



**BİÇİM OLUŞTURMADA DOĞADAN YARARLANILARAK  
ÜRETKEN BİR SİSTEMİN DENENMESİ**

**Sahar SHADMAND**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2015**

## ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum ve-\*rileri, 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.

Sahar SHADMAND

13/07/2015

# BİÇİM OLUŞTURMADA DOĞADAN YARARLANILARAK ÜRETKEBİR SİSTEMİN DENENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sahar SHADMAND

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2015

## ÖZET

Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte mimarlık alanında da gelişen işlemsel tasarım kavramı önemli bir yere sahip olmuştur. Bu gelişmeler doğrultusunda bilgisayar; sadece sonuç tasarım ürününü modellemek ve sunmakla kalmayıp, sunduğu algoritmik bakış açısıyla mimarlara tasarımlarını üretirken yardımcı olmaktadır. Algoritmik tasarım süreci olarak adlandırılan bu yaklaşımda tasarımı etkileyen veriler ve bu verilerin işleneceği kurallar iyi tanımlanmalıdır. bu kuralların değişebilir olması çok sayıda biçimsel alternatifin oluşmasına ve dönüştürülmesine olanak sağlamıştır. Bu sayede tasarımcı; hem var olan biçimlerin dönüştürülmesinde, hem de yeni veriler doğrultusunda biçim üretilirken destek bir yöntem olarak algoritmik anlayıştan yararlanabilmektedir. Bu tez kapsamında, algoritmik tasarım yöntemleri ile doğanın üretken yapısından ilham alınarak mimarlara biçim üretmede yardımcı olabilecek bilgisayar destekli bir üretken sistemin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın yöntemi, doğada bulunan bazı canlı ve cansız varlıkların biçimsel oluşumları analiz edilmesi ve bu veriler doğrultusunda yeni biçimsel alternatifler üretecek bilgisayar destekli bir üretken sistem algoritmasının tanımlanması olarak belirlenmiştir. Tasarım algoritmasını yönlendirecek biçimlendirme kurallarının özünü doğada var olan düzen ve bu düzeni tanımlayan geometrik kurgu oluşturmaktadır. Tez kapsamında tasarlanan üretken algoritma ile hem doğanın ve hem de bilgisayarın tasarımcılara mimari biçim üretiminde ne derece yararlı olabileceği denenmiştir.

Bilim Kodu : 802.1.099  
Anahtar Kelimeler : Mimari tasarım, bilgisayar destekli tasarım, parametrik tasarım, üretken mimari ,algoritmik tasarım, biomimesis, grid sistemleri geometri  
Sayfa Adedi : 125  
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ

# TRIAL OF PRODUCTIVE SYSTEM REGARDING FORMING SHAPE VIA BENEFITING NATURE

(M. Sc. Thesis)

Sahar SHADMAND

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2015

## ABSTRACT

With the development of computer Technologies, the concept of operational design has taken an important place in architecture. In parallel with these developments, computer is not only a tool for modelling the end design product, but also helps architects via presenting algorithmic perspectives while they are designing. In this approach which is called algorithmic design process data that affect design and the rules in which these data are processed must be well defined. As these rules are changable, it is possible to create and transform many formal alternatives. Thus, designer can benefit from algorithmic approach as a support method while both transforming present forms and producing new forms in parallel with new data. Within the scope of this thesis, it is aimed that a computer aided productive system that can help architects produce forms by taking inspiration from nature via algorithmic design methods. In this respect, the method of the study involves analyzing the structural forms of both living and non-living things in the nature and defining a computer aided productive system algorithm that will produce new formal alternatives. The natural order and the geometric setup that identifies this order create the essence of rules of form that will guide design algorithm. The productive algorithm designed within the scope of the thesis was tried as far as its benefits are concerned regarding the creation of form via both nature and computer.

.

|              |                                                                                                                                                              |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Science Code | : 802.1.099                                                                                                                                                  |
| Key Words    | : Architectural design, computer aided design, parametric design, productive architecture , algorithmic design, biomimesis, grid systems, geometrical design |
| Page Number  | : 125                                                                                                                                                        |
| Supervisor   | : Assist. Prof. Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ                                                                                                                          |

## TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlarken her türlü desteğini esirgemeyen ve değerli fikirlerini benimle paylaşan hocam, Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ'a, teşekkür ederim. Mimarlık eğitimim lisansüstü dönemlerinde üzerimde emeği olan tüm hocalarıma ve her ihtiyacımda yardımına koşan ve her türlü fedakârlık gösteren, üzerimde ziyadesiyle emekleri olan değerli babama, anneme, ve kardeşime teşekkürü borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                    | Sayfa     |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖZET .....                                                         | iv        |
| ABSTRACT.....                                                      | v         |
| TEŞEKKÜR.....                                                      | vi        |
| İÇİNDEKİLER .....                                                  | vii       |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                          | x         |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                            | xi        |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....                                           | xvii      |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                       | xviii     |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                              | <b>1</b>  |
| <b>2. MİMARİ TASARIM VE BİÇİM OLUŞUMU .....</b>                    | <b>5</b>  |
| 2.1. Tasarım ve Mimari Tasarım .....                               | 5         |
| 2.2. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Dijital Mimarlık .....         | 9         |
| 2.2.1. Dijital tektonik kavramı ve gelişimi .....                  | 14        |
| <b>3. GEOMETRİ VE BİÇİM İLİŞKİSİ .....</b>                         | <b>19</b> |
| 3.1. Geometri .....                                                | 19        |
| 3.1.1. Nurbs .....                                                 | 21        |
| 3.1.2. Mesh ler .....                                              | 23        |
| 3.1.3. Topoloji .....                                              | 23        |
| 3.2. Biçim .....                                                   | 24        |
| 3.3. Mimarlık ve Biçim İlişkisi .....                              | 26        |
| <b>4. ALGORİTMİK TASARIM VE ÜRETKEN TASARIM YAKLAŞIMLARI .....</b> | <b>29</b> |
| 4.1. Algoritma Tanımı .....                                        | 29        |
| 4.1.2. Mimari tasarımda kullanılan algoritmalar .....              | 30        |

|                                                                                                        | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.2. Üretken Tasarım Ve Üretken Sistemler .....                                                        | 35           |
| 4.2.1. Biomimesis/ Biomimetic/ Biomimicri .....                                                        | 38           |
| 4.2.2. L-Sistemler .....                                                                               | 46           |
| 4.2.3. Hücresel Otomatlar (Cellular Automata) .....                                                    | 49           |
| 4.2.4. Fraktaller .....                                                                                | 49           |
| 4.2.5. Voronoi ve Delaunay üçgenlemesi .....                                                           | 51           |
| 4.2.6. Kendini organize eden sistemler( Self Organizing Systems) .....                                 | 54           |
| 4.2.7. Evrimsel Algoritmalar .....                                                                     | 56           |
| 4.2.8. Genetik Algoritmalar .....                                                                      | 58           |
| 4.3. Parametrik Tasarım .....                                                                          | 60           |
| 5. DOĞADAN YARARLANARAK ÜRETKEN BİR SİSTEM<br>OLUŞTURMAYA YÖNELİK MODEL ÖNERİSİ .....                  | 65           |
| 5.1. Analiz Ve İki Boyutlu Düzlemsel Kuralların Belirlenmesi .....                                     | 67           |
| 5.1.1. Düzenli tekrar eden gridal sistemler .....                                                      | 73           |
| 5.1.2. Merkeze Bağlı (Radial) gridal sistemler .....                                                   | 78           |
| 5.1.3. Dallanma gridal sistemler .....                                                                 | 84           |
| 5.2. Üç Boyutlu Üreme Kurallarının Belirlenmesi .....                                                  | 88           |
| 5.3. Bilgisayar Destekli Tasarım Araçlarıyla Biçimsel Alternatifler Üretilmesi ve<br>Türetilmesi ..... | 90           |
| 5.3.1. Bilgisayar destekli tasarım algoritmasının tanımlanması .....                                   | 91           |
| 5.3.2. Bilgisayar destekli tasarım algoritmasının Grasshopper ile üretilmesi ....                      | 94           |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                             | 105          |
| KAYNAKLAR .....                                                                                        | 107          |
| EKLER .....                                                                                            | 117          |
| EK-1. Birim Çemberleri .....                                                                           | 118          |

|                |     |
|----------------|-----|
| ÖZGEÇMİŞ ..... | 125 |
|----------------|-----|

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                              | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 4.1. L-sistemlerin; üretken ve yorumlayıcı süreçlerini gösteren şema .....                   | 47    |
| Çizelge 4.2. Kartanesinin elde edilmiş cellular automata örneğinin ilk 31 adımı<br>örülmetedir ..... | 49    |
| Çizelge 5.1. Alan Çalışmasını genel şeması .....                                                     | 66    |
| Çizelge 5.2. Birimler için belirlenmiş olan 3.boyutta üreme kurallı .....                            | 90    |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                                                          | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Sezgisel yaklaşım .....                                                                                                             | 8     |
| Şekil 2.2. Sistematik yaklaşım .....                                                                                                           | 8     |
| Şekil 2.3. Farklı geometrik düzenlerle tanımlanmış biçimler .....                                                                              | 11    |
| Şekil 2.4. (a,b) “Vila Olympica” projesi .....                                                                                                 | 12    |
| Şekil 2.5. Vila Olimpica,(a) Dijitalize edilmiş noktalar (b) Dijital yüzeyin yeniden yapılanması (c) Dijital yöntemlerle üretilmiş model ..... | 12    |
| Şekil 2.6. “Experience Music” projesi .....                                                                                                    | 13    |
| Şekil 2.7. BMW Fuar Alanı .....                                                                                                                | 13    |
| Şekil 2.8. BMW Fuar Alanı tasarım süreci .....                                                                                                 | 14    |
| Şekil 2.9. British Museum yenileme projesi .....                                                                                               | 17    |
| Şekil 2.10. LED sistemleri ile aydınlatılmış olan interaktif “Lattice Archipelogs” projesi .....                                               | 18    |
| Şekil 3.1. Samos Hera Tapınağı .....                                                                                                           | 19    |
| Şekil 3.2. Altın dikdörtgen ve bir Altın Spiral oluşum kuralları .....                                                                         | 20    |
| Şekil 3.3. Dikey çizgilerin her üç (Hyperbolik, Euclidean ve Eliptic)geometri de aldıkları şekil .....                                         | 20    |
| Şekil 3.4. NURBS eğrileri yöntemleri.....                                                                                                      | 21    |
| Şekil 3.5. Üç boyutlu bir NURBS eğrisi herhangi bir karmaşık ve ya doğal form halinde tasarlanabilir .....                                     | 22    |
| Şekil 3.6. NURBS ler “Kontrol Noktası” ile kontrol edile bilmektedir .....                                                                     | 23    |
| Şekil 3.7. Möbius şeridinin elde edilişi .....                                                                                                 | 24    |
| Şekil 3.8. Temel biçimler .....                                                                                                                | 25    |
| Şekil 3.9. Asal biçimler .....                                                                                                                 | 26    |
| Şekil 3.10. Parthenon’a ait uyum (harmony) analizi .....                                                                                       | 26    |
| Şekil 4.1. Optimizasyon algoritmaları ile tasarlanan“Astana millikütüphanesi” .....                                                            | 33    |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                 | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.2. Optimizasyon algoritmaları ile tasarlanan takılar .....                                                                                           | 33           |
| Şekil 4.3. Algoritmik moda tasarım örnekleri .....                                                                                                           | 34           |
| Şekil 4.4. Bowyer – Watson Algoritması ,geometrik görselleştirme .....                                                                                       | 34           |
| Şekil 4.5. Lawson Algoritması gelişme aşamaları .....                                                                                                        | 35           |
| Şekil 4.6. Sabun köpüğünden türetilmiş yapı kabuğu .....                                                                                                     | 36           |
| Şekil 4.7. Üretken tasarım Cedric Kiefere göre üç bilimin çakışmasıdır .....                                                                                 | 36           |
| Şekil 4.8. Doğadan esinlenmiş olan inovasyonlar .....                                                                                                        | 40           |
| Şekil 4.9. “Biomimesis” nin farklı bilim alanlarda kullanım şeması .....                                                                                     | 41           |
| Şekil 4.10. “Beijin National Stadium” stürüktür tasarım aşaması .....                                                                                        | 42           |
| Şekil 4.11. ”Beehive Tower” konsept proje .....                                                                                                              | 42           |
| Şekil 4.12. Green Float konsept projenin farklı ölçeklerde görünüşü ve kesiti .....                                                                          | 43           |
| Şekil 4.13. Kedi görünümlü ana okul projesi .....                                                                                                            | 44           |
| Şekil 4.14. Blob ,Greg Lynn “Blob Duvar Projesi” .....                                                                                                       | 44           |
| Şekil 4.15. Amip şekilsiz olan tek hücreli organizmadır .....                                                                                                | 46           |
| Şekil 4.16. Lychnis coronaria adlı bitkinin, Kaligari Üniversitesi’nde, L-Studio isimli<br>bir yazılım ile geliştirilen ile gelişim modelinden imajlar ..... | 48           |
| Şekil 4.17. Galinski Okulu .....                                                                                                                             | 51           |
| Şekil 4.18. Voronoi diagramı, Bir veri kümesi ve ona ait Voronoi diyagramı<br>görülmemektedir .....                                                          | 52           |
| Şekil. 4.19. “ICD / ITKE Araştırma Pavyonu” .....                                                                                                            | 53           |
| Şekil 4.20. Voronoi ve Delanury üçgenlenmesi arasındaki ilişki .....                                                                                         | 54           |
| Şekil 4.21. Voronoi örneği ve Delaunay üçgenlemesinin oluşumu .....                                                                                          | 54           |
| Şekil 4.22. Catalyst Hexshel projesi .....                                                                                                                   | 55           |
| Şekil 4.23. Eif FORM programı strüktür türetme kuralları uygulanan prototip .....                                                                            | 56           |
| Şekil 4.24. Darwin’in 1837’de çizdiği “evrim ağacı” .....                                                                                                    | 56           |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                                          | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.25. Adaptasyon sağlaya bilen spesifik bir plan tipi .....                                                                                                     | 57           |
| Şekil 4.26. “Cell-f assembly projesi” Rhinoceros için olan “Python” programi ile yazılmış olan bir genetik algoritma script* örneği .....                             | 59           |
| Şekil 4.27. Strüktürel bir sistemin parametric modellenmesi; birimlerin sayısı, eğimi ve yüksekliğiyle ilgili parametreler değiştirildikçe oluşan alternatifler ..... | 61           |
| Şekil 4.28. Münih de yapılmış olan BMW AG'ye ait çok işlevli, müşteri deneyimi ve sergi imkânları sunan parametrik bir yapı .....                                     | 61           |
| Şekil 4.29. Bilbao Guggenheim Müzesi, Prag şehrinde bulunan, modern sanat müzesidir .....                                                                             | 62           |
| Şekil 4.30. “Sagrada Família” projesi Wire-frame ve original formdan render ve parametrelerine değiştirilerek ortaya çıkan alternative formlar .....                  | 63           |
| Şekil 4.31. Kentsel tasarım projesinin NURBS ler le kontrol ede bilinmesi ve parametrelerinin değişme imkanı sağlanması .....                                         | 64           |
| Şekil 4.32. Kentsel öğelerin, konut kalite standartlarına göre yerleşim şemasının parametrik görselleştirmesi .....                                                   | 64           |
| Şekil 5.1. Hücre kısımları .....                                                                                                                                      | 68           |
| Şekil 5.2. Hücre bölünmesi .....                                                                                                                                      | 68           |
| Şekil 5.3. Hücre biçimsel analizi .....                                                                                                                               | 69           |
| Şekil 5.4. Hücrelerin büyümesi ile elde edilen aks sistemi .....                                                                                                      | 69           |
| Şekil 5.5. Gridal düzenler .....                                                                                                                                      | 70           |
| Şekil 5.6. Biçimsel Analiz için seçilen doğal örnekler .....                                                                                                          | 71           |
| Şekil 5.7. Doğada bulunan biçimlerin genel geometrisi .....                                                                                                           | 71           |
| Şekil 5.8. Doğada bulunan grid düzenleri .....                                                                                                                        | 72           |
| Şekil 5.9. Biçimsel Organizasyon çeşitleri .....                                                                                                                      | 72           |
| Şekil 5.10. Gridal düzenler .....                                                                                                                                     | 73           |
| Şekil 5.11. Düzenli tekrar eden gridal düzen örneği .....                                                                                                             | 74           |
| Şekil 5.12. düzenli tekrar eden gridal düzendeki Venüs çiçeği .....                                                                                                   | 74           |
| Şekil 5.13. “Venüs Çiçeği” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düze .....                                                                                      | 74           |

| Şekil                                                                                                                                                         | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 5.14. Birimlerin gridlere yerleştirilmesi ile ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler .....                                                     | 75    |
| Şekil 5.15. Geometrik işlemlerle tanımlanan biçimsel alternatifler .....                                                                                      | 76    |
| Şekil 5.16. “Arı Kovanı” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düzen .....                                                                               | 76    |
| Şekil 5.17. “Arı Kovanı” örneğinin analizi sonucu tanımlanan alternatif gridal düzen .....                                                                    | 77    |
| Şekil 5.18. Birimlerin gridlere yerleştirilmesi ile ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler .....                                                     | 77    |
| Şekil 5.19. Birimlerin gridlere yerleştirilmesi ile ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler .....                                                     | 77    |
| Şekil 5.20. Geometrik işlemlerle tanımlanan biçimsel alternatifler .....                                                                                      | 78    |
| Şekil 5.21. Merkeze bağlı( radyal) grid .....                                                                                                                 | 78    |
| Şekil 5.22. Çam kozalağı .....                                                                                                                                | 79    |
| Şekil 5.23. “Çam Kozalağı” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düzen .....                                                                             | 79    |
| Şekil 5.24. Radyal gridal düzende farklı yerleşim mantığı .....                                                                                               | 80    |
| Şekil 5.25. Merkeze bağlı (radyal) gridal düzendeki Radiolaria .....                                                                                          | 80    |
| Şekil 5.26. “radiolaria” örneğinin biçimsel incelemesi .....                                                                                                  | 80    |
| Şekil 5.27. Her birim sadece kendi merkezine ve radyal gridin merkezine bağlı ürettiğinde oluşan iki boyutlu biçimsel alternatifler .....                     | 81    |
| Şekil 5.28. Radyal gridle türeyen biçimsel alternatiflerin geometrik parametrelerinin değişmesi ile ortaya çıkan abiçimsel alternatifler .....                | 82    |
| Şekil 5.29. Her birim sadece kendi merkezine veya radyal gridin merkezine bağlı ürettiğinde oluşan iki boyutlu biçimsel alternatifler .....                   | 82    |
| Şekil 5.30. Radial gridle türeyen biçimsel alternatiflerin geometrik parametrelerinin değişmesi ile ortaya çıkan abiçimsel alternatifler .....                | 83    |
| Şekil 5.31. Biçimsel birimin kenarı üzerindeki sabit noktaya <i>bağlı</i> olarak tekrarlanan dıklarında ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler ..... | 83    |
| Şekil 5.32. Birimlerin kendi merkezleriyle, radial gridin merkezinin çakışmasıyla oluşabilecek biçimsel alternatifler .....                                   | 84    |

| <b>Şekil</b>                                                                                           | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.33. William Scorbey'nin Logaritma adlı kitabında belirlediği kartanesi çizimleri .....         | 85           |
| Şekil 5.34. “Kar tanesi” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düzen .....                        | 85           |
| Şekil 5.35. Dallanan çekirdeklerin boyutla sıralamaları .....                                          | 86           |
| Şekil 5.36. Dallanma gridal düzene bağlı olarak üreyebilen iki boyutlu biçimsel alternatifler .....    | 87           |
| Şekil 5.37. Sıralama parametresinin değişmesi ile elde edilen iki boyutlu biçimsel alternatifler ..... | 88           |
| Şekil 5.38. bilgisayar destekli tasarım algoritması .....                                              | 91           |
| Şekil 5.39. tasarımcı (kullanıcı) tarafından belirlenen düzlem .....                                   | 91           |
| Şekil 5.40. Gridal düzenin belirlenmesi .....                                                          | 92           |
| Şekil 5.41. Üç boyutlu modelde birimlerin yerleştirilmesi .....                                        | 92           |
| Şekil 5.42. Üç boyutlu biçimsel alternatif .....                                                       | 93           |
| Şekil 5.43. Elde edilen biçimsel alternatifler .....                                                   | 93           |
| Şekil 5.44. Üretilen örneğin ürün hali .....                                                           | 94           |
| Şekil 5.45. Grasshopperda yazılmış olan algoritma .....                                                | 94           |
| Şekil 5.46. Üretilmiş model .....                                                                      | 95           |
| Şekil 5.47. Üretilmiş model .....                                                                      | 96           |
| Şekil 5.48. Üretilmiş model .....                                                                      | 96           |
| Şekil 5.49. Üretilmiş model .....                                                                      | 97           |
| Şekil 5.50. Üretilmiş model .....                                                                      | 97           |
| Şekil 5.51. Üretilmiş model .....                                                                      | 98           |
| Şekil 5.52. Üretilmiş model .....                                                                      | 98           |
| Şekil 5.53. Yarım küre yüzeyi üstünde denenmiş olan ideal bir model .....                              | 99           |
| Şekil 5.54. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları .....                                              | 99           |
| Şekil 5.55. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları .....                                              | 100          |

| <b>Şekil</b>                                              | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.56. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları ..... | 100          |
| Şekil 5.57. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları ..... | 101          |
| Şekil 5.58. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları ..... | 101          |
| Şekil 5.59. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları ..... | 102          |
| Şekil 5.60. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları ..... | 102          |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>                                                      | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| Resim 3.1. Farklı biçimlerden örnekler .....                      | 27           |
| Resim 3.2. Farklı ölçeklerde yapılmış bina örnekleri .....        | 28           |
| Resim 4.1. Optimizasyon algoritması ile tasarlanan sandalye ..... | 32           |
| Resim 4.2. Embriyolojik Ev,Greg Lynn .....                        | 45           |
| Resim 4.3. Selfridge Binası .....                                 | 46           |

## KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Kısaltmalar | Açıklamalar                                              |
|-------------|----------------------------------------------------------|
| CAD         | Computer-Aided Design( Bilgisayar Destekli Tasarım)      |
| CATIA       | Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application |
| NURBS       | Non-Uniform Rational B-Splines                           |
| Plug-in     | Uyumlu ek yazılım                                        |
| 3D          | 3 Dimension (Üç Boyutlu)                                 |

## 1. GİRİŞ

Tasarım, belirli kurallar ve sınırlar dahilinde işleyen bir araştırma ve problem çözme sürecidir. Bu sürecin hedefi, problemi tanıma, belirtilen ihtiyaçları karşılayan yaratıcı çözümler bulmaktır. Mimari tasarım ise mekan, biçim ve düzenle ilgili çözümlere yöneliktir. Tasarımcı, tasarım problemini kişisel yaratıcılık ve becerisi ile dönüştürerek biçimsel kompozisyonunu oluşturmak durumudur. Çoğu kez farklı çözümler üretebilmek için , biçimsel kuralları tekrarlamak yerine; yeni biçimsel oluşumları denemeyi tercih etmektedir. Literatürde tasarım sürecine yönelik yaklaşımların iki şekilde ortaya konduğu belirlenmiştir. Bunlardan ilki tasarım sürecini bir problem çözme eğilimi olarak gören yaklaşımlar, ikincisi ise tasarım sürecini ardışık düşünsel bir süreç olarak gören yaklaşımlardır. Tasarım bir süreç olarak gören bu yaklaşımların yanında, bu sürece yöntemsel olarak yaklaşılmaya çalışan çalışmalarda vardır.

