. (2017). On the Design of Origami Structures with a Continuum of Equilibrium Shapes. *Composites Part B: Engineering*, 115(15), 144-150.
- Maher al-Naghsh, M. (1983). *Tarh va Ejraye Naghsh dar Kashikari Iran Doreh Eslami*. Tehran: Reza Abbassi Museum, 53, 191.
- Marysse, C. (2016). *Structural Adaptive Façades*. Master Thesis, Ghent University, Department of Structural Engineering, Ghent, 6.
- Megahed, N. (2017). Origami Folding and its Potential for Architecture Students. *The Design Journal*, 20(2), 279-297.
- Mülayim, S. (1982). *Anadolu Türk Mimarisinde Geometrik Süslemeler*. Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.
- Nagy, Z., Jayathissa, P., Begle, M., Svetozarevic, B., Hofer, J., Lydon, G., Willmann, A. and Schlueter, A. (2016). The Adaptive Solar Facade: From concept. *Frontiers of Architectural Research*, 5(2), 143-156.
- Nakapan, W. and Siripattanamongkol, A. (2019). *Developing a Kinetic Façade towards a Solar Control Façade Design Prototype*. RSU International Research Conference. Rangsit University, Pathum Thani, Thailand, 472-481.
- Patnayaka, R. and Sarathi Mishra, P. (2015). Simulation in Architectural Research. *CS Stats*, 3(1), 13-22.
- Rafsanjani, A. and Pasini, D. (2016). Bistable Auxetic Mechanical Metamaterials Inspired by Ancient Geometric Motifs. *Extreme Mechanics Letters*, 9(2), 291-296.
- Randl, C. (2008). *Revolving Architecture A History of Buildings That Rotate, Swivel and Pivot*. Doctor Thesis, Princeton Architectural Press, New York, 10.
- Sapienza, V. and Rodonò, G. (2016). Kinetic Architecture and Foldable Surface. *Athens Journal of Architecture*, 2(3), 223-236.

- Schenk, M. (2011). *Folded Shell Structures*. Doctor Thesis, University of Cambridge, Clare College, Cambridge.
- Schumacher, M., Schaeffer, O. and Vogt, M. (2010). *Move: Architecture in Motion-Dynamic Components and Elements*. Basel: Birkhauser Verlag AG, 44-45.
- Shen, T. and Nagai, Y. (2017). An Overview of Folding Techniques in Architecture Design. *WJET*, 5(3B), 12-19.
- Soyluk, A. and Sarıcıoğlu, P. (2015). Kinetik Mimarlıkta Cephede Origami ve Akıllı Malzeme Kullanımı. *Mimaran*, (12), 62-66.
- Stevenson, C. (2011). Morphological Principles of Current Kinetic Architectural Structures. *Adaptive Architecture, The Building Centre*, 1-12.
- Sujan, D. and Fei, L. (2013). Origami Theory and Its Applications: A Literature Review. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 7(1), 229-233.
- Tennant, R. (2003). *Islamic Constructions: The Geometry Needed by Craftsmen*. Meeting Alhambra, ISAMA-BRIDGES Conference Proceedings, Bridges, Granada, 459-464.
- Turner, H. (1997). *Science in Medieval Islam: An Illustrated Introduction*. Texas: University of Texas Press, 112.
- Ulu, E. (2009). *İslami Geometrik Örüntü Türetimi Amaçlı Bir Biçim Grameri Modeli*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 35-38.
- Ulu, E. and Şener, S. (2009). *Shape Grammar Model to Generate Islamic Geometric Pattern*. 12th Generative Art International Conference, Milan, 1-14.
- Verrill, H. (1998). *Origami Tessellations*. Mathematical Connections in Art, Music, and Science Conference, Bridges, Winfield, Kansas, 55-68.
- Wade, D. (1976). *Pattern in Islamic Art*. New York: The Overlook Press, 39, 43.
- Wade, D. (1982). *Geometric Patterns and Borders*. New York: Van Nostrand Reinhold, 2.
- Yeh, B. and Fox, M. (1999). *Intelligent Kinetic Systems in Architecture*. 1st International Workshop on Managing Interactions in Smart Environments (MANSE'99), Springer, London, 91-103.
- Yıldırım, M. (2004). Mimari Tasarımda Biçimlendirme Yaklaşımları İle Bilgisayar Yazılımları İlişkisi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 19(1), 59-71.
- You, Z. and Chen, Y. (2012). *Motion Structures*. New York: Spon Press, 136.
- Zuk, W. and Clark, R. H. (1970). *Kinetic Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 20.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : MATINPOUR, Masoud
 Uyuğu : I.R.I.
 Doğum tarihi ve yeri : 26.03.1987, Zanjan
 e-mail : masood_matinpour@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	Zencan Üniversitesi / Mimarlık	2011
Ön lisans	Zencan Üniversitesi / Mimarlık	2007
Lise	Dr. Ali Şeriatî Lisesi (Zencan, İran)	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-2017	Frontal Alüminyum (Ankara)	Mimar
2015-2017	Expinal Alüminyum (Ankara)	Mimar
2012-2013	Renovation and Equipping Schools of I.R.Iran (Zencan, İran)	Mimar
2010-2012	Freelance Mimar (Zencan, İran)	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce, Farsça, Arapça

Yayınlar

Matinpour, M. ve Arslan Selçuk, S. (2018). İslami Geometrik Desenlerin Origamik Potansiyelleri: Altıgenler Üzerinde Bir Deneme. *International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences (EJONS)*, 2 (3), 88-101.

Hobiler

Ahşap işleri



GAZİ GELECEKTİR...