Geometrik biçimler eskiden beri mimarların mekanları biçimlendirmek için kullandığı temel biçimsel elemanları oluşturmaktadır. Ancak son zamanlarda bilgisayar ve iletişim teknolojisinin gelişmesi ile birlikte biçimsel çözüm arayışları da çeşitlenmiş, geometrik oluşumların yanında farklı biçimsel arayışlarda yerini almıştır. Non-geometrik (oklid olmayan) biçim olarak tanımlanan bu oluşumlar karmaşıklıklarından dolayı bilgisayar ortamında düzenlenip modellenmek durumundadır.

Bilgi ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, mimari tasarım anlayışı, biçimlenme, tasarım ve üretim süreçleri de değişime uğramıştır. Bu durum, mimarların ve tasarımcıların, önceden tahmin edilemeyen, kompleks ve çok alternatifli biçim üretmelerine olanak sağlayan; yeni ve farklı biçim üretim tekniklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bilgisayarın ardındaki sayısal ortam; hesaplama ve algoritmalara dayalıdır. Bu ortam görsel düşünmenin yanı sıra sayısal ve algoritmik düşünme biçimini gerektirir. Bu anlamda sayısal tabanlı tasarım ortamı geleneksel tasarım ortamından farklılıklar gösterir ve yeni olanaklar sunar.

Doğa birçok farklı kuvvet arasında denge noktasına ulaşmaya çalışır ve ulaştığı biçim ve fonksiyon arasındaki mükemmeliği yakalamış olur. Doğanın kararsızlığı ile kararlılığı arasında oluşan deneyimler birikimi, insanın yeniyi keşfetme çabası içersinde ulaşabileceği

en üst deneyimin kaynağıdır( Honzik,1937). Doğanın milyonlarca yıldır birikmiş olan tasarım deneyimi günümüzde birçok mimara esin kaynağı olmuştur ve farklı düşünce ve tasarım yöntemlerine yol göstermiştir.

Sanatın farklı alanlarının doğa bilimlerindeki gelişmelerle ilişkilendirilmesinin geçmişe uzandığı söylenebilir. Birçok tasarımcı doğadaki bilimsel, matematiksel kurallardan referans alan, doğayla benzeşen ya da bilimsel çalışmaların desteğini alan ürünler vermişlerdir. Ancak bulunduğumuz yüzyılın tasarımcıları daha kompleks interdisipliner ilişkiler kurmakta ve bilimsel gelişmeleri mimariye taşımanın yollarını araştırmaktadırlar. Doğadan ilham alarak yeni biçim veya sistem üretmede kullanılan yaklaşımlardan bir tanesi de Üretken sistemlerdir. Üretken tasarım kavramı, eylemi gerçekleştirenin sonuçtan çok sürecin içeriği ile ilgilenen bir yöntem, üretken tasarım sistemi ise, kullanıcıya bu süreçte destek veren bir sistem olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada amaç, doğadaki canlılar veya canlıların gelişim sürecinden ilham alarak, kavramsal tasarım sürecinde tasarımcıya biçim üretmede yardımcı olabilecek üretken bir sistemin geliştirilmesidir. Bu çalışma kapsamında da doğadan ilham alınarak tasarımcıya, mimari tasarım sürecinde biçim üretmede yardımcı olabilecek üretken bir sistemin varlığı araştırılmıştır.

Mimarlık ve doğanın etkileşimli birlikteliğine dikkat çeken teorisyenlerden Charles Jencks (1971) mimarlığın 2000’li yıllara kadar evrimsel gelişimini ve mimari akımları temsil eden tablosuna göre, 1980 sonrası mimarlığında Biyomorfik Hareket’in (*Biomorphic Movement*) etkili olacağını öngörmüştür. Bu tarih yine aynı tabloya göre 1970lerdeki parametrik tasarım akımı ve dijital yaklaşım sonrası döneme denk gelmektedir.

Bilgisayar destekli mimari tasarım anlayışı ile üretken sistemler geliştiren çalışmalar arasında Wassim Jabi’nin mimarlıkta parametrik tasarım (Jabi, 2013), John Wiley ve Sons’n yaptıkları geometri ve yeni ve ileri mekansal paternlar (Garcia, 2006) ve Zubin Khabazi’nin algoritmik mimarlık paradigması (Khabbazi, 2012) adlı çalışmasında bilgisayar destekli teknolojilerin ve algoritmaların gücünü kullanarak yaratıcı biçimler üretmeyi hedeflemişlerdir. Özellikle son dönem yapılan çalışmalarda çoğunlukla doğanın büyüme mantığının modellenmeye çalışıldığı belirlenmiştir. Ancak doğadaki düzende matematiksel olarak ifade edilebilecek bir düzen içerisindedir. Bu nedenle çalışmada doğadan ilham alınarak geliştirilecek biçimsel alternatiflerin parametrik ve üretken sistem mantığı ile üreyecek, ancak matematiksel bir düzende gelişen bir biçimsel dönüşüm

olması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda bir doğal bir varlığın biçimsel üreme kurallarını çözmekle beraber biçimini etkileyen parametrelerin ve verilerin değişmesi ile alternatiflerinin irdelenmesi çalışma konusu olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın temel amacı, doğada bulunan canlı veya cansız varlıkların üreme, gelişim, değişim, dönüşüm gibi biyolojik sürecinden ilham alarak, kavramsal tasarım sürecinde tasarımcıya biçim üretmede yardımcı olabilecek bilgisayar destekli üretken bir sistemin geliştirilmesidir. Tez amacının bir sürecin ifadesi olması nedeniyle, mimari tasarıma etken faktörler doğrultusunda gerekli alternatif kuralların oluşturulması amacı ile bir tasarım modeli kurgusu tez kapsamında hedeflenmiştir. Bu doğrultuda doğadaki biçimsel gelişimin kurallarından ilham alarak tasarımın biçimlenme sürecinin modellenmesi ve bilgisayar destekli tasarım ortamında farklı biçimsel alternatifler oluşturabilecek algoritmanın tanımlanması, çalışmanın yöntemidir. Oluşturulacak model doğal biçimlerin gelişim kurgusu ve geometrik düzen arasındaki ilişkiyle temellendirilebilir. Tezin algoritmik yapısı ise ilk olarak canlı ve cansız varlıkların gelişim kurallarından elde edilen biçimsel düzenin gridal sistemlerle tanımlanmasını, doğayı tanımlayan bu geometrik düzene yeni biçimler atanmasıyla oluşabilecek iki ve üç boyulu biçimsel alternatifleri üretilmesinive son olarak gerek gridal düzene dair gerekse de biçimsel birimlere dair parametrelerin değiştirilmesi ile farklı biçimsel alternatifler üretilmesini sağlayacak biçimde kurgulanmıştır. bu algoritmanın bilgisayar ortamında üretilmesi sürecinde ise C++ ile yazılmış bilgisayar destekli bir tasarım aracı olan Rhinoceros programı altında çalışan grasshopper plug-in'inden yararlanılmıştır.

Bu tez kapsamında; tasarım süreçlerindeki değişimi ve günümüz mimarisinde karmaşık geometrik biçimli yapılarını tasarlama yöntemlerinden biri olarak gösterilen üretken geometrik sistemlerin biçimsel dönüşüme etkisini araştırılmış, ayrıca oluşturulan modelle de üretken ve parametrik sistemlerin tasarım sürecine sunduğu farklı bakış açıları belirlenmeye çalışılmıştır. Bilgisayar destekli tasarım aracı olarak işlemsel sistemlerin ve algoritmaların doğadaki canlı ve cansızların üreme kurallarını geometrik kurallar dahilinde soyutlanmasıyla yeni ve farklı biçimsel alternatifler elde etmeyi hedefleyen bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümünde tezin kuramsal çerçevesi tanımlanmaya çalışılmıştır. Tezin ikinci bölümünde mimari tasarım ve biçim oluşumu genel anlamıyla açıklanmaktadır. Mimari tasarım süreci, bu sürece yönelik yaklaşımlar ve yaklaşımların tarihsel gelişimi ve bilgisayardaki teknolojilerin gelişmesi ile beraber mimari tasarım

sürecinde ortaya çıkan değişimler irdelenmiştir. Bu bölüm kavramsal çerçevede literatür araştırmasını içermektedir. Tezin üçüncü bölümünde, mimari biçimleri etkileyen geometrideki gelişmeler ve bilgisayar teknolojilerine bağlı gelişen geometrik kavramlar araştırılmıştır. Bu bölüm de kavramsal çerçevede literatür araştırmasını içermektedir.

Dördüncü bölümde, kural tabanlı bir sistem olan üretken sistemler ele alınmış ve Biomimesis, L-sistemler, Hücresel Atomata, Fraktaller ve voronoiler ve kendini organize edebilen sistemler gibi, tasarım yöntemlerinin incelenmesi yapılmıştır ve üretken sistemlerin üretme kuralı olan algoritmaların mimarlık alanında kullanımları incelenmiştir. Bu bölüm de kavramsal çerçevede literatür araştırmasını içermektedir. Beşinci bölüm, kabuk ve cephe gibi mimari elemanların tasarımında kullanılabilecek ve bilgisayar ortamında biçimsel alternatiflerin üretildiği, üretken algoritma ile kurgulanan, parametrik bir tasarım modelinin üretildiği ve değerlendirmenin yapıldığı bölümdür. Bu bölümde öncelikle kurgulanan model tanıtılmıştır. Model, doğadaki varlıkların biçimsel büyüme ve gelişme mantıklarının incelendiği ve matematiksel kurallara dönüştürüldüğü analiz, bu matematiksel tanımların yeni geometrik biçimlerle tanımlandığı kural tanımlama ve bilgisayar destekli aracın yardımıyla biçimsel alternatifler üreme ve türeme kurallarının belirlendiği; 3 adımdan oluşmaktadır. . Model dahilinde oluşturulan üretken sistem; bilgisayar destekli tasarım aracı “CAD” yazılımı ile yapılmıştır. Bunun için, “Rhinoceros” yazılımının bir plug-in’i olan “Grasshopper” yazılımından yararlanılmıştır. Bu yazılımın algoritma bazlı ve parametrik değişimlere olanak sağlayan yapısı, farklı biçimsel alternatiflerin oluşumunu ve dönüşümünü sağlamda yardımcı olmuştur. Tezin sonuç bölümünde ise, Sonuç olarak bu çalışmada doğadaki var olan geometrinin gücünü analiz edip yeni kurallar elde ederek, üretken bir tasarım sistemi denenmiştir. Bu üretken biçim tasarım sürecinde bilgisayar ortamında görselleştirme ve süreci hızlandırmada, faydalı yazılım ve dillerin kullanılması bir düzen içerisinde olan çeşitli biçimlerin tasarımında yardımcı olmuştur.

## 2. MİMARİ TASARIM VE BİÇİM OLUŞUMU

### 2.1. Tasarım ve Mimari Tasarım

Tasarımın ne olduğu konusunda bir çok araştırma yapılmıştır. Türk dil kurumu sözlüğüne göre tasarım, “etimolojik olarak, tasa-r-ı-m köklerinden gelmektedir. Tasa kaygı, dert olarak açıklanabilir. Tasar ise bir iş, bir düşünce sırasını, düzeyini gösteren resim, yazı, plan olarak belirtilmektedir. Tasarı ise olması veya yapılması istenen bir şeyin zihinde aldığı biçim, projedir. Bir araştırma sürecinin çeşitli dönemlerinde izlenecek yol ve işlemleri tasarlayan çerçeveye ise tasarım denilmektedir” (TDK, Türkçe sözlük, 1990) (Yavuz, 2011).

Giccardi (2008)’ye göre tasarım, belirli kurallar ve sınırlar dahilinde işleyen bir araştırma ve problem çözme sürecidir. Bu sürecin hedefi, problemi tanıma, belirtilen ihtiyaçları karşılayan yaratıcı ve sürdürülebilir çözümler bulmak ve sunmaktır (Giccardi, 2008:19).

Başka bir ifade ile tasarım, belirli bir problemin çözümüne yönelik işlemler ve karar verme süreci olarak görülebilir, mimari tasarım ise mekan, biçim ve düzenle ilgili çözümlere yönelmektir. Tasarım ve tasarım sürecini anlamaya ve incelemeye yönelik çalışmaların amacı, tasarım eylemi sırasında ortaya çıkabilecek iyi işlemeyen işlemlerin önüne geçilmesi ve tasarımın geliştirilmesidir (Turan, 2011).

Tasarım ve tasarlama eylemine yönelik tanımlar arttırılabilir. Ancak tasarımı anlayabilmek için farklı alanlardaki tasarlama eylem ve etkinliklerini karşılaştırmak, farklı disiplinlerin tasarımı nasıl algıladığını anlamanın önemli olduğunu düşünülmektedir. Lawson, tasarımın üretime yönelik bir etkinlik olduğunu, bununla beraber farklı alanlardaki tasarımcıların ortaya koydukları son üründe önemli farklılıklar bulunduğunu söylemektedir (Lowson, 1997) . (Turan, 2011).

Örneğin, bir inşaat mühendisi için, bir kirişin boyutlarının hesaplanması süreci bir tasarım işidir. Ancak inşaat mühendisini sonuca götüren süreç ile bir moda tasarımcısının tasarlarken ve sonuca ulaşırken geçirdiği süreç oldukça farklıdır. İki durumda da analizin dışında, mevcut probleme bir çözüm getirilmektedir (Turan, 2011).

Farklı bilim alanları bu çerçeveyi farklı şekillerde yorumlamışlardır, bunlara göre; tasarım; “Fiziksel bir yapının en uygun bileşenlerini bulmak” (Alexander, 1967), “amaca yönelmiş bir problem çözme eylemi”( Archer, 1965), (Jones, 1969), “tasarlayıcının belirli değerler sistemine bağlı olarak iki veya üç boyutlu ortamlarda somut bileşenlerin seçimi ve düzenlenmesi işlemi” tasarım bir karar verme sürecidir (Aksoy, 1977) “bir şeyin biçimini zihinde kurma eylemidir” (Şener, 1994). Genel olarak yapılan tanımların, herhangi bir eylemin veya ürünün yapılması için izlenecek süreci ve/ veya düşünme biçimini tarif ettiği belirlenmiştir. Bu yaklaşımlara göre tasarım, hem ürün elde etme sürecini, hem bu süreci betimleyen araçları, hem de elde edilen sonuç ürünü tanımlamak için kullanılmıştır. Lowson( 1997) anlamdaki bu farklılığı “tasarlama eyleminin gerçekleştiği alanlardaki tasarlama süreçlerindeki değişikliklerden” (Lowson, 1997) kaynaklandığını belirtmiştir( Yavuz, 2011).

Mimari tasarım ise, tasarım araştırmacıları tarafından; “Belirsizlik içerisinde karar verme”, “Fiziksel bir yapının doğru fiziksel bileşenlerini bulmak” “Şimdiki zamanın gerçeklerinden gelecek zamanın olasılıklarına hayali sıçrama”, “Problem çözüm süreci”, “Bilişsel iş”, “Eylem içinde yansıma”, “Bilgi tabanlı etkinlik” gibi çeşitli tanımlarla yorumlanmıştır. Bu bağlamda tasarım, belirli bir problemin çözümüne yönelik organizasyon ve karar verme süreci olarak görülebilir, mimari ise mekan, biçim ve düzenle ilgili çözümlere yöneliktir(Yavuz, 2011). Mimari tasarım Asimowa’ göre (1962), insanların yaşamlarında barınma, çalışma, dinlenme ve eğlenme gibi eylemlerini kolaylaştırmak üzere gerekli mekanları, ekonomik ve teknik olanaklarla bağdaştırarak estetik yaratıcılıkla inşa etme sanatıdır (Asimow, 1962).

Mimari tasarım süreci diğer bilim alanlarından farklı olarak; “hedeflere yönelik olarak üretilen bireysel kararlar yoluyla problem çözme işlemi” (Akın, 1986) olarak ifade edilmiştir. Her ne kadar bu süreç tanımlarda sezgisel yada bireysel olarak tanımlansa da, sonuçta tasarım problemi bilinçli yada bilinçsiz bir takım kararların alınması ile çözülür. “Bu bakımdan tasarım probleminin algoritmik bir yanı vardır” (Çolakoğlu, 2000), (Yavuz, 2011).

Endüstriyel sanatların “el sanatları”ile ilgilenmesiyle başlayan süreç (1920’ler), tasarım alanında profesyonellik (1930’ler), tasarım yöntemlerine ilişkin tartışmalar (1950’ler), tasarım araştırmaları (1970’ler) ve tasarım kuramlarına bütüncül bir anlayışla bakılan

dönemlerde ulaşılmaktadır (1980’lerden günümüze). 1950’ li yıllara kadar oluşturulan yaklaşımların, genellikle tasarım sürecinin sonucunda oluşan ürüne yönelik bir değerlendirme şeklinde olduğu gözlenmiştir. 1960’li yıllardan itibaren ise tasarım ürünü değil sürecin çözümlenmesini esas alan ve bilimsel temele dayanan sistematik yaklaşımlar oluşturulmaya başlamıştır.

Tasarım problemlerine bakış açısı genellikle 1960’lı yıllardan itibaren bilimsel tabana yerleştirilmiş ve çeşitli problem tanımları yapılmıştır. Tasarım problemini, Lowson problemin hedeflediği sonuçlar açısından “açık uçlu” ve “kapalı uçlu” problemler olarak ikiye ayırmıştır. Kapalı uçlu problemler; tek bir doğru çözümün hedef olarak belirlerken, açık uçlu problemler, tek bir doğru çözüm olmadığını, belki alternatif çözümler olabileceğini araştırmaktadır( Lowson,1997).

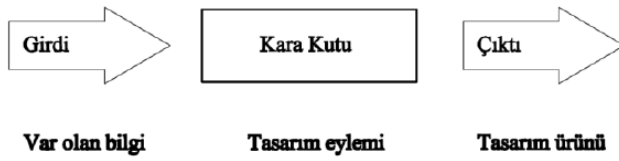
Tasarımı bir süreç olarak gören çalışmalarda genel olarak tasarım, öncelikle “yapılacak olanın açık ve tam tanımı” (Bridge, 1995) olarak tanımlamıştır. Bu haliyle herhangi bir nesnenin yada olgunun nasıl yapılacağına ilişkin tariflerin tümünü temsil etmektedir. Bir mühendis ve ya yönetim bilimci herhangi bir tasarım probleminin çözümünde bu tariflerden yararlanabilir. Buna karşın mimari tasarım diğer bilim dallarından farklı olarak tasarımcının kararları ile şekillenen bir olgudur (Yavuz, 2011).

Tasarım süreci sonunda var edilen tasarım ürününden farklı olarak, süreci ve bu süreçte gerçekleşen eylemleri yöntem bilimi alanında incelemiştir. Oluşturulan yaklaşımların genel amacı tasarım sürecinin karmaşık yapısını çözümlemeye çalışmak olarak belirtilmiştir. “Tasarım sürecine yönelik çalışmalar, süreci tasarımın varacağı bir nokta olarak ele almaktadırlar” (Lowson, 1997). Bu haliyle tasarım sürecine yönelik çalışmalar süreci açıklamaya çalışan ve tanımlayıcı nitelikteki çalışmalardır (Yavuz, 2011).

Bilimsel ve teknolojik alandaki gelişmelere paralel olarak tasarım süreci yaklaşımları da, tarihsel süreç içerisinde değişiklik göstermiştir. Buna göre tasarım süreci yaklaşımlarından ilk grupta yer alan yaklaşımlar, aynı zamanda geleneksel dönemdeki çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Bu dönemde tasarım sürecine sezgisel bir süreç olarak yaklaşılmış ve tasarım ürünü (bina) biçimlendirilmesine yönelik kuramlar oluşturulmaya çalışılmıştır (Yıldırım, 2001), (Yavuz, 2011). Bu kuramsal yaklaşımlara bağlı olarak oluşturulan tasarım modelleri de, tasarım sürecini tasarımcının zihninde ve tasarımcının geçmiş

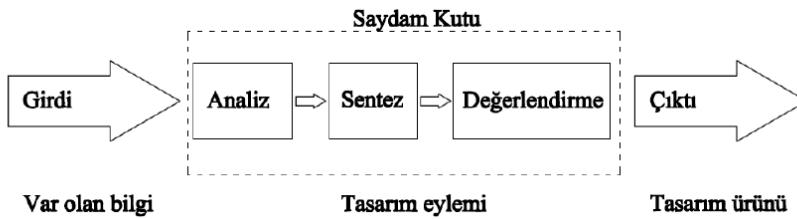
deneyimlerine bağlı olarak gerçekleşen sezgisel (karakutu) bir süreç olarak tanımlamaktadır.

Aksoy'a (Aksoy, 1987) göre, "İzlenen yol ya da süreç sezgilerle belirlenen duraklardan, geriye dönüşlerden oluşuyor, baştaki bilgi girdilerinden sonuç ürüne varılıyor ise, bu görünmez kararlar dizisine kara kutu süreci denilmektedir. Bu süreçte; tasarım verileri geri beslemeler ile gelişmektedir" (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Sezgisel yaklaşım (Aksoy, 1987)

İkinci yaklaşım ise, problem çözme sürecinin somut aşama ya da durumlarla belirleyen; sistematik yaklaşımlardır. Bu yaklaşım, farklı tasarım sorunsalında verilerin toplanması, analiz edilmesi, sentezlenmesi ve değerlendirilmesi adımları ile sürecin izlenebilirliğini sağlar ve üründen beklentileri netleştirerek ilerler (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Sistematik yaklaşım

Üçüncü ve son tip yaklaşımları ise, sistematik yaklaşımların bir uzantısı olan, enformasyon teknolojilerindenki değişime bağlı olarak gelişen ve bilgi işlem (bilişim) teorilerini esas alan yaklaşımlar oluşturmaktadır. Bunlar, problem çözme davranışını basit bir bilgi işleme süreci olarak tanımlamakta ve tasarımcının, eylemler, nesneler ve zaman bağlamındaki davranışlarının dışsallaştırılarak sistemleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda tasarımcı davranışlarının sadece sistematik değil sezgisel yönlerine de ağırlık verilmektedir (Akın, 1986). Bu yaklaşım tasarıma ışık tutan entegre bir süreçtir. Mimari tasarlamamanın da zihinsel bir süreç sonunda gerçekleştiği göz önüne alındığında, daha önceki sistematik

düşünce anlayışında olduğu gibi insan beyninde gerçekleşen bu süreci dışsallaştırarak taklit edilmesi yerine, bu sürece katkıda bulunacak destek araçlarının sağlanmasının da değerli olduğu görüşü yaygınlaşmıştır. Son dönem çalışmaların temelini oluşturan bu bilgi işlem kaynaklı yaklaşımlardan bir tanesi de, tasarım problemin çözümünde kullanılan algoritmik bir sistem olan İşlemsel Tasarım'dır. Tasarımın analiz ve sentezi için oluşturulan bu algoritmik sistem, tasarım problemini ortaya koyduğu kurallar ve sınırlamalar ile çözer, oluşturulabilecek farklı alternatifleri araştırır ve tasarımcıya karar verme sürecinde kolaylık sağlar. Tasarım sürecini ardışık bir dizi olarak gören yaklaşımların tersine, tasarım sürecine yönelik algoritmanın yeniden oluşturulduğu süreç olarak ele almaktadır (Yavuz, 2011).

Bilindiği gibi tasarlama eylemi algıların ve mantığın etkin olduğu bir akıl yürütme sürecidir ancak tasarımcının aklından geçeni, zihinsel faaliyetlerini anlamak için yapılan çalışmalar, bu faaliyetleri açık ve tam olarak ortaya koyamamıştır, ancak tasarımcının izlediği sonuç ürüne giden yolları göstermesi bakımından anlamlıdır. Mimarlıkta tasarım sürecinin bilimsel olarak açıklanıp açıklanamayacağı, akıl, mantık, yetenek, yaratıcı düşünce gibi etmenlerin bu süreçte ne derecede etkin kullanıldığı yıllardır tartışılmakla beraber, tasarımcının kişisel tasarım sürecinde izlediği yollar çeşitli şekillerde formüle edilmiştir( Turan, 2011).

Günümüzde, teknoloji ve bilim deki gelişmelerle, özellikle de bilgisayar ortamı ve sayısal teknolojilerin , tasarım sürecine dahil olması ile birlikte bu tartışmalar yeni bir boyut kazanmıştır. Bu bölümün devamında bilgisayar kullanımının yaygınlaşma ve gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan farklı tasarım yaklaşımları üzerinde durulacaktır.

## **2.2. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Dijital Mimarlık**

Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile birlikte, tasarımlar ve çizimler artık kağıt üzerinde değil bilgisayarlarda yapılmaktadır. Bilgisayarlar gerek çizimde kolaylık sağlaması, gerek hızı, gerekse revizyon kolaylığı sağlamaları açısından tercih edilmektedirler (İnan,2008).

1940lı yıllarda başlayan Amerika hava kuvvetleri ilk sayısal kontrol sistemlerini dakik ve tekrarlanabilir uçak komponentleri için geliştirilmiştir. Bu sistemler bir dizi makina

işlemlerinin bir kağıt şeridi üzerinde kodlanmış olup ve makinanın fonksiyonlarını kontrol edebilecek bir şekilde oluşturulmuştur. Bu teknikler üretim alanında bir devrimi temsil ederek diğer endüstriler tarafından hızlı bir şekilde ilgi görmeye başlamışlardır. 1960 lı yıllarda ise dijital bilgisayarlar artık uçak tasarımı için kullanılmaya başlamış ve hızlı bir şekilde gelişmiştir. 1970 lerde ise computer- aided design (CAD) (Bilgisayar Destekli Tasarım) ve computer-aided manufacturing (CAM) (Bilgisayar Destekli Üretim) diğer endüstriler tarafından gemiler ve otomobiller gibi kompleks ürünlerin üretiminde önemli bir yardımcı haline gelmiştir (Corser, 2010:13).

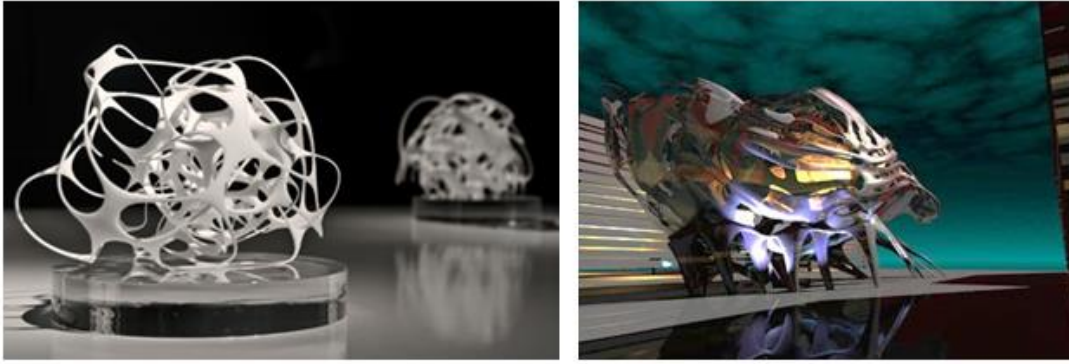
1980’lerde ise kompleks bilgisayarların ortaya çıkması ile mimarlık da bu teknolojiye etkilenmeye başlamıştır. Zamanın mimarları ve mühendisleri bilgisayarı kendi bilimlerinde nasıl kullanabileceklerini araştırmaya başlamıştır. Daha sonra 1920 lerde bilgisayarlarda ki ilerlemelerden dolayı mimarların uzun zaman öncesinden ilgilerini çeken işlemsel tasarımdaki düşüncelerini hayata geçirebileceklerini bir ortam yakalamak yeni gelişmelere neden olmuştur. İnsan beyninin tek başına tasarlamakta zorlanacağı tasarımlar artık bilgisayarlar ile mümkün olmuştur. Bu dönemlerde ortaya çıkan önemli kavramlardan sayılan “Yüzey Ötesi Mimarlık” kavramı söz konusu olma( Kolarevic, 2005).

Yüzey ötesi kavramı geometrideki “Öklid” geometrisinin “Öklid Dışı” geometrisine geçişini temsil etmektedir. Yüzey ötesi geometrisi ile hesaplaması geleneksel yöntemler ile imkânsız olarak kabul edilen tasarımların sanal ortamda tasarlanması ve bununla birlikte tasarımın bilgisayar destekli üretim araçları ile üretilmesine imkân sağlamıştır. Daha sonra işlemsel tasarım kavramının gerçek hayatta uygulama imkânı ve tam anlamı ile dijital tasarım yapılabilmesi mimarlık için büyük bir adımdır. Bu sayede tasarımlarda ulaşılamayan biçimsel üretim olanaklarına ulaşılmıştır (Rocha, 2004) .

Bu dönemlerde ortaya çıkan Dijital mimarlığın önde gelen isimlerinden biri olarak Marcos Novak’tır. Literatür Marcos Novak’ı bir transarchitect (geçiş mimarı) olarak tanımlamaktadır. Marcos Novak hem mimar hem sanatçı hem yazar hemde algoritma teknikleri, görsel ve hibrit zeka konularındaki bir kuramcıdır. Novak mimariye tamamen elektronik gözüyle bakmamakta belki mimarlığı “liquid architecture” (sıvı mimari) yani sanal uzaydaki bir kavram olarak eliştirmektedir. Marcos Novak bu kavramını formu şartlar ve algılayanın isteklerine bağlı olan bir mimari olarak görmekte, başka bir anlamda karşılamak için açılan ve korumak için kapanan bir mimari bakışından bahsederek ;

kapıları ve koridorları olmayan, yan odanın “nerede olması gerekiyorsa” orada ve “ne olması gerekiyorsa” o olduğu bir mimari, ayrıca dans eden ya da nabız gibi atan, dinginleşen ya da çalkantılı hale gelen bir mimari olarak tanımlamaktadır. Novak’a göre sadece dijital ortamda var olacak bu mimari, mantık, perspektif, yerçekimi kanunlarından bağımsız kılınmalı ve öklid geometri sınırları ve kurallarına uymamalıdır (Novak, 2005).

Novak mimaride uzayın yanı sıra zamanı da temel elemanları arasına dahil etmekte ve zamanı bütünleştirecek “4.boyutun” bir ifadesi olarak görmektedir (Şekil, 2.3).



Şekil 2.3. Farklı geometrik düzenlerle tanımlanmış biçimler (M. Novak)

Artık günümüzde dijital mimarlık alanında bilgisayar modellemesi, proglamlama, simülasyon ve görüntüleme hem sanal biçim olarak ve hem somut stürüktürler olarak tasarlanabilmektedir. Yeni teknolojiler ve üretim teknikleri ile beraber, mimarlar üretim süreci içine daha fazla müdahile ederek, yarattıkları bilginin dijital fabrikasyon ekipmanları ile gerçek objelere dönüşümünü kontrol altında almış ve daha karmaşık biçimler tasarlanabilmiştir (Kolarevic, 2003).

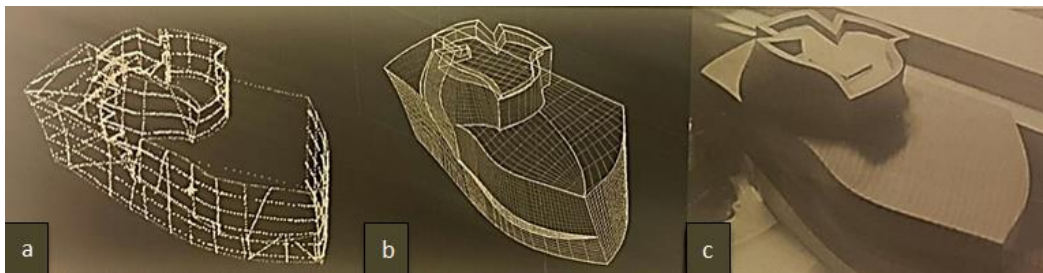
Bu doğrultuda çalışmaları olan başka bir mimar ise James Glymp dir, Glymp Frank o Gehry’nin eserlerindeki formal gelişmeleri inceleyip, karmaşık formların yönetmesinde bilgisayarın daha da yardımcı olabileceğini tesbit etmiştir (Lindsey 2001).Bu doğrultuda uygulanmış olan ilk projelerden biri olarak “Olympic Village” adlı balık şeklinde tasarlanan bir saçak projesi örnek verile bilir (Şekil, 2.4).



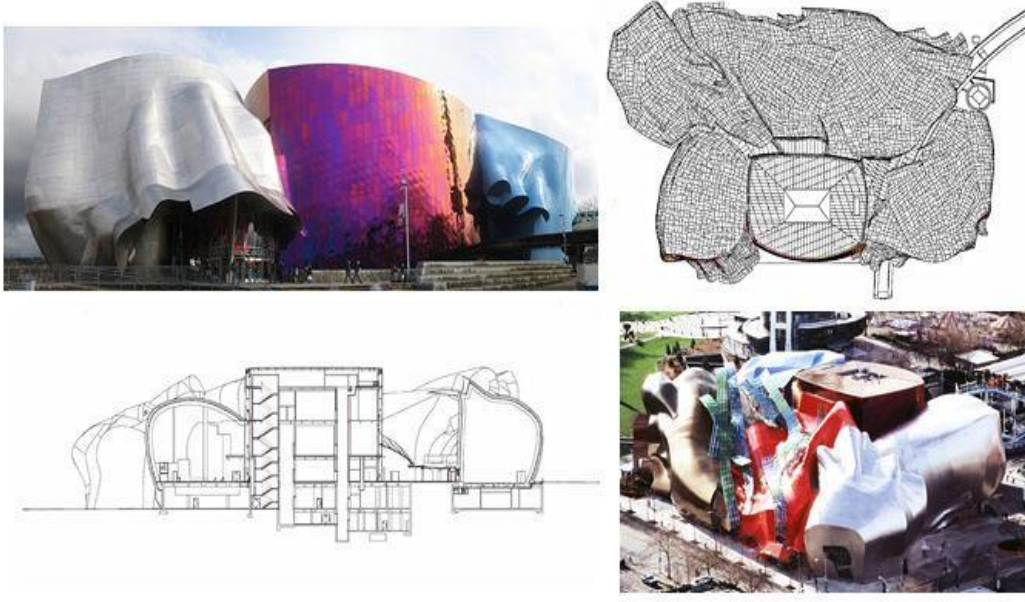
Şekil 2.4. “Vila Olimpica” projesi (Barcelona 1989-92)

Bu tasarımın ilk gelişmeleri Gehry’nin eskizleri üzerinden yola çıkılarak ahşap ve metalden oluşmakta olan bir maket olarak sunulmuştur. Fakat daha sonra yapının inşa etmek problemlerinin ortaya çıkması ile birlikte Glymph ve ekibi modeli bilgisayarda ve Alias yazılımında tasarlamayı denemiştir. Bu model net bir şekilde tasarlanmıştır fakat yüzeylerle ilgili yeterli bilgilere ulaşmak mümkün olmadığı için daha sonra havacılıkta kullanılan “Katya yazılımını kullanmaya yönelmiştir( Lindsey 2001).

Bu programda işe alınan yöntem, bağlantılar için bir boşluk yani bir katman ve bir kabuk katmanı ve ayrıca stürüktür katmanından oluşan bir tasarım sistemini oluşturmuştur. Bu sistem daha sonra Bilbao daki “Guggenheim müzesi”ni (Şekil, 2.5) ve Seattle’de yapılmış olan “Experience Music” projelerinin tasarım ve inşa edişinde işe alınmıştır (Şekil, 2.6) (Lindsey 2001) .



Şekil 2.5. Vila Olimpica,(a) Dijitalize edilmiş noktalar (b) Dijital yüzeyin yeniden yapılanması (c) Dijital yöntemlerle üretilmiş model (Kolarevic, 2003:3) (F. Gehry)

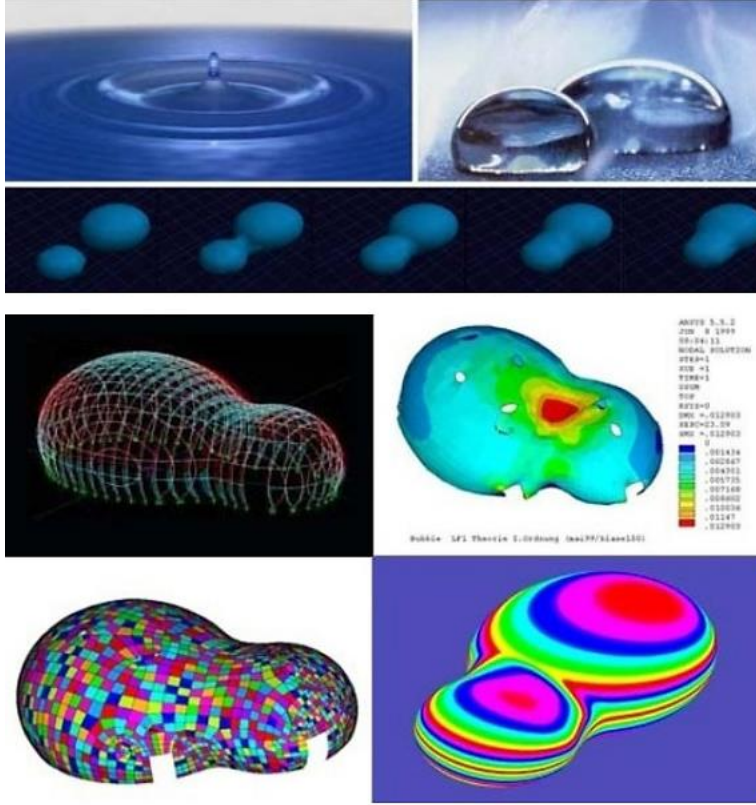


Şekil 2.6. “Experience Music” projesi, (Seattle 2000)

Dijital tasarım ve üretim teknikleri ile yapılmış olan başka bir örnek olarak “Forming doubly curved panels” projesi incelenebilir, Bu proje BMW ticaret fuarı için Franken Architekten tarafından bir su damlası konseptinden temiz ve sürdürülebilir bir yapıyı sergilemek amacı ile geliştirilmiştir. Bu stürüktür tamamen dijital yöntemler ile tasarlanmış ve üretilmiş olan ilk projelerden sayılır (Dunn, 2012) ( Şekil, 2.7).



Şekil 2.7. BMW Fuar Alanı ( Frankfurt 2000 )



Şekil 2.8. BMW Fuar Alanı tasarım süreci ( Frankfurt 2000 ) (Dunn 2012: 152)

### 2.2.1. Dijital tektonik kavramı ve gelişimi

Dijital tektonik kavramı mimari tasarım metodolojisinde yeni bir yaklaşım olarak dahil olmaktadır. Tektonik aslında yapılandırma öğelerine odaklanmak anlamında kullanılmakta olup, Dijital tektonik ise geleneksel yapım yöntemleri ile tasarım programlarını buluşturmak çabasıdır (Beesley, Thomas, 2000). Mimarlığın bilgisayarların algoritmik gücünden ve programlardan doğmayıp belki yapım malzemelerin yapısal özelliklerinden doğarak ortaya çıkması son zamanlarda tartışma konusu olmaktadır (Beesley, Thomas, 2000).

Chris Williams'ın düşündüğüne göre, Leach'in son zamanlarda öne sürdüğü "Digital Tectonics" kavramı kendi halinde çelişkili görünmektedir, çünkü tamamen dijital, maddi olmayan ve bilgisayarların algoritmik bir dünyasına ait olan bir terim hal bu ki tektonik tamamen maddi dünya yapılandırmasına ait olan bir kavramı ifade etmektedir. Fakat Leach(2004), göre "Dijital tektonik" mimarlığını bilgisayar programlarının algoritmik gücünden değil, belki gerçek maddenin tektonik gücünden almaktadır (Williams, 2004:4). Leach ve arkadaşları (2004), 'Swarm Tectonics' makalesinde mimarlık anlayışını , Deleuz

düşüncesinden Gotik mimarlığının düşünce anlayışını ve digital teori düşünceleri arasında ‘emergence’ (Beliren sistemler) kavramı aracılığıyla bağlantı kurabilmeye çalışmaktadır (Leach, Turnbull, Williams,2004:4).

Leach ve arkadaşlarının, kullandığı “emergence” deyiminin son zamanlarda ilgi çekmeye başlayan tarafı; farklı popülasyonların davranışları ve hareketleri arasında bağlantı kurmaya çalışması; örneğin karıncaların ve termitlerin ve insan topluluklarındaki faaliyet biçimlerinin bir birine benziyo olması ve ayrıca direk bilgisayar işlemlerine benzediğini açıklamaktadır. Bilgisayar (kelimesi latincece birarada düşünmek anlamına gelerek) küçük parçaların biraraya gelip çalışması anlamına gelmektedir. Bu konu ‘swarm intelligence’ (sürü zekası) kavramındada aynı şekilde açıklanmaktadır. Örneğin kuşlar, arılar ve ya bir balık sürüsü parçaların herbirinden daha üstün bir performans sağlayacak şekilde bir grup zekası geliştirmektedirler. Bu düşünce aynı şekilde bir strüktürün kendini organize ede bilen bir mekanizma gibi olabilmesini savunmaktadır. Bu nedenle bilgisayar işlemleri ve stüktürlerin davranışları arasında bir bağlantı kurmak gerekmektedir, stüktürel davranışları daha iyi anlaya bilmek için bilgisayar simülasyonları aracılığı ile kuramsal örneklerin düzenlenmesi gerekmektedir (Leach, Turnbull, Williams,2004:4).

“Beliren/Ortaya Çıkan” mimari (*Emergent Architecture*), mimari biçim geometrisinin kurgusundan önce performans değerlerine önem veren, adapte olma, kendisini yeniden düzenleme özelliklerine sahip program birleşimlerine izin veren bir mimari yaklaşımdır (Akipek, 2004). “Beliren (*Emergence*)” birçok disiplinin içinde görülen ve evrimsel biyoloji, yapay zeka, karmaşıklık kuramı gibi teorilerle bağdaştırılan bir kavramlar bütünüdür (Weinstock, 2004). Üretimi sağlayan kurallar, parametreler ya da objeler önceden tahmin edilemeyecek rastlantısal ve karmaşıklıkta formların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu tasarım anlayışında kişi, nesneler ve çevre yapıları arasındaki dinamik ilişkinin önemi vurgulanmaktadır. Yapının bulunduğu yere ait dinamik süreçleriyle doğal dünyaya benzetilmesi yeni teknolojilerle daha kolay gerçekleştirilebilir (Weinstock 2004)

Zaman ve mekan içerisinde dönüşen biçimlerin ortaya çıkışını morfogenetik (*morphogenesis*) temsil etmektedir. Biçimler tasarlanan çevreyle dinamik ilişkilere sahip kurgular içerisinde ortaya çıkarlar. Biçimler kendini ortaya çıkararak karmasık örüntüler oluşturmaktadır. Yapı geometrisi, kendi kendini oluşturan süreç (morfogentik) içersinde, kendi çevresine adapte olan dinamik örüntüler ile tanımlanmaktadır. Ancak bu tasarım

süreci su an sadece model olarak kalmaktadır. Çünkü yapay organizmaların üretimini gerçekleştirmek günümüzde zor olsa da, yapının tasarımında bulunduğu yerin dinamik süreçlerini hesaplayan tasarım anlayışıyla doğal dünyaya benzetilmesi gelecek yeni teknolojiler aracılığıyla daha kolay gerçekleştirecektir (Weinstock, 2004).

Frazer' (1995)'e göre Morfogenesis; bir canlının gelişmesi sırasında büyüme ve hücre farklılaşması ile özel şeklini alması olayı olarak tanımlanmaktadır (Frazer, 1995). Evrimsel Mimarlığın amacının; yapılı çevrede, ortak yaşam devinimi ve metabolik dengeyi, doğadaki gibi sağlayabilmek olduğunu belirtmiştir. Evrimsel Mimarlık'taki biçim türetme sürecini; doğadaki morfogenez (morphogenesis) sürecine benzetmektedir. Bu sayede mimarlık alanında biçimler evrim kuralları ile türetilbilecektir.

Roudovski, morfogenesisin mimari yorumunu üç temel unsurla ifade etmektedir. Ona göre mimari tasarım doğada çözülmüş problemlerin benzerlerini çözmeye çalıştığından canlıları örnek alır, doğadaki adaptasyon gelişim konseptlerini ve sistemlerini kullanır, gelişim ve adaptasyonları (özellikle biyoloji ve mimarlık) sanal ortamlarda modelleyerek öğrenme yoluna başvurur (Roudovski, 2009).

Bu konu bağlamında “In Design by algorithm” adlı kitapta Chris Williams tarafından yeni tasarım yöntemleri için olan bir düşünce olarak algoritmaların stürüktür tasarımında önemli bir rol oynayaabileceklerini ve bu bağlamda Londrada “British Museum” deki avlunun cam çatısının stürüktürünü örnek vermektedir( Şekil, 2.9). Bu projede avlunun üstüne yerleştirilebilecek bir kapak gibi fakat binanın yapısında hiçbir değişiklik yapmadan bir çözüm üretilmesi istenmiştir. Bu doğrultuda Chris Williams tarafından yazılmış olan bir algoritmada avlunun dış hatları belirlenerek daha sonra Mike Barnerin “dynamic relaxation” tekniğini kullanarak düğümlerin kesin yerleri belirlenmiştir. Düğümler sayısal bir gridin farklı alternatiflerini her düğümün etrafındaki düğümlerin ağırlık ortalaması haline gelene kadar denenmiş ve sonunda en uygun olan model sunulmuştur( Williams, 2004: 9).



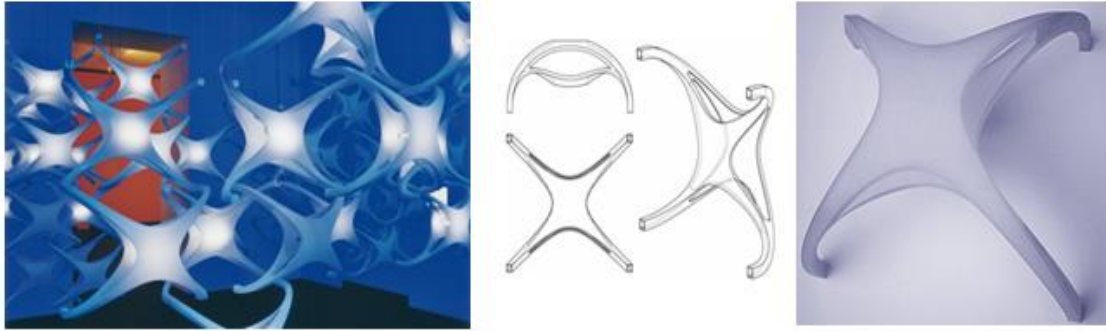
Şekil 2.9. British Museum yenileme projesi (Norman Foster and Partners -2000)

Dijital tektonik kavramının getirdiği başka bir düşünce olarak sunulan, mekanik süreçlerin nasıl işlediğinden söz etmektedir. Bu işlemler tasarım atolyelerine malzemelerin elemanlarını dijital yöntemler ve CNC üretim makinaları aracılığı ile hızlı prototipler ürete bilmeye hedeflemektedir. CNC araçları çok yukarı bir dikkat derecesi ve ayrıca karmaşık formları ürete bilmek açısından kolaylık sağlamaktadırlar. Bu çalışmalar doğrultusunda son zamanlarda yapılan “SERVO” mimarlık ofisinin sıradışı bir çalışması örnek verilebilir. Bu tasarım ekibinin çalışmalarından biri olan “Lattice Archipelogs” projesi, İnteraktif tasarım ve makinesel süreçlerin bir deneğimi olarak smart studiyoda tasarlanmıştır( Şekil 2.10). Projenin Kafes stürüktürü yarı şeffaf bir plastikten ve stereolitografi\* tekniği ile üretilmiştir.

---

\* stereolitografi bilgisayarla kontrol edilen bir araç olarak üç boyutlu objeleri üretmek için tasarlanmıştır, bu araç hareket edebilen bir lazer sisteminden ve bu lazerin hareket ederek tasarımı hedeflenmiş olan objenin katmanlarını sıvı bir polimerle temas ettiğinde katılaştırarak oluşturmaktadır.<http://www.servo-la.com/index.php?/projects/lattice-archipelogs/>

Bu projedeki elemanlar LED aydınlatıcıları ile ve seyircilerin hareketine yanıt vererek interaktif bir şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 2.10. LED sistemleri ile aydınlatılmış olan interaktif “Lattice Archipelogs” projesi, (2002 Graz, Avusturya )

### 3. GEOMETRİ VE BİÇİM İLİŞKİSİ

Mimarlık ve matematik arasındaki ilişki tarihin ilk dönemlerinden itibaren devam etmektedir. Bunun sebebi yalnızca mimarlığın matematikten yararlanması değil her iki sistemin de bir düzen ve estetik arayışı içersinde olmasıdır. Matematik doğada, mimarlık ise yapılarda bu düzene ve estetiğe ulaşmayı amaçlamıştır. Matematik, estetik sonuçları büyük derecede etkileyen en önemli tasarım faktörlerinden biridir (Pekol, 2011).

Mimarlık, belirli biçimler yaratmak veya yaratılan biçimleri sınırlamak için oransal sistemleri ve geometriyi tarih boyunca sıklıkla kullanmıştır. Bu tür bir sistemi kullanmaktaki amaç, yapının elemanları arasında bir harmoni olmasıdır. Bu güzelliği sağlayan, yapı genelinde bir bütünlük hissi yaratmaktır (Timuçin, 1993). Neredeyse tarihler ve kültürler arası her mimari gelenekte, tasarımın öğleleri arasındaki ilişkiyi belirleyen matematiksel bir sistem vardır. Oransal sistem aslında çok temel öğelerden oluşur, bunlar tam sayılı oranlardan veya cetvel, ip gibi basit araçlarla yapılabilen geometrik şekillerden ibarettir. Antik dönem için Vitruvius'un kitabı bu konudaki önemli bir belgedir. Vitruvius burada Roma veya Helenistik dönemdeki tapınakları örnek vererek mimari oranlar hakkında bilgi verir (Kidson, 1996).

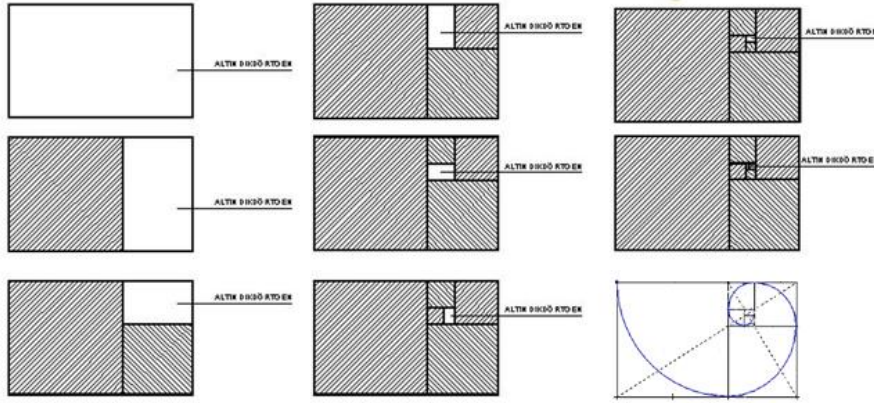


Şekil 3.1. Samos Hera Tapınağı

#### 3.1. Geometri

Geometri, matematiğin uzamsal ilişkiler ile ilgilenen alt dalıdır. Bu terim "Geo" (yer) ve "metro" (ölçüm) anlamına gelen kelimelerin birleşiminden türetilmiştir. Geometrinin çok öncelerden beri kullanışını incelediğimizde ortaçağın sonunda Mathes Roriczer ve Hanns Schmüttermayr'in yazdığı kitapta (Buchlein von der Fialen Gerechtigkeit, 1486 ve

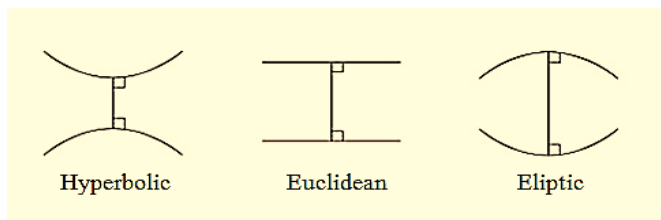
Geometria Deutsch, 1498) oranların belirlediği kuralların ortaçağ taş ustaların kullandığı standart metotlardan biri olduğu anlaşılır. Birçok kilisenin planları incelendiğinde de Altın oran ve  $\sqrt{2}$  dikdörtgenlerinin çok basit hesaplarla kullanılarak mekân düzenlemelerinin olduğu görülmektedir (Kidson, 1996).



Şekil 3.2. Altın dikdörtgen ve bir Altın Spiral oluşum kuralları

İçinden defalarca kareler çıkardığımız bu Altın Dikdörtgen'in karelerinin kenar uzunluklarını yarıçap alan bir çember parçasını her karenin içine çizersek, bir Altın Spiral elde ederiz. Altın Spiral, birçok canlı ve cansız varlığın biçimini ve yapı taşını oluşturur (Şekil3.2). Buna örnek olarak Ayçiçeği bitkisini gösterebiliriz. Ayçiçeğinin çekirdekleri altın oranı takip eden bir spiral oluşturacak şekilde dizilirler.

1871 yılında geometrilerin üç tipi Felix Klein tarafından belirlenmiştir; Geometrilere Küresel, Öklidyen ve Öklidyen olmayan geometri olarak sınıflandırmıştır. Klein, bu geometrilere Eliptik (Küresel), Parabolik (Öklidyen) ve Hiperbolik Geometri (Öklidyen olmayan) adını vermiştir (Dönmez, 2002) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Dikey çizgilerin her üç (Hiperbolik, Euclidean ve Eliptic)geometri de aldıkları şekil [9]

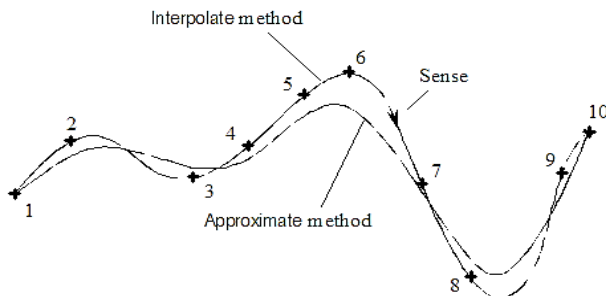
Öklid dışı geometri ise hiperbolik ve eliptik geometrileri içeren geometridir. Aralarındaki en büyük farklılık paralel çizgilerle ilgili olandır. İki boyutlu bir düzlemde sonsuza uzanan düz çizgiler düşünün ve bunların her ikisinde bir üçüncü çizgi ile dik açı yapsın. Öklid geometrisinde çizgiler birbirinden sabit bir uzaklığı korur ve paralel çizgiler olarak adlandırılırlar (Turner, Blackledge, Andrews, 1998).

Matematikçilerin daha sonraki çalışmalarında, mekanın sadece eğrisel değil, çokboyutlu olabileceği de görülmüştür. Örneğin, Riemann geometrisinde –küresel geometri olarak da bilinir- düzlem (plane) bir küre üzerine yerleştirilir, ve çizgi ise küreyle aynı çapta bir çemberdir. Buna göre Riemann geometrisinde paralellik yoktur, ve her sonsuz çizgi, diğer sonsuz çizgileri keser; iki nokta arasındaki mesafe her zaman eğrisel bir mesafedir yani düz değildir (Riemann, 2005).

### 3.1.1. Nurbs

Dijital modelleme yazılımlarındaki devam eden gelişmeler senelerce öklid geometrinin sınırlarında hareket etmeye mecbur kalan tasarımcılara yeni yöntemler suna bilmektedir. Dijital teknolojilerden önce “eğri yüzeyler ve biçimler” oluşturmak için daire çaplarına yakın olan ve ya düz çizgi halinde olan formlar yapılmaya çalışılırdı. Ancak yeni dijital tasarım yöntemleri tasarımcıları kartezyen uzayda değil topolojik geometriyi kullanarak daha esnek biçimlere ulaşabilmeleri için desteklemektedir (Dunn,2012: 40).

NURBS( Non-uniform Rational B-spline) kısaltması içinde olan B harfi (*Basis function*), Eğrinin Eğim derecesini belirleyen yani ana fonksiyonu gösteren parametredir. R harfi (*ratio*) dan alınmış olmaktadır ve iki basit fonksiyon arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır (Kolarevic,2003).

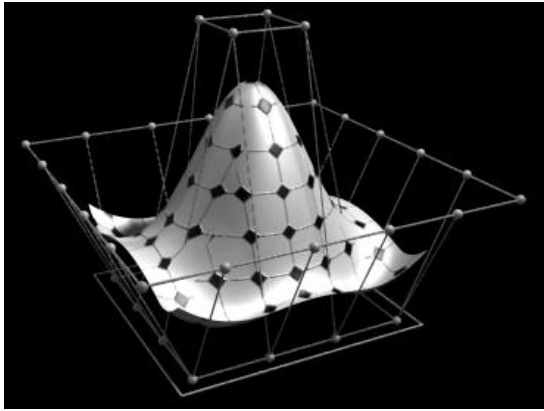


Şekil 3.4. NURBS eğrileri yöntemleri

Nurblerin keşfi, benzier eğrileri, spline'lar ve node'ların geliştirilmesinden sonra mimari çizim ve modelleme programlarında amorf formların hayat bulması için uygun bir ortam sağlanmıştır( Şekil3.4). Öklid geometrisinden, Kartezyen uzayndan ayrılma ve matematikte NURBS olarak adlandırılan biçimlerin kullanılması ile ortaya çıkmıştır (Kolarevic, 2000).

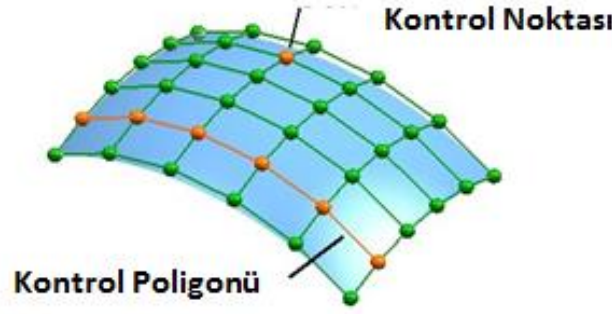
Eğriler tiplere ayrılmıştır, Bezier splines (b-splines), cardinal splines, NURBS, Catmull-Rom splines, Hermite splines gibi farklı ekillerde tanımlanmış eğriler de mevcuttur. NURBS eğrileri modellemede daha rahat, esnek bir kontrol imkanı sunmuştur. NURBS, modelleme tekniği ile pürüzsüz eğrisel yüzeyler yaratılmakta, kontrol edilmekte, dönüştürülmektedir (Turan, 2011).

NURBS aynı zamanda, dijital mimarinin hesaplama gerektiren heterojen formlarını rahatlıkla gerçekleştirebilme, ve hatta yapım aşamasında da CNC ve MJM makinalarına gereken datayı verebilme imkanı sağlamıştır (Şekil 3.5). <http://en.wikipedia.org/wiki/NURBS>



Şekil 3.5. Üç boyutlu bir NURBS eğrisi herhangi bir karmaşık ve ya doğal form halinde tasarlanabilir

Sonuç olarak tasarım programlarındaki devam eden bu gelişmeler tasarımcılara öklid geometrilerin sınırlarında kalmayıp ve eğri yüzeyler ve biçimlerin tasarımında kolaylık sağlamıştır. “rubber sheet” geometrisi olarak tanınmış olan topolojik mimari artık eğrisel yüzeyleri NURB ler ile tanımlayabiliyordur. Ayrıca NURBS ler ile türetilen eğriler ve yüzeyler yüksek bir derecede “Kontrol Noktaları”nın yardımı ile ağırlık ve topluluk açılarından kontrol edebilir hale gelmekteledir( Dunn, 2012) (Şekil 3.5).



Şekil 3.6. NURBS ler “Kontrol Noktası” ile kontrol edile bilmektedir

### 3.1.2. Mesh ler

Önceki bölümde konuşulduğu gibi bilgisayar ortamında üretilen yüzeyler ve eğriler NURBS ler yardımı ile üretilmektedir, bu bağlamda daha karmaşık ve üç boyutlu hacimlerin ve biçimlerin üretilmesi için “Mesh”lerin yardımı gerekiyordu. En çok kullanılan meshler çok genlerden ve çok yüzölçülerden ibarettir. Her iki durumda da mesh “vertex” ve “edge” lerden oluşan geometri ile eşit bir düzenleme sağlamaktadır (Dunn,2012). “vertex” ler bir geometrik biçimin köşelerini ve ya kavşaklarını belirten noktalardır, ayrıca vertex ler renk, doku koordinatları gibi farklı özelliklere sahip olabilmektedirler. “edge” ise iki vertexin arasındaki bağlantıyı sağlayan elemandır, edglerin yanyana gelip bitişik bir geometrik şekli oluşturmalarında bir “face” ve ya bir yüzey oluşturulmuş oluyor. Bir dizi “face” in bir araya gelmesinden ise çokgen oluşuyordur. Çokgenler üç ve ya dört boyutlu biçimleri oluşturma bildikleri için render almak gibi işlemleri olumlu haline getirmektedir. Sonuç olarak Meshler dijital tasarım ve render alanları dışında (FEA) Finite Element Analysis (Sınırlı Eleman Analizleri) ve (CFD) Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) alanlarında da dijital simülasyon açısından kolaylık sağlamaktadırlar (Giaccardi, 2008).

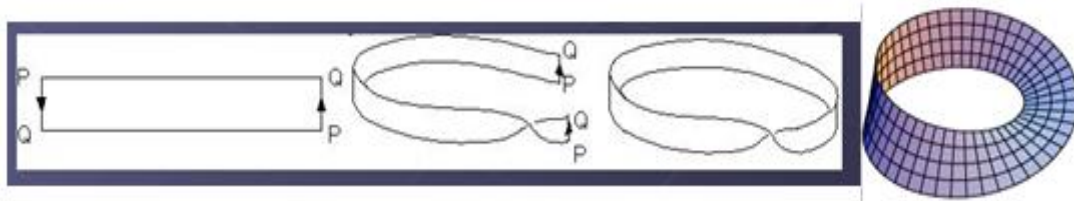
### 3.1.3. Topoloji

Topoloji, eski Yunanca 'da yüzey veya uzay anlamına gelen “*topos*” ve “*bilim*” anlamına gelen “*logos*” kelimelerinden türetilmiştir. Dolayısıyla topoloji uzaylar veya yüzeyler bilimidir. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Topoloji> Topoloji, matematikte geometrik biçimlerin ya da objelerin sündürme, döndürme gibi dönüştürme işlemleriyle değişmeyen

özelliklerinin incelendiği bir daldır . Örneğin bir daire ile elips, ya da kare ile dikdörtgen topolojik olarak aynıdır. Tanımlanmış/Belirlenmiş (*explicit*) geometride bir objenin öncelikle geometrik biçimi tanımlanırken, Topolojik geometride objenin kenar, köşe ve nokta sayısı gibi değerlerine bağlı olarak ilişkisel yapılar tanımlanmaktadır. Topolojiye dayalı tasarımlarda, biçimsel kompozisyonlara ait biçimlerin arasındaki ilişkisel mantığı kurmak esastır. Mantık kurulduktan sonra çeşitli dönüşümlere açık, aynı ilişkisel sistem üzerine kurulu birçok biçimsel alternatifin üretilebilmesi dinamik bir tasarımı mümkün kılmaktadır (Kolarevic, 2003).

Topolojik geometride amaç, nesneleri yırtmadan ve koparmadan, eğip bükerek bir başka nesneye dönüştürebilmektir. Topoloji, matematiğin bir dalı olarak 19. yüzyılın sonlarında ünlü Fransız matematikçi Henri Poincaré'nin (1854–1912) çalışmaları ile sistematik oluşumuna başlamıştır. İlk topolojik kavramları ortaya atıp üzerine derin bir teoriyi kuran Poincaré'dir. Poincaré, “Topoloji, geometrik şekillerin, sadece alımsız uzayda değil, üçten fazla boyutlu uzaylarda da niteliklerini öğrenmemizi sağlayan bir bilimdir.” demiştir.

Topolojik geometrilerinin en popüler olanı, Alman matematikçi A. Ferdinand Möbius' 1858 yılında ortaya koyduğu Möbius Şerididir (Şekil3.7).



Şekil 3.7. Möbius şeridinin elde edilişi

Topolojik yapılanmalar genelde “karmaşık” ya da “eğrisel” olarak tanımlanmakta, topoloji eğrisel yüzeylerle eşanlamlı olarak düşünülmektedir. Oysaki bu doğru değildir. Ayrıca topolojik yapılanmaların Öklid-dışı geometrilerle üretildiği yönünde bir yanlış anlayış da vardır (Kolarevic, 2003).

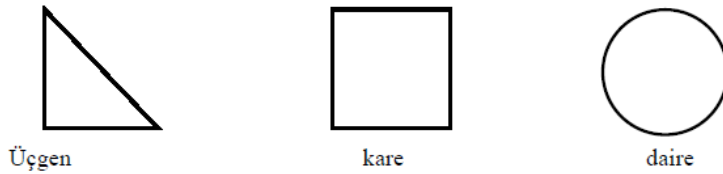
### 3.2. Biçim

Genel anlamı ile “biçim”, bir olgunun duyu organları ile algılanabilen dışsal özellikleri olarak tanımlanmaktadır. Mimarlıkta ise, görsel anlamda binanın algılanan dış ve mekansal

özellikleri olarak anlaşılmaktadır. Biçim kavramı bir nesnenin genel hatlarını ifade eder. Mimarlıkta biçim kavramı benzer şekilde, kitlenin veya boşluğun sahip olduğu biçiminin bütünsel, genel düzenidir. “Biçim”, bir binanın kurulum ya da şeklini belirler. “Düzlem (shape)” ise iki ya da üç boyutlu bir objenin sınır ya da yüzeylerini belirler (Crisman, 2007).

Biçimlendirme ise, insanların duygu, düşünce ve eğilimlerinin karşılıklı olarak iletilmesini ve bu yolla toplumun yaşam deneyi birikiminin kuşaktan kuşağa aktarılmasını sağlayan bir anlatma- iletim aracı, bir dil olarak yorumlanmaktadır. İnsan yapısı tüm nesneler bir istek- dilek- gerek karşılığı olarak tanım-tasarım-yapım aşamalarından oluşan bir biçimlendirme süreci sonunda gerçekleştirirler( Aksoy, 1977), (Yavuz, 2011).

Biçimin, soyut-anlamsal yönünü anlayabilmek için onun dizimsel özelliklerini bilmek bir başka deyişle, biçimin görünür nitelikleri üzerinde durmak gerekir. Biçimin görünür yönünü oluşturan görsel özellikleri, genellikle onun geometrik yapısı ile özdeş tutulmaktadır. Kare, üçgen ve daire temel biçimlerdir (Krier, 1983) (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Temel biçimler

Onat’ın da belirttiği gibi; ötekilerin ondan hareketle türetildiği temel veya asıl unsur asal biçimleri anlatır. Temel (asal) biçimler, kare, üçgen ve çokgen gibi geometric yüzeylerin birbirlerini bütünleyerek kapanacak biçimde bir araya getirilmesiyle oluşan, çok yüzlü cisimlerdir. Bu biçimler, küp, prizmalar, piramitler, silindir, koni ve kürelerdir (Onat, 1995).

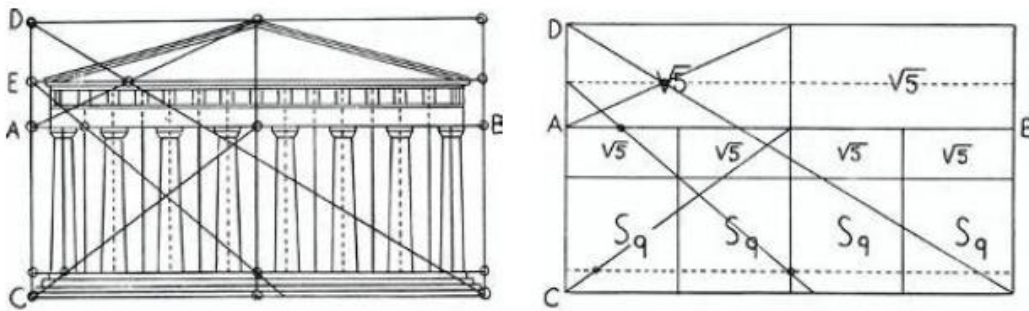
|                           | KÜP/CUBE                                                                          | PRİZMA/PRISM                                                                      | PİRAMİT/PYRAMID                                                                   | SİLİNDİR/CYLINDER                                                                 | KONİ/CONE                                                                         | KÜRE/SPHERE                                                                       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| İÇERİ FORMU/SHAPE OF PLAN |                                                                                   |  |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
| YANİTİM/SHAPE OF PLAN     |  |  |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
| İÇERİ FORMU/SHAPE OF PLAN |                                                                                   |  |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
| YANİTİM/SHAPE OF PLAN     |                                                                                   |  |  |  |  |  |

Şekil 3.9. Asal biçimler( Onat, 1995)

### 3.3. Mimarlık ve Biçim İlişkisi

Biçim bir mimari yapının formunu oluşturan ve dikkat çeken ilk özelliğidir. Mimari tasarım sürecinde genellikle yöntem olarak başlangıçta biçimden yola çıkılmakta, sonra mevcut konstrüksiyona adım adım ulaşılmaktadır( Pottman, Kilian, 2007).

Matematik ve geometri, tarih içinde mimari yaklaşımlarda strüktürel ve görsel açıdan formların tasarlanmasını etkilemiştir. Parthenon tapınağı gibi Eski Yunan mimarisi örneklerinde, doğadan esinlenerek geliştirilen altın oran bağıntısından yararlanılmıştır (Sekil2.21). Mısır mimarisinde astronomi bilimi etkisinde geliştirilen çeşitli geometrik oranlar ve hesaplamalar kullanılmıştır. Rönesans mimarisinde Vitruvius'un türettiği matematiksel ilişkilere dayalı oranlar, ritimler ve simetriler önemli rol oynamıştır. Modern mimarinin kübik formları ve dikdörtgen duvarları Öklid geometrisinin özelliklerini göstermektedir.



Şekil 3.10. Parthenon'a ait uyum (harmony) analizi

Unwin (1997), *Mimariyi Analiz Etme (Analysing Architecture)* isimli kitabında mimari tasarım ve geometri ilişkisini şöyle açıklamaktadır: “Mimari tasarımda biçimlerin geometrisini oluşturan ölçütler öncelikle tasarımcıların tercihi yönünde belirlenmektedir. Mimarlıkta tasarımcıların geometriyi kullanımındaki yaklaşımlar, geleneksel mimaride ideal geometrilerin dayatılması ya da alana zorlanan bir geometrinin uygulanması, modern mimariden sonra ise yerin ve orada olmanın şartlarının araştırılması ile ortaya çıkarılan geometrinin kullanımıdır” (Unwin, 1997:99).

Biçim, günümüze kadar pek çok filozof, düşünür, mimar ve şekillerle tanımladığı bir olgudur. Biçim bir yapının biçimini ve yapılandırmasını ifade eden kavramdır. Biçim ve onunla ilgili olan mekan mimari tasarımın ana öğelerini oluşturmaktadır. Biçim ve mekan arasındaki bağlantıyı kurma yaklaşımı bir Biçim oluşturmakta etkileyen en önemli konulardan sayılır

Crisman (2007), “Form” adlı makalesinde biçimi ilgilendiren dört önemli parametre belirtmiştir, bunlar; biçim, kütle, ölçek ve oran’dır. İlk olarak “*biçim*”, iki ve ya üç boyutlu bir objenin yüzeylerini ve ya kenarlarını başka bir deyim ile silüetini yapılandıran faktor olarak açıklamaktadır( Crisman, 2007) (Resim 3.11).



Resim 3.1. Farklı biçimlerden örnekler

İkinci kavram ise “*kütle*” dir, kütle biçimi oluşturmak için biçim ile birleşmektedir, ayrıca kütle fiziksel cüsseyi ifade ederek yapının gerçek boyutunu göstermekte olan parametredir. Bu doğrultuda ortaya çıkan üçüncü anlayış ise “*ölçek*” dir. Ölçek kütle ile aynı anlamlara gelmemekte belki izleyici tarafından algılanan parametredir. Ölçek kuramsal bir kavram olarak kıyaslama yapılmasından ortaya çıkan bir anlayıştır( Crisman, 2007) (Şekil 3.2).



Resim 3.2. Farklı ölçeklerde yapılmış bina örnekleri

Crisman son olarak “*oran*” dan bahsederek, bu deyim yapıdaki bir elemanın diğer elemanlarla arasındaki olan ilişki olarak ifade etmektedir. Bu bağlamda mimari tasarımlar aritmetik, geometrik, ve ya harmonik özelliklere sahip olarak farklılaştırılmaktadır (Phoebe Crisman, 2007). Tarih boyunca, mimaride oran kavramına, güzelliğin tek yaratıcısı olarak bakıldığı da olmuştur. “Mimari oran sanatıdır.” şeklindeki tanımlamalar yaygındır (Kuban, 1990).

## 4. ALGORİTMİK TASARIM VE ÜRETKEN TASARIM YAKLAŞIMLARI

Terzidis algoritmayı tanımlarken “Algoritmanın yalnızca bir tür program kodlama yöntemi bilgisayar uygulaması ve ya bir dil olmadığını, aksine algoritmanın; felsefi, sosyal, sanatsal ve tasarıma dair yankıları ile derin ve kapsamlı bir teorik konu olarak tanımlamaktadır. Algoritmik düşüncenin ve hesaplamalı teorinin mimarlık alanındaki yansımalarını değerlendiren Terzidis, programlamayı mimarlığın eklentisi olarak görmektense mimarlığın programlamayla bir arada harmanlanması ve özümsemişi gerektiğini savunmaktadır (Terzidis, 2006).

### 4.1. Algoritma Tanımı

Algoritma teriminin kökeninin genellikle yunanca olduğu düşünülür fakat bu terim aslında arapcadır ve 8.Yy a atfedilen Al-Khwarizmi adlı İranlı bir matematikçiye dayanmaktadır (Terzidis, 2006: 7).

Algoritma, matematikte ve bilgisayar bilminde bir işi yapmak için tanımlanan, bir başlangıç durumundan başladığında, açıkça belirlenmiş bir son durumunda sonlanan, sonlu işlemler kümesidir. Yani belli bir problemi çözmek veya belirli bir amaca ulaşmak için çizilen yola algoritma denir. Genellikle programlamada kullanılır ve tüm programlama dillerinin temeli algoritmaya dayanır. Aynı zamanda algoritma tek bir problemi çözecek davranışın, temel işleri yapan komutların veya deyimlerin adım adım ortaya konulmasıdır ve bu adımların sıralamasına dikkat edilmelidir.

Terzidis (2006)’e göre bir algoritma bir problemi çözümleye bilmek için bir kaç adımlık if-then-else işlemlerinden oluşan bir sıralamadır (Terzidis, 2006).

Geleneksel tasarım sürecinde karar verme mekanizması tasarımcıdır ve kontrol onun elindedir. Algoritmik süreçlerde ise; başlangıç durumuna, izlenecek yola, genel kurguya yazılımcı veya tasarımcı karar verse de sonuç ürün onun kontrolü altında değildir. Yani algoritma insan beyninin yorumlanmasıyla öte düzenlenmesi, araştırılması ve kodlanmasıdır (Terzidis, 2006).

Algoritma yazım süreci de kendi içinde bir algoritmadır. Programlamacı insan, ilk algoritmayı kurar ve ardından orijinal algoritma, baska algoritmalar yaratır. Algoritmanın ana fikri bir insana ait olsa da, algoritmalar; tanımlayan, açıklayan ve bir seri işlem yapan ve bunların sonucunda da baska işlemler tanımlayan süreçlerdir. Bazen orijinal kodun amacından ve olası sonuçlarından uzaklaşarak farklı sonuçlar elde edilebilir ve rastgele durumlar oluşturan kodlar, tahmin edilemeyecek sonuçlar doğurabilir (Terzidis, 2006).

Genelde düşünenlerin aksine algoritmalar her zaman tamamen tasarımcının fikrinden üretilmeyip, doğal süreçlerin benzeri ile ortaya çıkmaktadır. yapmaktan ortaya çıkmaktadır. Örneğin genetik algoritmalar bir popülasyonun zaman geçtikçe üremesini inceleyerek nesillerde oluşan davranış ve adaptasyonlarını test edip çözümlerini tekrar edilen çiftleşme ve dönüşümlerin arasından seçmektedir (Terzidis, 2006: 19).

En çok kullanılan algoritmalar şu şekilde sıralanabilir;

- Arama algoritmaları
- Bellek yönetimi algoritmaları
- Bilgisayar grafiği algoritmaları
- Birleşimsel algoritmalar
- Çizge algoritmaları
- Evrimsel algoritmalar
- Genetik algoritmalar
- Kripto algoritmaları veya kriptografik algoritmalar
- Kök bulma algoritmaları
- Optimizasyon algoritmaları
- Sıralama algoritmaları
- Veri sıkıştırma algoritmalar

#### **4.1.2. Mimari tasarımda kullanılan algoritmalar**

Terzidis (2006), ‘Algorithmic Architecture’ adlı kitabında, “algotecture” terimini, algoritmaların, mimarlıkta kullanımına işaret etmek amacıyla kullanmıştır. Algoritmalar sonucu belli olan veya olmayan pek çok problem için çözüm stratejileri oluşturur. Mimari tasarımda da farklı çözüm yolları vardır, sonuç değişkendir, ucu açıktır ve kesin değildir.

Tasarım böyle bir yapıya sahipken kodlar, standartlar, sabitler ve hesaplamalı değişkenlerle, dijital ortamda, tasarıma nasıl alternatifler sunulabilir sorusu akla geliyor. Ancak algoritmalar her zaman sonuca yönelik olmayabilirler, çözüm yolları önerebilir, bir süreç tanımlayabilirler. Bir algoritma, örneğin; A noktasından B noktasına hangi yoldan gidilmesi gerektiğinden öte hangi yollardan gidebileceğini söyleyebilir, süreci tanımlayabilir. Bazı karmaşık, muğlak ve ucu açık sorunlar vardır ki; insan beyni bunları çözme konusunda yeterli olmayabilir; böyle durumlarda bilgisayar sistemleri ve insan beyni arasındaki etkileşimli bir ilişkiye ihtiyaç duyulabilir (Terzidis, 2006).

Son dönemlerde algoritmalarından bazıları çizim programlarını geliştire bilmek için kullanılmaktadır. Mimarlık alanında mimarlar için yeni çözümler bulabilmek ve değişik formları tasarlayıp ürete bilmek için önemli bir rol oynamaktadır. Mimarı tasarım sürecinde etkileyen parametreler aslında tasarımı oluşturmaktadırlar. Bu veriler fiziksel çevre verileri( güneşin yönü, rüzgarların yönü), teknik- teknolojik veriler (stürüktür,yapım tekniği, malzeme), estetik veriler( sosyo kültürel veriler, ekonomik veriler) olabilir.

Bu bağlamda herhangi bir mimari tasarım probleminin çözümlenmesinde mimar bu verilerin birini veya bir kaçını kullanarak tasarımını yapabilir. Bu durumda bu veriler bina çözümlenmesini tanımlayan algoritmanın adımlarını tanımlayan veriler olarak düşünülebilir (Terzidis, 2006: 28). Mimarlıkta form üretim alanlarında şimdiye kadar en çok kullanılan geometrik işlemlere sahip olan algoritmalar şu şekildedir.

- Evrimsel algoritmalar
- Genetik algoritmalar
- Optimizasyon algoritmaları
- Bowyer – Watson Algoritması
- Lawson Algoritması

Bu algoritmalarından evrimsel algoritmalar ve genetik algoritmalar aynı zamanda birer üretken sistem örneği olarak literatürde yer aldığı için bu başlık altında daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

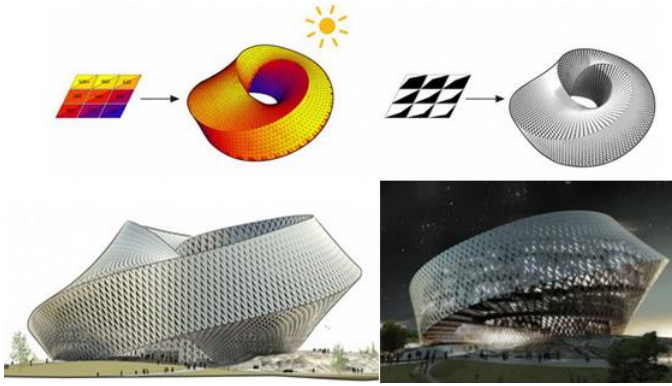
### Optimizasyon algoritmaları

Matematikte, matematiksel programlama yada optimizasyon terimi; bir gerçel fonksiyonu minimize ya da maksimize etmek amacı ile gerçek yada tamsayıdeğerlerini tanımlı bir aralıkta seçip fonksiyona yerleştirerek sistematik olarak bir problemi incelemek ya da çözmek işlemlerini ifade eder. Pek çok tasarım problemi de optimizasyon programları ile çözülmektedir. Bu tür uygulamalara "tasarım optimizasyonu" denir. Bu alanda bilinen ve büyümekte olan bir alt kol çok disiplinli tasarım optimizasyonu'dur. Bu tür, pek çok problemde kullanışlı olduğu gibi aynı zamanda da uzay mühendisliği sahasına uyarlanabilmektedir. Mimaride bu algoritmanın kullanılmış olduğu bir tasarım olarak Örnek olarak Philippe Morel tarafından tasarlanan tasarlanan sandalye verile bilir ( Resim 4.1)



Resim 4.1. Optimizasyon algoritması ile tasarlanan sandalye (Philippe Morel 2006)

Optimizasyon algoritmalar yardımı ile tasarlanmış başka bir proje ise "Astana millikütüphanesi" dır. Bu proje möbius şeridi üzerinde gerçekleşen bir harektden ibaretdir. Binanın kabuğu duvar olarak ilerleyip ve çatı olarak devam etmektedir (Şekil, 4.28)



Şekil 4.1. Optimizasyon algoritmaları ile tasarlanan “Astana millikütüphanesi”

Son zamanlarda bu algoritmanın kullanımı sadece mimarlık alanında değil diğer tasarım alanlarında’da görünmektedir, örneğin moda tasarım ve takı tasarımlarında 3D print, laser cutter ve CNC gibi araçların vasıtası ile matematik, bilgisayar grafikleri ve dijital üretim tekniklerini birleştirerek yeni tasarımlar ortaya çıkmaktadır, bunlardan biri olarak “nervous system” grubunun takı tasarımları örnek verilebilir( Şekil 4.2) .



Şekil 4.2. Optimizasyon algoritmaları ile tasarlanan takılar (n-e-r-v-o-u-s grup)

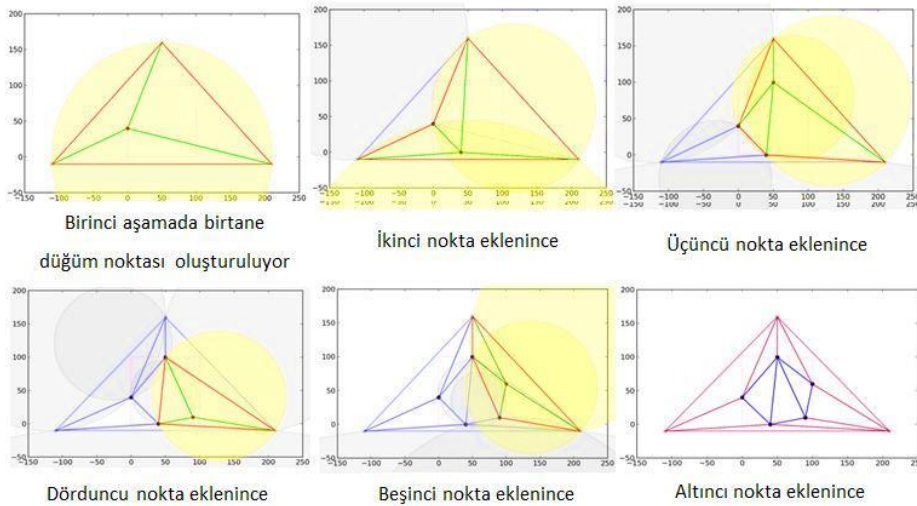
Bir diğer alansa, moda tasarımda alanıdır. Van Hapen ve ortakları mimar Daniel Widrig ve MIT profesörlerinden olan Neri Oxman ve Körner moda tasarım endüstrüsüne yeni tasarım deneyimlerini ve dijital üretim tekniklerinin kullanımını Haute Couture- Hybrid Holism, Voltage, “Wilderness Embodied” ve “BioPiracy” projesi ile sunmaktadır( Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Algoritmik moda tasarım örnekleri (Van Hapen, Daniel Widrig ve Neri Oxman)

#### Bowyer – Watson Algoritması

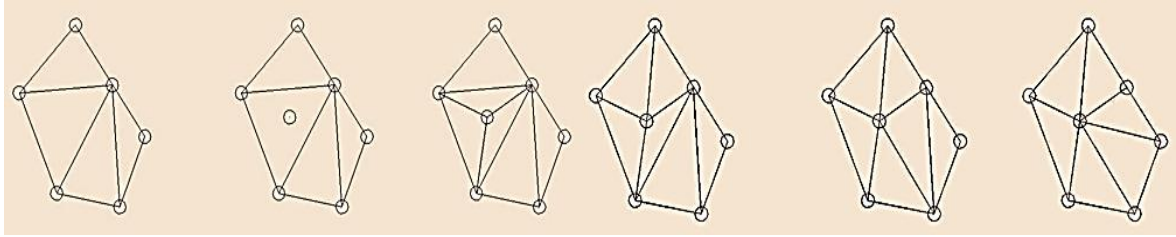
Geometrik işlevleri olan başka bir algoritma olarak “Bowyer – Watson Algoritması”dır. Bu algoritma 1981 yılında Adrian Bowyer ve David Watson tarafından aynı zamanda fakat birbirlerinden bağımsız olarak bu algoritmayı bulmuşlardır. Bu algoritma, düzleme dahil edilen yeni noktaların mevcut üçgenlemeye eklenmesiyle çalışır. Her ekleme işleminde hangi üçgenlerin çevreleyen çemberlerinin yeni eklenen noktayı içerdiğini belirlemek üzere tarama yapılır. Sonra bu üçgenin o çembere ait olan kenarı silinir ve böylelikle yeni eklenen noktayı içeren bir poligon oluşur. Son olarak, yeni eklediğimiz noktadan poligonun her bir köşesine kenarlar çizilerek nokta üçgenlenmiş bir şekilde sisteme dahil edilmiş olur( Şekil 4.4)



Şekil 4.4. Bowyer – Watson Algoritması ,geometrik görselleştirme

### Lawson Algoritması

Bu algoritmanın amacı Bowyer-Watson algoritması ile aynıdır. Mevcut üçgenlemeye farklı aşamalarda yeni noktalar dahil edip her ekleme işleminden sonra yeni nokta ile bu noktayı içeren üçgenin köşe noktaları arasına kenarlar oluşturularak üçgenleme yapılır. Sonra yeni oluşan üçgenler için delaunay kriterleri kontrol edilir. Bunun için oluşan üçgenlerin çemberleri içinde başka nokta bulunup bulunmadığına bakılır. Eğer böyle bir durum varsa kenar çevirme işlemi uygulanır ( Zimmer, 2005).



Şekil 4.5. Lawson Algoritması gelişme aşamaları

Bilgisayar teknolojisine bağlı olarak tasarım ve üretin tekniklerinin gelişmesi ile birlikte mimari başta olmak üzere pek çok alan tarafından kullanılan algoritmik tasarım kavramı, mimari de üretken sistem ve parametrik tasarım başlığı ile daha farklı disiplinlerle ilişki kurmayı sağlayan bir sistem olarak süregelmiştir( Şekil 4.5).

## **4.2. Üretken Tasarım Ve Üretken Sistemler**

Üretken tasarım kavramı, eylemi gerçekleştirenin sonuçtan çok sürecin içeriği ile ilgilendiği yöntem, üretken tasarım sistemi ise kullanıcıya bu süreçte destek veren yada tasarımı tamamı ile elen sistem olarak tanımlanabilir. Sistemin üretkenlik kapasitesi tasarımcının yenilikçi ürünler ortaya koymasına ve tasarım yönelimlerini geliştirmesine göre belirlenir (Fischer, Herr, 2001).

Tasarım probleminin karmaşık bir süreç olması, tasarımcıların ancak kompleks sebep sonuç ilişkileri, adaptif düşünme süreçleri ve sezgisel karar vermesi gerekliliğini doğurur . Üretken tasarım sistemi bu süreçte destek verebilmek için öneren, adaptif ve sınırlanmamış olmalıdır. Üretken sistemler aşağıda belirtilen çağrıştıcılık (görselleştirme, benzetim,

soyutlama), adaptasyon (uyarlama, otomasyon) ve gelişebilirlik (eşüretim) gibi 3 temel niteliğe ve bunların alt niteliklere sahip olmalıdırlar (Herr, 2002).

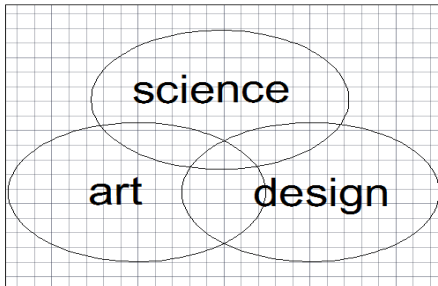
Hensel ve Menges (2004)'e göre üretken tasarım sistemi kullanıcıya çıkarsamalar yapma konusunda ilham vermeli, fikirleri yeni bağlamlara taşımalıdır ve benzer bağlamlardaki alternatifleri üretmeli ve ifade edebilmelidir. Üretken olan bir sistem, farklı kapsamlardaki ve birikimlerdeki kullanıcılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara olanak tanımalı ve adapte olabilmelidir (Hensel, Menges, 2004) (Şekil 4.6) .



Şekil 4.6. Sabun köpüğünden türetilmiş yapı kabuğu, (Water Cube)

Üretken olan bir tasarım sistemi, çağrıştıran ve adapte olan bir sistem olması sebebiyle, doğası gereği farklı alternatifler üretme becerisine sahiptir. Bu üretme becerisi bilginin birikimini ve deneyimin saklanmasıyla sağlanması ile gerçekleşir (Avital, 2007).

Üretken bir tasarım genellikle bilgisayar aracılığı ile tasarlanan algoritmalarla oluşturulan bir şekil, ses, mimari bir model veya bir animasyon çıktısıdır. Üretken tasarım normalde parametrik modellemeye dayalıdır. Bu tasarım metodu tasarım olanaklarını keşfetmek için çok hızlı bir yoldur. Cedric Kiefer göre Üretken bir tasarım sanat, bilim ve tasarımın bir araya gelmesi ve çakışmalarından meydana çıkmaktadır (Şekil 4.7) (Avital, 2007).



Şekil 4.7. Üretken tasarım Cedric Kiefere göre üç bilimin çakışmasıdır

Üretken sistemler aşağıdaki niteliklere sahip olmalıdır:

*Çağrıştırıcılık(evocation):* Üretken tasarım sistemi kullanıcıya çıkarsamalar yapma konusunda ilham vermeli, fikirleri yeni bağlamlara taşınmalıdır, benzer bağlamlardaki alternatifleri üretmeli ve ifade edebilmelidir. Bu tasarımlar bilgi teknolojilerinin kullanım ile çeşitli biçimlerde ifade ve üretim teknikleri ile meydana gelir (Avital,2007)

- *Görselleştirme(visulation):* Üretken sistem insan odaklı görselleştirme araçları ile koordine çalışabilmeli ve çok boyutlu olmalıdır.Bu şekilde obje/tasarım/esinler birçok farklı perspektiften algılanabilir ve farklı bakış açılarından aramalar yapılabilir.
- *Benzetim (simulation):* Üretken sistem tasarım sistemi mevcut olan simülasyon araçları ile iş birliği yapabilmeli ve çoklu durumlara olan reaksiyonu ölçülebilmelidir.Böylece tasarım objesinin değişim şartlar/durumlara adaptasyonu ölçülebilir yada gözlemlenebilir.
- *Soyutlama (abstraction):* Üretken tasarım farklı derecelerde şeffaflık sağlayarak obje farklı düzeylerde algılanmasını sağlamalıdır.Şeffaflığın artırılması yada azaltılması,obje/sürecin temel karakteristiklerini ayırtırmak ve kavramak için gereklidir.

*Adaptasyon(adaptation):* Üretken olan bir sistem,farklı kapsamlardaki ve birikimlerdeki kullanıcılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara olanak tanımalı ve adapte olabilmelidir.Bilgi teknolojilerinin 2 farklı yönü sistemsel esnekliği ve adaptasyonu sağlayacak içeriği sağlar.

- *Uyarlanma (customization):* Sistem farklı kullanıcılara ve durumlara (her duruma göre kendini uyarlayamayacağından dolayı),tasarımcılar tarafından kişiselleştirilebilir olmalıdır.
- *Otomasyon (automization):* Kullanıcı tarafından yapılan tercih ve sınırlamalara göre,üretken sistem kendini değiştirilebilir ve yeni durumlarda çözümler üretebilir olmalıdır.

*Geliştirilebilirlik (open-ended):* Üretken olan bir tasarım sistemi,çağrıştıran ve adapte olan bir sistem olması sebebiyle,doğası gereği farklı alternatifler üretme becerisine sahiptir.Bu

üretme becerisi bilginin birikimini ve deneyimin saklanması sağlaması ile gerçekleşir. Hesaplamalı bilimler aşağıdaki özelliklerinden dolayı, üretken sistemlerin gelişime açık olmasına imkan sağlamaktadır.

- *Eş üretim (peer-production)*: Kullanıcı yada kullanıcı gruplarının, yenilikçi sistem ve alt sistemleri etkinleştirebilmeleri, üretkenliğin artmasında önemli bir faktördür. Eş üretim yenilikçi fikirlerin ortaklaşa gelişen süreçlerde ortaya çıkmasına izin verir (Avital, 2007).

Mimari tasarım sürecinde kullanılan üretken sistemler şu şekilde gruplandırılabilir;

- Biomimesis
- L- Sistemler
- Hücresel Atomata
- Fraktaller
- Voronoi
- Kendini organize eden sistemler
- Evrimsel Algoritmalar
- Genetik algoritmaları

Her bir üretken sistem ayrı ayrı incelenmiştir.

#### **4.2.1. Biomimesis/ Biomimetic/ Biomimicri**

Doğa kendi başına büyümlü bir sistemdir. Doğada sınırsız bir şekilde çeşitli biçimler, modeller, renkler, türler mükemmel ve mantıklı bir şekilde; kayıtsız şartsız bir arada yaşamaktadır. Daha önceki zamanlarda insan doğa ile daha iç içe yaşamaktaydı, bu ilişki ve karşılıklı anlaşma uyumlu etkileşimlere neden oldu (Senosiain, 2003: 2). Bu etkileşimlerin en önemli kısmını barınma ihtiyacı ve buna bağlı olarak doğa- mimarlık ilişkisi tanımlamaktaydı.

Geçtiğimiz yüzyılda pek çok mimar yayımladıkları manifestolarda ve tasarladıkları binalarda bazı yaklaşımları doğadan esinlenerek geliştirdiklerini vurgulamıştır. Bu ilişki kimi zaman dekoratif öğelerin doğadan kopyası iken kimi zaman cephe ve kütle tasarımında doğadaki renk, doku ve desenlerin yorumlanması şeklinde karşımıza

çıkmaktadır. Örneğin 20. yüzyılın başlarında Almanya’da Peter Bahrens ile başlayan Ekspresyonizm akımı Hans Poelzig, Max Berg, Otto Bartning, Hugo Haring, Erich Mendelsohn, Rudolf Steiner gibi isimlerin tasarımlarına kristal ve organik formlar olarak yansımıştır, Steiner geometrik-dinamik formların organik-yaşayan formlara dönüşmesi gerektiğini düşünmektedir( Thames, Hudson, 1989).

Bu düşünceyi savunan isimlerden bir diğeri ise Bruno Taut dır. Taut alp dağlarının doruklarının görünüşünü kristal yapılaşmalarla eşleştirerek organize ettiği “glass chain” akımı ile Hermann Finsterlin, Hans ve Wassili Luckhardt kardeşler, Walter Gropius, Hans Scharoun ve Max Taut gibi önemli isimlerle gerçekleştirdikleri forumlarda, kemikleşmiş olduğunu düşündükleri akademik mimarlığın üstesinden gelmek için doğanın canlı ve cansız form ve yapılaşmalarından esinlenmiş yeni tasarım ve yapım yöntemleriyle, fikir ve sunum tekniklerinin geliştirilmesini önermişlerdir. Kabuklar, kristaller, bitki formları ve hatta ancak mikroskop altında görülebilen canlıların formları geleceğin mimarlığı için model olarak gösterilmiştir (Gössel, Leuthauser, 1991) .

Kuşkusuz ki Modern mimarlığın en etkili ve ünlü isimlerinden olan Frank Lloyd Wright, yazılarında ve tasarımlarında “doğayla uyum içinde” olan bir mimari bakışından söz etmektedir. Yapılarında sık sık ağaçların dallanmalarından etkilendiği belirttiği “çıkımlar”, yada mantar soyutlamaları olduğunu belirttiği “kolonlar” kullanmıştır (Levine, 1996).

Ancak bu biçimse benzerlikten öte doğanın üretken tavrının tasarımlara da yansiyabileceği belirlenmiştir. Geleneksel numerik matematiğin ve statik sistemlerin doğanın karmaşık kurgusunu açıklamakta yetersiz kalmasıyla birlikte, birçok disiplin doğal ve yapay oluşumları hesaplamalı teori ve algoritmik düşünce ile tanımlamaya yönelmiştir (Delanda, 2005). Bu kavramlardan biri de “biomimesis” yaklaşımıdır.

Biomimesis kavramı ilk olarak 1950’de Amerikan biyofizikçi ve poli matematikçi Otto Schmit tarafından kalamarın sınır sistemini inceleyerek 1950’de bu sınır sisteminin üremesini kopyalayıp tekrarlaya bilen bir makine düzenlemeye kalkıştı (Benyus, 1997).

Biomimesis; doğadaki modelleri inceleyip, doğanın tasarımlarını taklit ederek problemlere çözüm getiren yeni bilim dalıdır. Biyomimesis, insanların doğada bulunan sistemleri taklit ederek yaptıkları maddelerin, aletlerin, mekanizma ve sistemlerin tümünü ifade eden bir

terimdir. Doğadaki tasarımlar örnek alınarak yapılan aletlere, özellikle nanoteknoloji, robot teknolojisi, yapay zeka, tıbbi endüstri ve askeri donanım gibi alanlarda kullanılmak için gerek duyulmaktadır ( Altun, 2011).

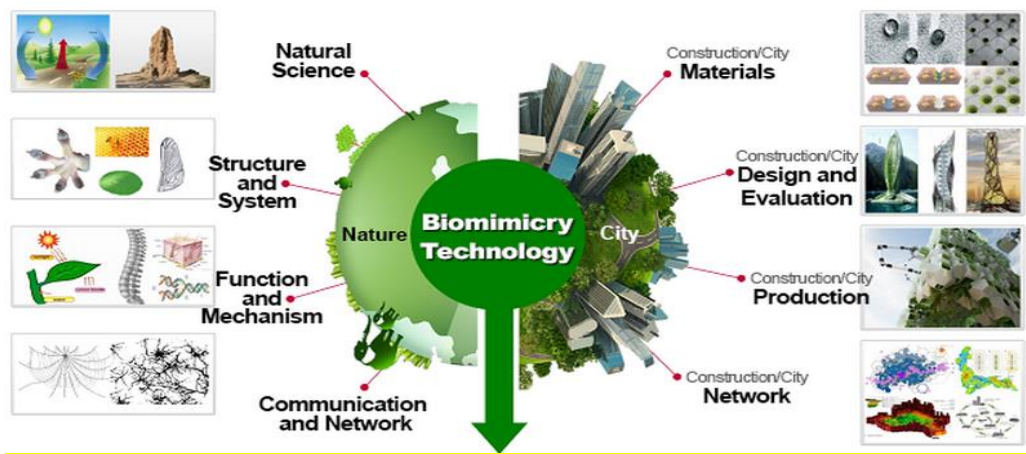
Bu yaklaşım, son zamanlarda popülerlik kazanan bu kavram aslında canlı ve ya cansız varlıkları, onların oluşumunu, veya oluşum süreçlerini inceleyerek, mimari tasarım projelerinin işlev ve oluşum süreçleri doğrultusunda esin kaynağı olarak ele almakta ve yeni tasarımların biçimlenmesinde kullanılan bir tekniktir. Bu kavram 20. yüzyılın sonunda literatüre girmiş, doğadan esinlenme, öğrenme, uyarılma ve ya uygulama biçimlerinin neler olabileceği ve farklı bilgi-teknoloji alanlarında nasıl kullanılabileceği sistematik olarak tartışılmaya başlanmıştır . Benyus’e göre biomimesis, doğadaki modellerin geleceği nasıl şekillendirebileceklerini amacı ile , sistemleri ve üsürleri insanların farklı problemlerini çöze bilmek için taklit etmek anlamına gelmektedir (Benyus 1958). Terimin kökenini gelince biomimetics eski yunan dan gelen: βίος (*bios*), hayat ve μίμησις (*mīmēsis*), imitasyon anlamına gelmektedir.

Benyus (1997), genel olarak “doğayı, modellerini, sistemleri ve doğadaki süreçleri insanlar için daha kolay bir yaşam sağlayacak düşüncesi ile daha detaylı incelenmesi ve yeni yaklaşımlarla yeniden üretilmesi düşüncesini savunmaktadır” (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Doğadan esinlenmiş olan inovasyonlar

Biomimesis incelemeleri sadece mimarlık ürünleri ve formları sınırlarında değil belki bilgisayar alanındaki gelişmeler, malzeme üretiminde ve ağ sistemleri gibi bilim dallarında da kullanılmaktadır. Biomimesis yaklaşımı diğer bilim dallarındada kullanılmaktadır (Şekil 4.9).

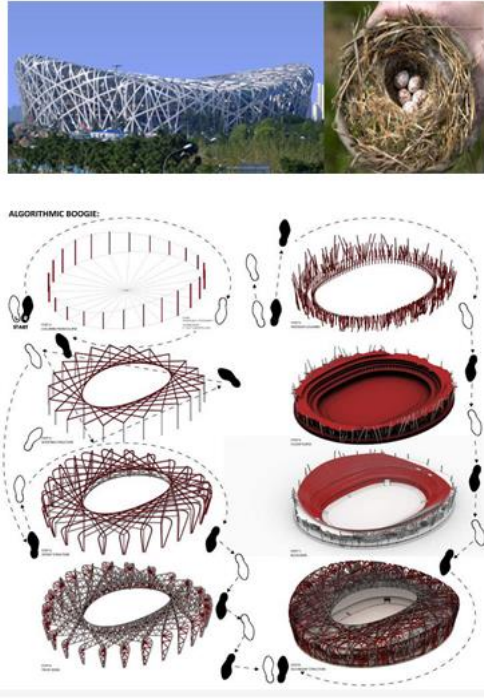


Şekil 4.9. “Biomimesis” nin farklı bilim alanlarda kullanım şeması (Kim,2014)

Doğanın milyonlarca yıldır birikmiş olan tasarım deneyimi günümüzde birçok mimara esin kaynağı olmuştur. Tasarımın doğasında bulunan bilgi edinme-yorumlama-esinlenme-uygulama süreci, insanoğlunun yaşadığı ekosistem içerisinde mevcut biçimleri irdelenmesini ve bilinçli yada bilinçsiz etkileşimini de beraberinde getirmiştir (Benyus, 1997).

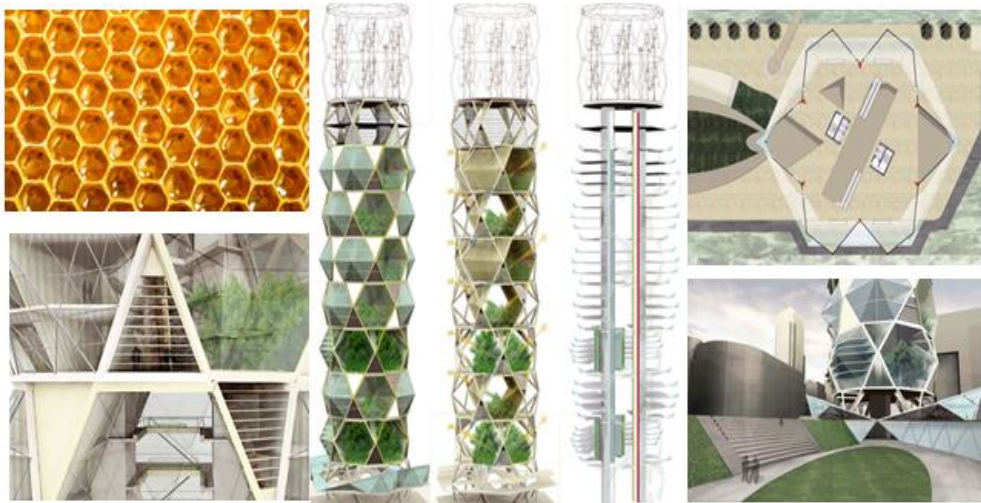
Doğadaki bu işlemlerin farkına varan mimar ve mühendisler geçtiğimiz yüzyılda birçok morfolojik tasarım ve ya strüktürel deneme yapmışlardır. Mimarlık mirasında doğadan esinlenilmiş ve öğrenilmiş pek çok örnek vardır. Bu örneklerle baktığımızda, mimarlıkta tasarım-üretim sürecinde doğadan esinlenme biçimleri iki şekilde karşımıza çıkar. İlki doğal objenin formunun alınıp biçimsel kaygılarla yapıya aktarılması diğeri ise yapılaşmada gözlemlenen oluşum biçiminin (malzeme, form, ve strüktürün oluşum sürecinin), deneysel verilerle mimari forma dönüştürülmesi. 20. yüzyılın ilk yarısına kadar tasarımcıların genellikle ilk yöntemin benimsediklerini söylemek olasıdır. Ancak Buckminster Fuller ve hemen ardından Frei Otto’nun “süreci” anlamaya yönelik sorgulamaları ve yeni form ve strüktür arayışları mimari tasarımda doğadan bilinçli öğrenme sürecinin başlangıcı olarak düşünülebilir. Her iki durumda da üretilmiş mimarlık ürünleri ve strüktürleri geometrileri, renkleri ve dokuları bakımından çağının öncüsü örnekler olarak literatürdeki yerlerini almışlardır (Selçuk, Gönenç Sorguç, 2008).

Doğadaki bir sistemden ilham alınarak hem süreç ve hem biçim benzerliğini kullanan bir proje örneği olarak “Beijin National Stadium” verilebilir. Bu stadyum projesi 2008 olympic oyunları için Beijing’de tasarlanmıştır( Şekil, 4.10).



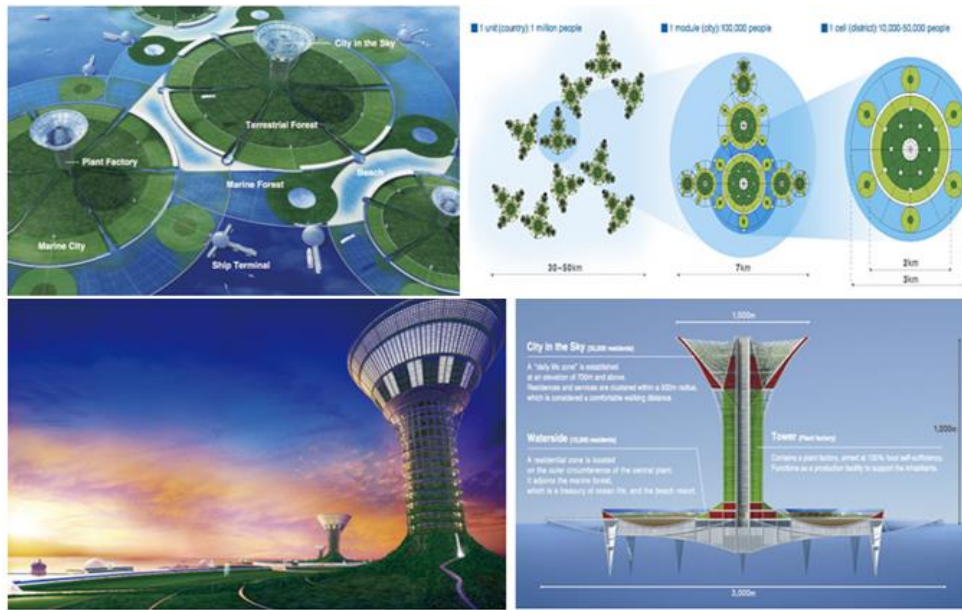
Şekil 4.10. “Beijing National Stadium” stürüktür tasarım aşaması

Biomimesis doğadan biçimsel benzerlikler kurma yaklaşımını mimari tasarım sürecinde kullanılan örneklerden bir tanesi de; Londra’da Heron Quay için yapılacak arı kovanı formundan ilham alan “Beehive Gökdeleni”dir. Doğadan bulunan en güzel stürüktür örneklerden biri sayılan arı kovaları mimarında dikkatini çekmektedir. Bu yapı adeta dikey bir çiftlik gibi yapılmıştır. Bu 220 mt yüksekliğinde olan binanın katlarındaki tasarlanan yeşil alanlar her türlü bitki özellikle yenilenebilir bitkileri yetiştirmeye müsaitdir. Bu bina tasarımında birçok sürdürülebilir sistem kullanılmıştır (Şekil 4.11)



Şekil 4.11. ”Beehive Tower” konsept proje

Bir diğ er örnek ise, pasifik okyanusuna yapılması planlanan ve ‘‘Geleceğ in g okdelenleri’’ olarak adlandırılan ‘‘Green Float’’ projesidir. Nilüfer bitkisinin yapısının örnek alındığı projede botanik kent konsept projesinde ‘‘G oky z ndeki Kent’’ olarak adlandırdıkları kuleler ve aynı yerden 1000 metre yüksekte inşa edilecek kulelerde insanların yaşamlarını kolaylaştıracaklarını idda edilmektedir( şekil 4.12) (Altun, 2011: 121).



şekil 4.12. Green Float konsept projenin farklı ölçeklerde görünüşü ve kesiti

Biomimes yaklaşımın kullanıldığı diğ er mimari örnekler ise; zoomorfik ve Blobitecture (Blob Mimarisi) başlıkları altında literatürde geniş yer bulmuştur.

### Zoomorfik Mimarlık

Zoomorfi, Yunanca olan ζ ων (*z on*) yani hayvan ve μορφη (*morph *) yani biçim anlamına gelen kelimelerin birleşiminden türetilmiştir ve hayvansal özelliklerin canlı olmayan varlıklara, insanlara, ve tanrılara yüklenmesi anlamına gelir. Sembolik anlamları olan hayvanlar her kültürde birçok sanat ve edebiyat eserinde ve ayrıca günlük hayatda, ve ya konuşma diline de girmiş, yani zoomorfolojik benzetmeler bu alanlarda her daim kullanılmıştır. Zoomorfi, mimari projelerde hayvan morfolojisini model almaktadır ( şekil 4.13).

Hayvanların iki boyutlu taslaklarının yapılaştırılması veya    boyutlu imitasyonlar olarak v c t bulmaktadır. Çeşitli uygarlıklar tarafından hayvan v c duna atfedilen semboller

mimarlar için fikirlerini iletme ve kolektif değerleri onaylama şansını tanımaktadır. Hayvanların özellikleri ve vücutlarındaki her bir parça, zaman zaman sihirli izlenimi yaratmak amacıyla binalara aktarılmıştır (Aldersey ve Williams, 2003).



Şekil 4.13. Kedi görünümlü ana okul projesi

#### Blobitecture ( Blob Mimarisi)

Blobitecture'nın nasıl bir yaklaşım olduğunu anlatmadan önce “blob”ın ne olduğundan bahsetmek gerekiyor. Blob terimi “binary large objects” sözcüğünün baş harflerinden oluşan "ikili çift halinde büyük nesneler" anlamına gelen bir kısaltmadır. Blob terimi teknik olarak matematiksel bir fonksiyonun  $f(x,y,z) = 0$  oluşturduğu bir yüzey olarak tanımlanmaktadır. Blob, nokta güç alanı olarak da tanımlanırken aynı zamanda mimari biçimsel bir tipolojiyi de belirler (Lynn, 2000).



Şekil 4.14. Blob ,Greg Lynn “Blob Duvar Projesi”

Bloblara bağlı modelleme tekniğinin ilkesi primitif poligon kürelerinin bir etki ve saptırma alanı içinde var edilmesiyle başlar. Bu iki alan içsel ve dışsal ağıl deformasyonların bir başka yüzeyi büyük bir ağ örüntüsü içine itmesiyle oluşur. Bu yöntemle yapılmış olan örneklerden bir tanesi Lynn’in “Blob Duvar Projesi” dir ( Şekil 4.14) .

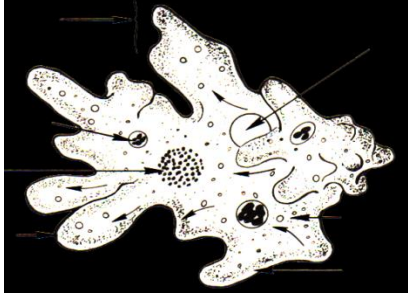
Bu yol ile bir yüzey birçok bireysel elemanlarla kesişerek modellenenebilir. Tüm yüzey ise bütünü oluşturan elemanların ölçek ve pozisyonlarındaki küçük değişimleri sayesinde oluşturulabilir. Bloklar Lynn'n "embriyolojik ev" tasarımında da karşımıza çıkmaktadır. Lynn'in yöntemi, evi bir tüketim nesnesine dönüştüren sonsuz bir olanaklar dizgesine sahip olan bir yapı gibi görmektedir( Resim 4.2). Embriyolojik evin strüktürü, çift cidarlı bir kabuk ve şişirilmiş panellerin daire kesitli çelik kırıtlara bağlanması ile oluşmaktadır. Kabarcık evler, aşağıdan yukarıya doğru eğriler çizerek hacimleşen bu kabuğun bünyesinden türemektedir. Birinci kabuk çok hassas alüminyum ve cam panellerden oluşur. Yarı saydam bir ekran görüntüsünedenir. İkinci kabuk birincinin üzerine gölgeleyici bir katman olarak eklenmektedir. Kabuklar, gün ışığının yoğunluğunu bilgisayar aracılığı ile hesaplayarak istenen açıda bir gölgeye dönüştürebilir bir donanıma sahiptir. Embriyolojik evin içi bir arabanın içi gibidir; mekaniktir. Evin donatıları bir embriyonun değişim evlerini gözlemleyerek tasarlanmıştır( Lynn,2000: 26-35).

Masa, sandalye, kuve, depo ve kabinler bu anlamda mutlak nesneler olmayıp dinamik karakteri ile çok programlı nesnelerdir. Embriyolojik evin döşemelerinde mantar, yapay deri, paslanmaz çelik, lastik, halı ve seramik gibi malzemeler önerilmiştir



Resim 4.2. Embriyolojik Ev, Greg Lynn

Blobitecture, Blob mimarisi, blobism or blobismus gibi terimler mimarlıkta organik, amip şekilli veya şişkin formları olan yapı türlerini kapsıyor (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Amip şekilsiz olan tek hücreli organizmadır

Blob architecture kavramını 1995 de Greg lynn tarafından metaball grafik yazılımda dijital mimarlıkta yaptığı deneyimlerinde kullanılmıştır. Blob mimarisinin uygulanmış olan en güzel örneklerinden ise “Selfridges binası” ola bilir( Resim, 4.3).



Resim 4.3. Selfridge Binası Birmingham, İngiltere

#### 4.2.2. L-Sistemler

1968’de, Macar biyolog Aristid Lindenmayer *L-sistemleri* veya *Lindenmayer Sistemleri* olarak bilinen bir algoritmik dil ve üretken sistem oluşturmuştur. L-sistemler çok hücreli organizmaların büyümesini simüle etmek üzere geliştirilen ve daha sonraları birçok biyolog ve bilgisayar kuramcısı tarafından kullanılan bir yeniden yazma ve görselleme yöntemidir. L-sistemleri günümüzde tüm bitkilerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Başlangıçta L-sistemleri, basit çok hücreli organizmaların gelişimine resmi bir açıklama sağlamak ve bitki hücreleri arasındaki komşuluk ilişkileri göstermek için icat edilmiştir. Daha sonra, bu sistem daha yüksek bitkiler ve karmaşık dallanma yapılarını tanımlamak için genişletilmiştir. Benzer şekilde, mimari biçimlerin morfolojik incelemelerinde ve gerek görselleme gerekse üretim sürecinde tasarımcıya deneysel formlar üretmede ve yapılarının anlaşılmasında katkı sağlar

Mimar ve programlamacı, Micheal Hansmeyer, L-sistemleri; üretken ve yorumlayıcı olmak üzere 2 sürece ayırıyor. Üretken süreç, karakter dizilerinde (string) harflerin önceden belirlenmiş kurallara göre yer değiştirilmesidir( Çizelge 4.1). Yorumlayıcı süreç; yine önceden belirlenmiş kurallarla, yerleri değişen harflerle yeni dizilerin oluşturulmasıdır

Çizelge 4.1. L-sistemlerin; üretken ve yorumlayıcı süreçlerini gösteren şema

| Süreç örnekleri | Üretken Süreç                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Yorumlayıcı Süreç                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | <p><b>Girdiler:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tekrar sayısı: 3</li> <li>Başlangıç karakter dizisi : A</li> <li>Yer Değiştirme Kuralı: <math>A \rightarrow ABA</math><br/><math>B \rightarrow AC</math></li> </ul> <p><b>Yer Değiştirme Süreci:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>A</li> <li>ABA</li> <li>ABAACABA</li> <li>ABAACABAABACABAACABA</li> </ol> | <p><b>Girdiler:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Karakter dizisi :<br/>ABAACABAABACABAAC<br/>ABA</li> <li>Yorumlayıcı kurallar:<br/>A = İleri git<br/>B = Sağa dön<br/>C= Sola dön</li> </ul> <p><b>Görsel Yorumlama:</b></p> $B \rightarrow A \rightarrow A \rightarrow B$ $\begin{array}{ccc} A & & A \\ \underline{A} \rightarrow A \rightarrow C & & C \rightarrow A \rightarrow (...) \end{array}$ |

Kaligari Üniversitesi'nden, Profesör Przemyslaw Prusinkiewicz ve ekibinin bitkilerin hesaplamalı büyüme ve gelişim modelleri üzerine, diğer disiplinlerle işbirliği içinde yürüttükleri çalışmalar, mimari tasarım alanında da kullanılabilir olanağına sahiptir. Bitkilerin büyüme ve gelişimini gösteren modeller, bitki geometrisini sürekli veya süreksiz bileşenler olarak kabul eden matematiksel ve mekansal modellere dayanır. Bileşenler bölgesel olarak bitki hücrelerini, genel olarak da düğüm noktalarını, filizleri, yaprakları kısacası bitkiyi bir bütün olarak içermelidir. Formu, gelişimin bir sonucu olarak tanımlayan gelişimsel modellerde, gelişimi etkileyen değişkenler değiştirilerek sonuçlar aşamalı olarak izlenebilmektedir. Benzetimlerin ürettiği hesaplamalı veriler, imajlar ve animasyonlarla desteklenerek görsel açıdan daha anlaşılabilir bir hale getirilebilir. Professor Prusinkiewicz'e göre hesaplamalı modelleri kullanmanın pek çok avantajı vardır. İlk olarak gelişimsel mekanizmaların hesaplamalı olarak algılanmasına yardımcı olur, ikincil olarak da; gelişimsel farklı durumlar arasındaki etkileşimlerin anlaşılmasına yardımcı olur. Bu modeller ile mimari tasarımda, çevre ve sistem arasındaki ilişkiyi veya alt sistemler ve

bütün sistem arasındaki ilişkileri pekiştirebilecek, analitiksel ve üretken yaklaşımlar geliştirilebilir. Bitki gelişim modellerinde, yer çekimi, yönelim gibi pek çok bileşen modele dahil edilerek bunların bitki strüktürüne etkisi ve engelleri görülebilmektedir. Bu tür modeller, metodolojik olarak geliştirilerek, mimari tasarım için uygulanabilir; tüm yapı sistemleri ve kabuk, pek çok değişken veri ile optimize edilerek en yüksek performans seviyesine ulaşılabilir. Örneğin yer çekimi etkisi ve strüktürel davranışlar birleştirilebilir, buna çevresel ve iklimsel faktörler (güneş enerjisi, yağmur suyu vb.) eklenebilir. Tasarım sürecinin sonunda her sorun için teker teker çözüm üretmek yerine, tasarım aşaması, yapısal kararların alımı ve üretim bir bütün olarak ele alınabilir. Bu sayede modeller, görselleştirmeden öteye giderek kararların alındığı bir süreç olmaya başlamaktadır (Hensel, Menges, 2006).



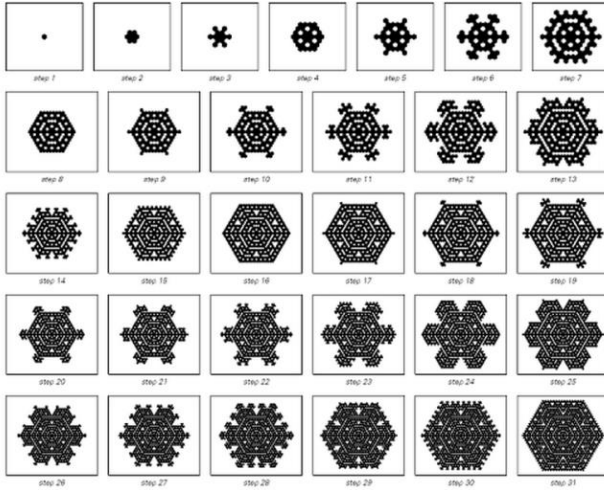
Şekil 4.16. *Lychnis coronaria* adlı bitkinin, Kaligari Üniversitesi'nde, L-Studio isimli bir yazılım ile geliştirilen modelden imajlar (Hensel, 2006).

Kaligari Üniversitesi tarafından geliştirilen yazılım ile bazı bitki karakteristikleri modellenenbilmektedir; örneğin bitkilerin güneşe yönelimi veya güneş ışığından maksimum yararlanabilmek için geliştirdikleri mekanizmalar ve yapısal bazı özellikleri gibi. Mimari açıdan bakıldığında yapısal performans ile ilgili bu gibi özellikleri; güneş ışığından maksimum fayda sağlayacak şekilde yapının tasarlanması, yapıya yerleştirilecek enerji panellerinin yerlerinin tespit edilmesi veya iklimsel özelliklere göre bina kabuğunun tasarlanması olarak yorumlayabiliriz( Şekil 4.16). Doğadan ve yaşayan canlılardan öğrenilenler iki şekilde yorumlanabilir; ilk olarak, özellikler var oldukları ölçekte üretilerek aynı performans değerlerine ulaşmak. İkincil olarak da, doğada var olan özellikler yorumlanarak modüle edilmesi ve ihtiyaç duyulan ölçekte üretilmesi (Hensel, 2006).

### 4.2.3. Hücresel Otomatlar (Cellular Automata)

Doğadaki canlılar, genetik bilgiler taşıyan hücrelerden oluşmaktadır, ve bu bilgiler aslında onların formlarını belirlemektedir. Hücresel otomatada da, sistemi oluşturan hücreler genetik bilgi taşır ve verilen kurallar çerçevesinde iki ve ya üç boyutlu olarak, gelişerek büyür. Tüm canlılarda olduğu gibi, hücresel otomata da da hücreler doğar, yaşar, çoğalır ve ölür ( Coates, 1996). Geleneksel bilimlerdeki, bir sistemin davranışı ne kadar karmaşıksa bu sistemin modeli de aynı oranda karmaşıktır, önsezisinin aksine cellular automata göstermiştir ki gerçek böyle değildir. Oldukça basit kurallara dayanan bir sistem bile çok karmaşık davranışlar gösterebilmektedir. Tersine çok karmaşık kuralı olan bir sistem de çok basit bir davranış sergileyebilmektedir. Örneğin, Kar kristallerinin oluşumu ve şekilleri insanoğlunun dikkatini hep çekmiştir( Çizelge, 4.2). Mikroskobik seviyede kristaller cellular automata'daki gibi düzenli atom dizileri içerirler. Bir sıvı veya gaz donma noktasının altına kadar soğutulduğunda kristal şekli oluşur. Kristaller genelde tanecik veya toz gibi bir çekirdekten başlayarak yüzeylerine atomlar ilave edilmesiyle gelişirler

Çizelge 4.2. Kartanesinin elde edilmiş cellular automata örneğinin ilk 31 adımı örülmektedir ( Wolfram, Pekard 1986)



### 4.2.4. Fraktaller

Fraktal; matematikte, çoğunlukla kendine benzeme özelliği gösteren karmaşık geometriler ve şekillerin ortak adıdır. Fraktal parçalanmış ya da kırılmış anlamına gelen Lâtincede "fractus" kelimesinden gelmiştir. İlk olarak 1975'te Polonya asıllı matematikçi Benoit

Mandelbrot tarafından ortaya atıldığı varsayılan fraktal kavramı, yalnızca matematik değil fiziksel kimya, fizyoloji ve akışkanlar mekaniği gibi değişik alanlar üzerinde önemli etkiler yaratan yeni bir geometri sisteminin doğmasına yol açmıştır

Tüm fraktallar kendine benzer ya da en azından tümüyle kendine benzer olmamakla birlikte, çoğu bu özelliği taşır. Kendine benzer bir cisimde cismi oluşturan parçalar ya da bileşenler cismin bütününe benzer. Düzensiz ayrıntılar ya da desenler giderek küçülen ölçeklerde yinelenir ve tümüyle soyut nesnelerde sonsuza değin sürebilir; öyle ki, her parçanın her bir parçası büyütüldüğünde, gene cismin bütününe benzer. Bu fraktal olgusu, kar tanesi ve ağaç kabuğunda kolayca gözlenebilir. Bu tip tüm doğal fraktallar ile matematiksel olarak kendine benzer olan bazıları, stokastik, yani rastgeledir; bu nedenle ancak istatistiksel olarak ölçeklenirler. Fraktal cisimler, düzensiz biçimli olduklarından ötürü Eukleidesçi şekilleri ötelenme bakışına sahip değildirler

Fraktalların bir başka önemli özelliği de, fraktal boyut olarak adlandırılan bir matematiksel parametredir. Bu cisim ne kadar büyütülürse büyütülsün ya da bakış açısı ne kadar değiştirilirse değiştirilsin, hep aynı kalan fraktalların bir özelliğidir. Eukleidesçi boyutun tersine fraktal boyut, genellikle tam sayı olmayan bir sayıyla, yani bir kesir ile ifade edilir. Fraktal boyut, bir fraktal eğri yardımıyla anlaşılabilir.

Bu tanımlar ışığında gözlerimizi tabiata çevirdiğimizde sayısız fraktal cisimlerle, hatta manzaralarla karşılaşırız. Kar tanelerinin kristal şekilleri kendi başlarına birer fraktaldır. Bir ağaç, bir gövdeye, onun üzerinde birkaç ana dala, her bir ana dalın üzerindeki daha ince dallara ve onların da üzerinde bu şekilde çoğalan nice dallara sahiptir. Baktığınızda bu ağacın geometrisi bir kaos ve düzensizlik içindedir. Ağaçtan bir dal koparıp onu incelediğinizde o dal parçası şekil olarak ağacın kendisine benzemekte ve adeta minyatür bir ağaç oluvmektedir (Chomsky, 1965).

Fraktal geometriler, üretken mimari tasarım alanında yeni biçimler oluşturmak için bir yaklaşımı tanımlamaktadırlar, fraktal kurgular bilgisayar ortamında ve algoritmalarla temsil edilebilirler ve oluşturulmaktadırlar. Fraktal geometriyle, üretilen basit bir biçim tekrar eden algoritmik bir yapıyla ve sonuç olarak karmaşık bir yapıya dönüşmektedir (Şekil, 4.17).

Fraktalların genel olarak “tekrarlama”, “öz-benzerlik” ve “boyut” olmak üzere üç temel özelliği bulunmaktadır (Chomsky, 1965).

Kendi kendini tekrar eden, ama sonsuza kadar küçülen şekilleri, kendine benzer bir cisimde cismi oluşturan parçalar ya da bileşenler cismin bütününcü inceler. Düzensiz ayrıntılar ya da desenler giderek küçülen ölçeklerde yinelenir ve tümüyle soyut nesnelerde sonsuza kadar sürebilir; tam tersi de her parçanın her bir parçası büyütüldüğünde, yine cismin bütününe benzemesi olayıdır. Doğada görülebilen bir örnek olarak bazı bitkilerin yapısı verilebilir



Şekil 4.17. Galinski Okulu (Berlin,1997)

#### 4.2.5. Voronoi ve Delaunay üçgenlemesi

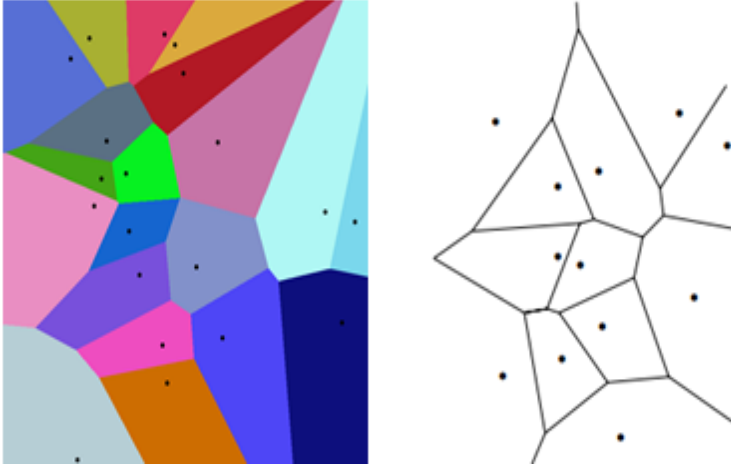
Dijital yöntemlerin mimarlıkta kullanılmasıyla birlikte doğadaki geometriler mimari projelerde kavramsal olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerden bir örnek olarak Voronoi diyagramları gösterilebilir (Coates, 2010:15).

Voronoi diyagramları hesaplanabilir geometri alanında sadece mimarlık ta değil belki şehircilik, teknoloji, yapay zeka, kimya, biyoloji, coğrafya, jeofizik, meteoroloji gibi pek çok farklı alanda oldukça popüler bir konu haline gelmektedir. Voronoi diyagramı literatürde “Dirichlet”, “Thiessen” veya “Wigner-Seitz” diyagramı olarak anılmaktadır. Voronoi diyagramı ilk kez 1644 yılında Descartes tarafından bulunmuş, 1850 yılında ilk kez Dirichlet tarafından kullanılmış, Rus matematikçi Georgy Voronoy ise 1908 yılında diyagramı kullandığı bir algoritma geliştirmiştir. Matematik bilimlerinde, voroni diyagramı bir alanı ve ya yüzeyi başlangıç kümesini temel alarak, alanlara çözümleme veya

parçalama yoludur( Şekil, 4.18). Bir dizi çekirdek denilen noktanın önceden belirlenip ve her çekirdeğe en yakın olan noktalar o çekirdeğin etrafını oluşturmaktadır. Bu bölgeler voronoi hücresi olarak adlandırılmaktadır (Coates, 2010:15).

Bir başka açıklama ise; bu diyagram en yakın nokta problemleri için kullanılan kesin bir yapıdır. Bir noktanın Voronoi çokgeni herhangi bir noktayı, kendisine en yakın konumdaki komşu noktalardan ayırmaktadır. Çokgenin kenarları, nokta ile komşu noktaları birleştiren doğru parçalarının kenar orta dikmelerinden oluşmakta, her nokta kendisine ait komşu noktalar ile birleştirildiğinde Delaunay üçgenlemesi elde edilmektedir( Yanalak, 2009).

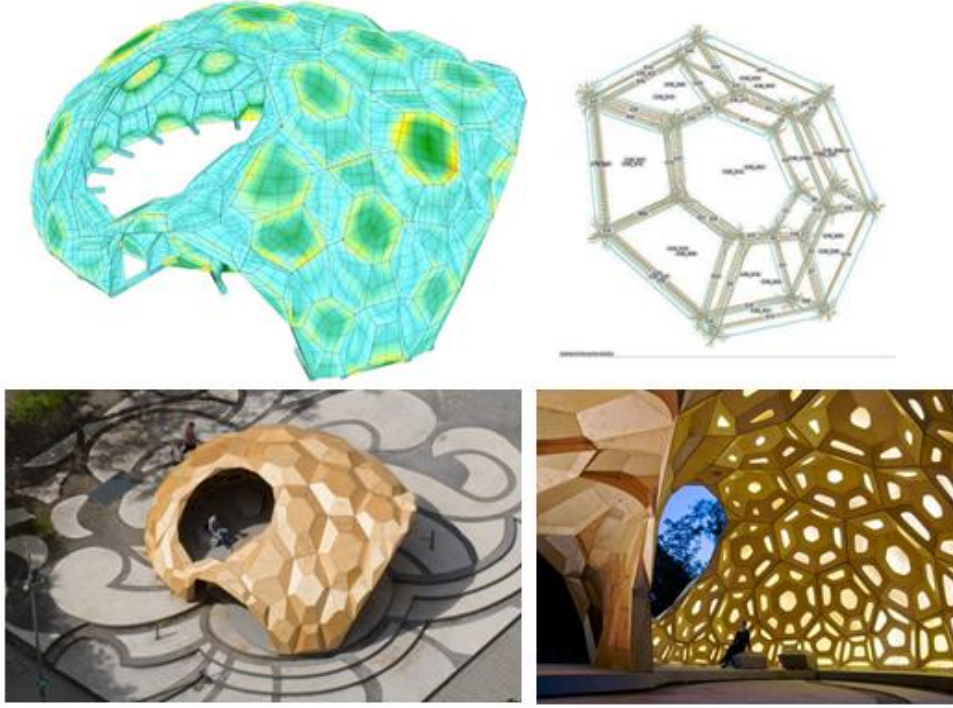
Voronoi diyagramları genelde “COMPUTATIONAL GEOMETRY” yöntemleri ile hesaplanmaktadır. Başka bir deyimle voronoi diyagramı hücrelerden birbirine geçiş yapmak için en az enerjiyi harcayarak bir takım noktadan oluşmuş olan bir yol paternidir (Coates,2010:15).



Şekil 4.18. Voronoi diagramı, Bir veri kümesi ve ona ait Voronoi diyagramı görülmektedir

Bu diyagram en yakın nokta problemleri için kullanılan kesin bir yapıdır. Bir noktanın Voronoi çokgeni herhangi bir noktayı, kendisine en yakın konumdaki komşu noktalardan ayırmaktadır. Çokgenin kenarları, nokta ile komşu noktaları birleştiren doğru parçalarının kenar orta dikmelerinden oluşmakta, her nokta kendisine ait komşu noktalar ile birleştirildiğinde Delaunay üçgenleri görülmektedir (Yanalak, 2001) .

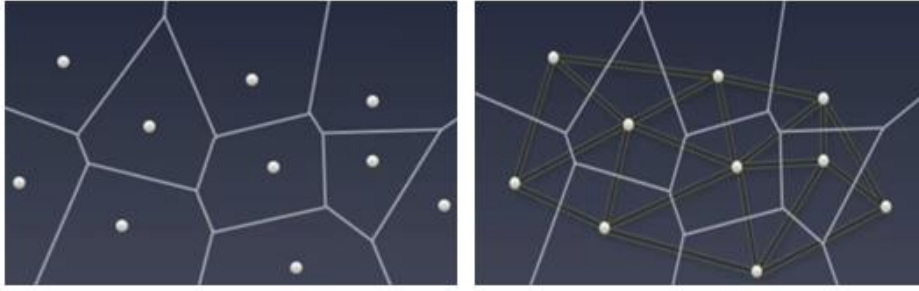
Voronoi diyagramlarının mimari tasarıma dahil olması ile birlikte, yeni ve karmaşık formların tasarımı ve üretiminide beraberinde getirmektedir. Örneğin 2011 yılında stuttgart’da voronoi diyagramları ile yapılmış olan ICD / ITKE Araştırma Pavyonu örnek verilebilir( Şekil 4.19).



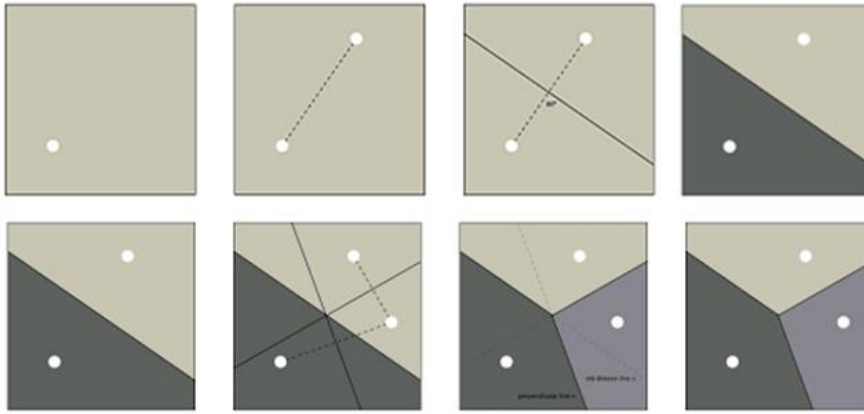
Şekil. 4.19. “ICD / ITKE Araştırma Pavyonu” 2011

Delanury üçgenlenmesi 1934 yılında Boris Delaunay tarafından ortaya konulmuştur. Bu yöntem voronoi diyagramının geometrik olarak eşleniği sayılabilir. Birbirleriyle doğrudan ilişkilidirler, aralarındaki fark ise düzlem üzerindeki mevcut noktaların arasındaki ilişkiyi farklı görsel yöntemler ile ele almalarıdır. “Delaunay Üçgeni” düzlemde yer alan sonlu nokta kümesinde her noktanın kendisine en yakın komşu iki nokta ile birleştirilmesiyle oluşturulan üçgene denmektedir. Oluşturulan delaunay üçgenlerinin kenar orta dikmelerinin birleştirilmesiyle tekrar voronoi çokgenine geçiş yapabiliriz (Yanalak,2001: 199).

Başka bir deyimle Bir noktanın Voronoi çokgeni o noktayı, komşu noktalar denen, o noktaya en yakın konumdaki noktalardan ayırmaktadır. Çokgenin kenarları, nokta ile komşu noktaları birleştiren doğru parçalarının kenar orta dikmelerinden oluşmakta, her nokta kendisine ait komşu noktalar ile birleştirildiğinde “Delaunay Üçgenlemesi”( Şekil, 4.20) elde edilmektedir



Şekil 4.20. Voronoi ve Delanury üçgenlenmesi arasındaki ilişki



Şekil 4.21. Voronoi örneği ve Delaunay üçgenlemesinin oluşumu

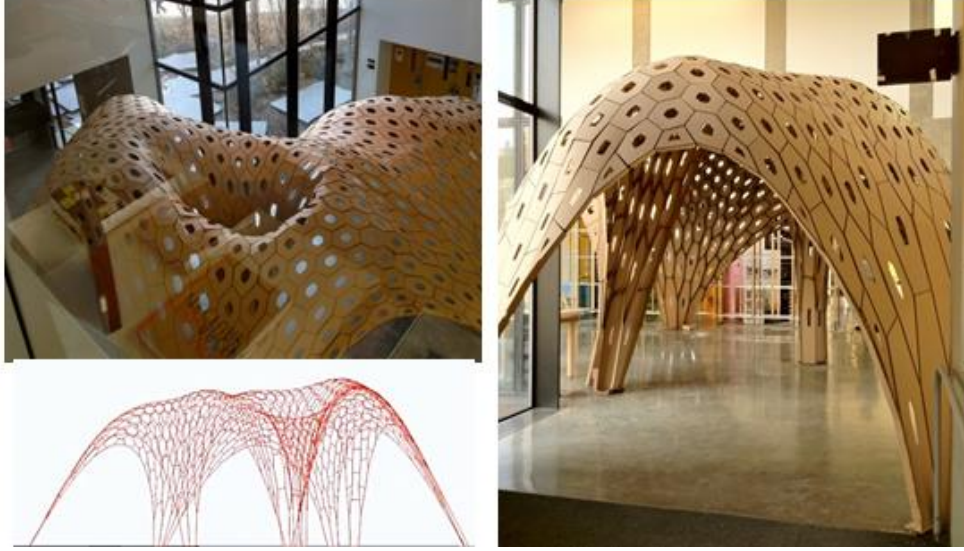
Orta eksenin belirlenebilmesi için Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi çok önemlidir. Matematiksel olarak Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi birbirlerini tamamlarlar. T Delaunay üçgenini tanımlayan 3 Voronoi bölgesi, aynı zamanda T'nin çevrel çemberinin merkezindeki Voronoi köşesini de tanımlarlar( Şekil 4.21).

Bir poligonun orta eksen, köşeleri poligon köşesi olan ve kenarları açık olan bölgelerden oluşan Voronoi diyagramının bir alt kümesidir. Yani, Voronoi diyagramının poligonun içine uzanan parçası, poligonun orta eksenine yakınsar. Bu nedenle orta eksen Voronoi diyagramından türetilir

#### 4.2.6. Kendini organize eden sistemler( Self Organizing Systems)

Mimari tasarım sürecinde biyolojik gelişimin ve doğanın tasarıma model olarak alındığı tasarım yaklaşımıdır. Karmaşık grup davranışlarını açıklayabilmek için, doğadaki kendi kendini organize eden sistemler, örneğin karıncaların yuva yapma süreci ya da kuş

sürülerinin hareketleri incelenmektedir. Meksika’da Santa Fe Enstitüsünde bir grup araştırmacı kendisini organize eden sistemlerin strüktürünü çözümlemek hakkında çalışmalar yapılmıştır( Şekil 4.22) (Hadid, Scumacher, 2002).



Şekil 4.22. Catalyst Hexshel projesi (Minneapolis, 2012)

Bu proje 2012 yılında Gaudi, otto ve Isler gibi tasarımcıların yöntemlerinden esinlenerek, Marc Swackhamer tarafından yürütülen bir atölye çalışmasının sonucu olarak Minneapolis mimarlık okulunda tasarlanmıştır( Şekil 4.23). Kristina Shea tarafından tasarlanan “eifForm” programı bu prensiplere ve kavramlara dayalı olarak kurgulanmış; bu programla tasarlanan strüktürel system 2002 yılında Amsterdam’da Academie van Bouwkunst’un avlusunda bir sistem prototipi olarak uygulanmıştır (Rahim, 2002). eifForm yazılımı üretken bir tasarım metodolojisi olarak, stürüktürel kompozisyonlar türetmek ve simüle etmek için bir algoritmik arayıştır.

Düzlemsel çatı makaslarının uzay kafes sistemindeki gibi belirli mafsal noktalarıyla bir araya geldiği, açıklık geçebilen, kendini taşıyan ve biçimsel sürekliliğini koruyan bir taşıyıcı system modeli kurulmuştur. Tasarımcının belirlediği koordinatlara göre program, çeşitli strüktürel konfigürasyonlar türetir. Fakat bu proje bir deneysel proje olarak mimarların endişeli oldukları sürdürülebilirlik, hava koşullarında dayanıklı ve çevreyi kontrol edebilmek soruları cevaplandıramamaktadır( Leach, 2004:8).

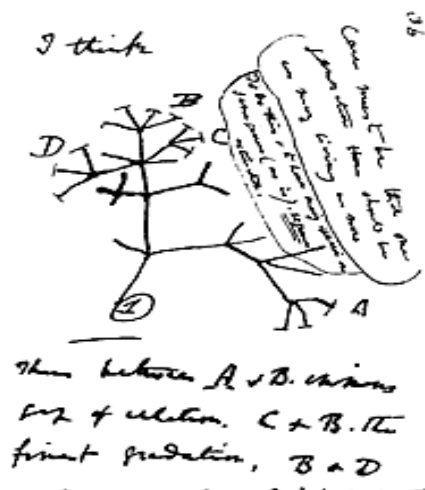


Şekil 4.23. Eif FORM programı strüktür türetme kuralları uygulanan prototip (Hadid ve Schumacher, 2002)

#### 4.2.7. Evrimsel Algoritmalar

İnsanoğlu yüzyıllardır doğayı, canlı ve cansız varlıkları gözlemleyerek yeni kavramlar türetmiştir. Evrimsel tasarım anlayışı evrimsel teori ile ilişkilendirerek açıklanmaktadır. Evrim Teorisi, İngiliz biyolog ve doğa tarihçisi Charles Darwin 1840'ler de biyolojide canlı türlerinin nesilden nesile kalıtsal değişime uğrayarak ilk halinden farklı özellikler kazanma süreci olarak tanımlamıştır. Darwin'in doğal seçilim kuramına göre de birey üstünde tümüyle işler ama sadece kalıtsal özellikler bir sonraki nesile aktarılabilir.

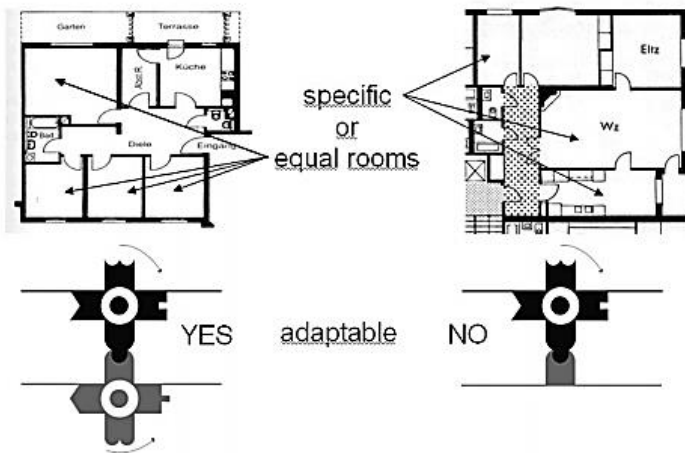
Sonuç olarak yaşadıkları ortama uyum konusunda daha başarılı olan bireylerin, hayatta kalabilme, ergenlik yaşına ulaşabilme ve üreme olanakları yönünden daha avantajlı olmaları dolayısıyla, elverişli özellikler bir sonraki nesile aktarılır ve daha yaygın hale gelir



Şekil 4.24. Darwin'in 1837'de çizdiği “evrim ağacı”

İlk olarak Charles Darwin'in ortaya attığı evrim, biyolojide canlı türlerinin nesilden nesile kalıtsal değişime uğrayarak ilk halinden farklı özellikler kazanma süreci olarak tanımlanır. Evrim, bir canlı popülasyonunun genetik kompozisyonunun rastgele mutasyonlar yolu ile zamanla değişmesi anlamına gelir. Genlerdeki mutasyonlar, göçler veya çeşitli türler arasında yatay gen aktarımları sonucu türün bireylerinde yeni veya değişmiş özelliklerin (varyasyonların) ortaya çıkması, evrim sürecini yürüten temel etmendir ( Evolution, 2012).

Rasgele varyasyon evrimin bir itici gücü ve ya koşulu gibidir. Bir pöpülasyon içindeki varyasyon bir mutasyon ve genetik rekombinasyon sonucudur. Pöpülasyon daki hiç bir tür birbirne benzemez. Ayrıca bazı özellikler hayatta kalma potansiyelini yakalayabilir, diğerleri ise üreme ve çoğalma çabasında bulunarak biyolojik uyum sağlamaya çalışır. Mimarlık alanında ise yapıların'da zaman geçtikçe çevre ile uyum sağlaya bilip ve ya sağlayamadıkları incelenir. Yani eğer bir yapının “evrimsel” bir geçmişi varsa demek oluyor ki bu yapıyı onu hayatta tuta bilecek özellikleri olduğundan dolayı hala hayatına devam etmektedir. Örneğin aşağıdaki bu iki binanın oda tipi gibi bir özellikleri onların kullanışlı olup yada olmayıp ve aynı planla devam edip etmicekleri bir uyum sağlamak durumudur( Şekil4. 24).



Şekil 4.25. Adaptasyon sağlaya bilen spesifik bir plan tipi

“Evrimsel algoritmalar”, genellikle varyasyon (variation), seleksiyon(selection) ve reproduksiyon (reproduction) gibi üç temel ilkedir. Bu üç ilke birlikte

“evrimsel algoritmaları” (VSR-algorithm) leri belirli bir yere yerleştire bilmeleri için ve yeniden üremek için amaçlanmıştır (Evolution, 2012: 297).

Evrimsel tasarım yaklaşımlarının aşağıdan yukarı bir süreç içermeleri, tasarımın her aşamasında parametrelerin değiştirilebilmesine olanak sağlar. Süreç ve sonuç ilişkisinin önemli olduğu bu sistemde, herhangi bir değişiklik sonuca yansır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, ilişkiler ve sürecin önemli olduğu bu yaklaşımın enönemli özelliklerinden biri de uyarlanabilir, değiştirilebilir ve geliştirilebilir olmasıdır. Rosenman, ağ yapıdaki bu sistemde, sınırların muğlaklaştığını, iç-dış, form-çevre arasında kesin ayrımlar olmadığını vurgulamaktadır (Rosenman, 2005).

Mimarlık alanında bir yapının zaman, maliyet ve deneyim açısından uzun bir süre uyum sağlayabilmesini uygun bir çözüm demektir. Temel olarak evrimsel tasarım, tasarım problemlerine çözüm ararken bir üretken mantık uygular ve uyumlu kalabilmek için Aristoteles tarafından geliştirilen "üretken mantık" (generative logic) kavramı, farklı alternatifleri bir araya getirerek birden çok potansiyel çözüm oluşturma üzerine kuruludur (John, Frazer, Julia, Liu, Xiyu, Tang, Mingxi, Janssen, Patrick, 2002).

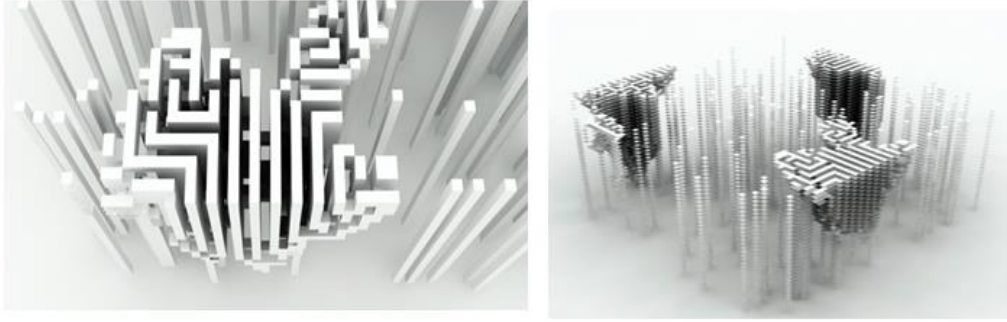
Sonuç olarak bu yöntemleri kullanan evrimsel mimarlık gelişmeleri, doğadaki evrim sürecine benzer şekilde kendi kendine büyüyen, gelişen, organize olup büyüeyebilen biçimlerin, genetik algoritmalar aracılığı ile üretilmesini sağlamıştır.

#### **4.2.8. Genetik Algoritmalar**

“Genetik algoritmalar” evrimsel algoritmaların bir türü olarak temel ilkeleri, Darwin'in evrim kavramından etkilenmektedir. Bu mantıkla canlılarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeye çalışan John Holland tarafından 1960'li yıllarda Michigan Üniversitesi'nde oluşturulmuştur (İŞÇİ, Öznur, Korukoğlu, Serdar, 2003: 191-208). Genetik algoritma doğadaki evrime dayanan güçlü ve etkili araştırma algoritmalarıdır. (Holland, 1975) Günümüzde ise yüzlerce araştırma probleminin ve çözme optimizasyonu gibi konularda yaygın olarak kullanılmaktadır (Goldberg, 1989).

Holland(1992) doğadaki adaptasyonu çöze bilmek için bu sistemi birebir kopyalamayı düşünmüştür. Bunun için Darwin'in çalışmalarına dayanarak, evrimin kurallarını yani türlerin rasgele çeşitlenmesinden ve doğal seleksiyon eserinde, en uygun olan devam etmeli ve hayatta kalma mantığı ile bir sistem geliştirmeye çalışmıştır( Şekil 4.26).

Genetik algoritmalar günümüzün karmaşık ve zor koşulları problemlere hızlı ve kolay yeni çözüm yöntemleri arayışına neden olmuştur ( Holland, 1992).



Şekil 4.26. “Cell-f assembly projesi” Rhinoceros için olan “Python” programı ile yazılmış olan bir genetik algoritma script\* örneği

Algoritma ilk olarak popülasyon diye tabir edilen bir çözüm (kromozomlarla ifade edilir) seti ile başlatılır. Bir popülasyondan alınan sonuçlar bir öncekinden daha iyi olacağı beklenen yeni bir popülasyon oluşturmak için kullanılır. Yeni popülasyon oluşturulması için seçilen çözümler uyumluluklarına göre seçilir. Çünkü uyumlu olanların daha iyi sonuçlar üretmesi mümkündür (Ousterhout, 1998).

---

\*Script dilleri, sistem programlama dillerinden (C++, Pascal, vb.) farklı olarak özel görevler için tasarlanmış yapılardır. Sistem programlama dilleri sıfırdan başlayıp veri tabanları ve tasarlanmış algoritmalar ile yeni sistemler üretirler. Script dilleri ise mevcut bir dilin alt bütünlerini kullanarak, bu bütünleri bağlamaya hedefler; kompleks algoritma ve veri yapıları için kullanılmaz. Sistem programlama dillerinde sözdizim kurallarına önem verilir. Script dillerinde ise uygulamayı hızlandırmak, tanımlanmış bütünleri bağlamayı kolaylaştırmak için söz dizim kuralları sadeleştirilmiştir. Script dilinde elemanların nasıl kullanılacağını ve bir araya geleceğini gösteren tanımlanmış kalıplar yoktur. Herhangi bir çözüm için kullanılan alt bütün ve değerler tasarımcı tarafından öngörülmeden başka bir durumdaki çözüm için kolaylıkla kullanılabilir.

Bu istenen çözüm sağlanıncaya kadar devam ettirilir. “Genetik algoritma”ların ihtiyaç duyduğu şey problemin karar değişkenlerinin uygun bir yöntemle kodlanması ve neyin iyi olduğunu GA’ya belirtmek üzere tasarlanan bir uyum fonksiyonudur. Bu algoritmalar çözüm uzayını taramaya bir topluluk ile başladıkları için global optimum çözüme yaklaşmak diğer yöntemlere göre daha kolay olmaktadır. Genel olarak global optimum çözümü bulmayı garanti etmezlerse de buna yakın bir sonucu bulduğu bir çok araştırmayla ispatlanmıştır. GA’lar bir topluluk (başlangıçta bu topluluk genelde rastgele oluşturulur) ile başlar ve bu topluluk üzerinde çaprazlama, seçme ve mutasyon gibi yöntemlerin uygulanmasıyla problemin her aşamasında en iyiye doğru gidiş sağlanır (Goldberg, 1989).

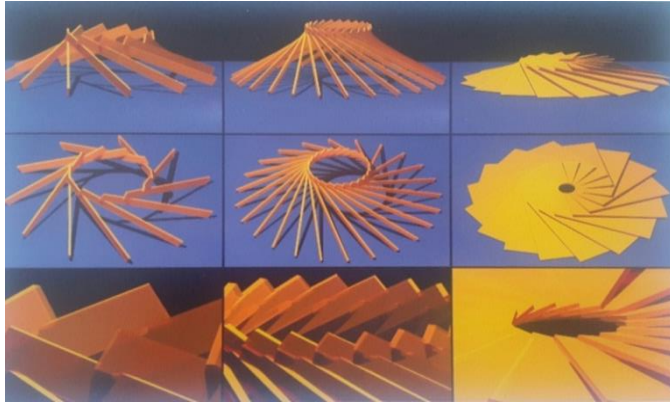
#### 4.3. Parametrik Tasarım

Sayısal tabanlı tasarım ve üretim teknolojilerinin mimari tasarımda kullanımları ile ilgili bazı tasarım yaklaşımları ve tasarım yöntemlerinin incelenmesi gerekmektedir, bunlardan birtanesi de parametrik tasarımıdır. Parametrik tasarımı anlama bilmek için ilk başta parametrik teriminin incelenmesi gerekmektedir. Bu terim antik yunan döneminde ortaya çıkan bir terim olarak “para” ve “metron” kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. “para” bağımlı ve yardımcı anlamına gelmektedir “metron” ise matematik, dil bilimleri ve mantık ve çevre bilimlerinde ölçmek anlamına kullanılmaktadır. Matematikte parametre sabit bir miktar olarak fakat farklı durumlarda değişen bir veri olarak tanımlanmaktadır. Matematiksel olarak belirli bir çember ikili bir denklem yani iki parametre ile tanımlanabilir; mesela köşe ve yarıçap gibi verilerle( OED, 2002).

“Parametrik tasarım” bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte Bilgisayar destekli tasarım dünyasına dahil olarak bir dizi komutun sisteme girilen verinin üzerinde çeşitli işlemler yapması ile ilgili bir terim olarak kullanılmaya başlamıştır. “Tasarım”a gelince bu terimi öz ve kısa bir açıklamayla anlatan Oxford sözlüğüne göre ; “tasarım” bir plan ve ya çizim ve ya düşünceyi harekete geçire bilmenin sanatıdır( OED, 2002).

Jani parametrik ve algoritmik yaklaşımları sadece bir takım bilgisayar yazılımından ve ya sadece bir sentakstan ibaret olmayıp belki mantık, geometri, topoloji ve etkileşimden ibaret olduğunu düşünmektedir (Jabi,2013).

Parametrik tasarım sürecinde tasarımı etkileyecek verilerin parametreler olarak belirlenmesi ve organizasyonu esastır: Hangi verinin diğeri ile nasıl ilişkili olduğunun sayısal ve geometrik olarak tanımlandığı ve sınırlamaların belirtildiği bir tasarım stratejisi kurulur. Bu tür bir ilişkisel model bir kez kurulduğunda parametere değerleri değiştirilerek tüm olası durumları araştırılabilir ya da türetilir (Şekil 4.27). Parametrik tasarım sayısal mimari tasarım tekniklerinin birçoğunun temelini oluşturmaktadır. Tasarım sürecinde, konseptin oluşumu, mekanın biçimlendirilmesi, uygulama detaylarının çözülmesi gibi çeşitli aşamalarda kullanılmaktadır (Kolarevic, 2005).



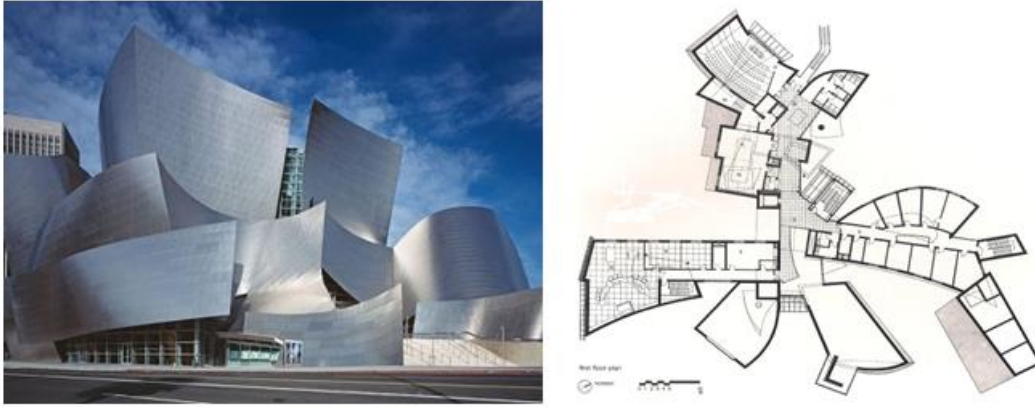
Şekil 4.27. Strüktürel bir sistemin parametric modellenmesi; birimlerin sayısı, eğimi ve yüksekliğiyle ilgili parametreler değiştirildikçe oluşan alternatifler (Kolarevic,2005).

Parametrik bir sistemde değişiklik yapma kolaylığı ve parametre değerleri değiştirilerek birçok alternatifin denenebilmesi özelliği vardır. Parametrik tasarım detay çözümleri ve strüktür tasarımı için de kullanılmaktadır. Tek bir prensip formül oluşturulur; ölçü, açı, kalınlık değişimlerinin gerektiği yerlerde, parametrelerin değerleri değiştirilir ve tek bir prensip detay çözümüne dayalı çeşitli çözümler oluşturulabilir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Münih de yapılmış olan BMW AG'ye ait çok işlevli, müşteri deneyimi ve sergi imkânları sunan parametrik bir yapı

Parametrik modelleme araçları ve yazılımları öncelikle otomobil, uçak, , gemi-insaat mühendisliği ve üretim-tasarım endüstrisi için geliştirilmiştir. Bu dorultuda mimarlık alanında parametric tasarım öncülerinden olan Frank O. Gehry nin eserleri parametrik tasarım dünyasına yeni adımlarını atmıştır. Gehry otomotiv ve uçak endüstrisinde gelişmiş olan dijital teknolojileri mimarlıkta kullanmaya başlayarak parametrik tasarım formu kontrol ede bilmek için yeni farklılıklar sunmuştur( Şekil 4.29). Bu teknik dolayısıyla mimari formun kaynağına yani çevre, kurallar ve düzenlere bağlı olarak tasarım surecinden başlayıp formun üretilmesine kadar kolaylık sağlamaktadır (Zakout, 2015).



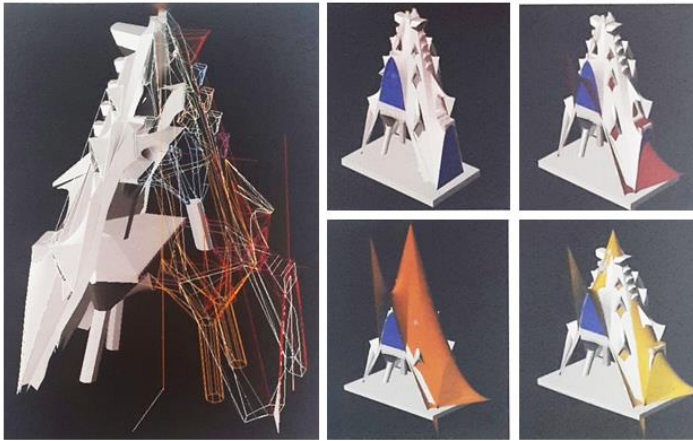
Şekil 4.29. Bilbao Guggenheim Müzesi, Prag şehrinde bulunan, modern sanat müzesidir (Celento, 2010: 57)

Stevens Teknoloji Enstitüsü'nde Ürün-Mimarlık Labının araştırmacılarından olan John Nastasi ye göre parametrik tasarım örnekleri hızlı üretilmek için ideal bir uyum sağlayabilmeleri şarttır, bu yüzden parametrik tasarım kabiliyetlerinin geleceğin mimarisini oluşturan araç çubuklarının arasında olmalarına inanmaktadır. Parametrik tasarım kullanıcıya farklı verilerin ilişkilerini modifiye edip değiştire bilme özelliğini ve formun değişime uğramadan önceki halini göstererek ve yeni gerçekleşen ilişkilerin etkilerini sunabilmektedir( Zakout,2015) .

Bu tasarım metodünün diğer öncüleri ise Robert Aish, Lars Hesselgren, J Parrish ve Hugh Whitehead gibi isimlerdir. Yaklaşık 20 yıldır, SmartGeometry grubu üyeleri hesaplamalı tasarım araçları ve teknolojileri konusuna öncü olmuşlardır. 1980'lerin ortalarında, grup parametrik tasarım yaklaşımlarını ilk olarak Grimshaw'un Waterloo Uluslararası Tren Terminali ve 'Stadium for the Nineties' projelerinde uygulamışlardır. Lars Hesselgren,

SmartGeometry grubunun amacının “yeni tasarım yöntemleri üreten akıllı altyapılar oluşturmak” olduğunu söylüyor. Değişimin, eksiltici değil, arttırıcı olması gerektiğini ve bu nedenle SmartGeometry grubunun mevcut yöntemleri reddetmediğini; bu yöntemlere, daha kompleks geometriler üretebilecek ve kontrol edebilecek bütünleyici sistemler eklemeye çalıştıklarını belirtiyor. Geometrinin sadece “deneysel ürün” olarak ele alınmaması gerektiğini, karmasık geometrilerin de çevreye duyarlı olabileceğini, strüktürel ve mekansal ihtiyaçlara karşılık verebileceğini savunuyorlar (Aish, Hesselgren, Parrish, Whitehead, 2006 ). Dijital parametrik modelleme araçları ile geometrik ilişkiler Parametrik tasarım sadece bilgisayar alanındaki gelişmelerden sonra ortaya çıkan bir kavram olmayıp belki daha önceki mimari yapılarındada görünmektedir.

Parametrik Tasarım yöntemleri ile tasarlanmış olan bir örnek olarak Antoni Gaudí'nin “Sagrada Família” projesi ola bilir. Gaudí hayatının 43 senesini bu projeyi geliştire bilmek için sarf etti fakat 1926 de vefat etmeden önce bitiremediği bu projenin çatı çizimleri Gaudí den sonra Rafolsun sunduğu çizimler üzerinden modellenmeye başlandı. Bu projenin son zamanlarda parametrelerini inceleyerek ve onları değiştirerek üç boyutlu çizimler simüle edilmiştir( Kolarevic,2005) (Şekil, 4.30: 153).

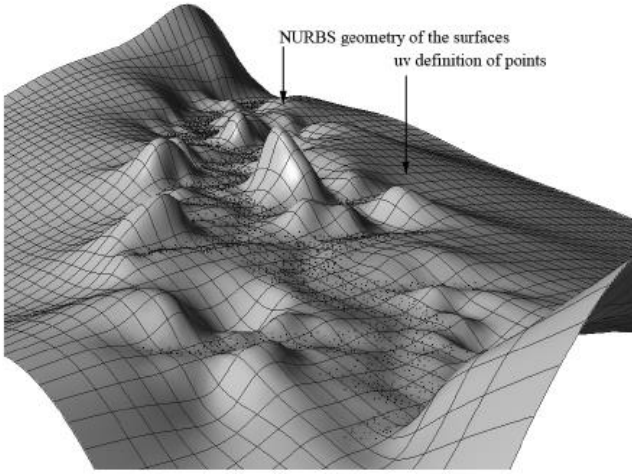


Şekil 4.30. “Sagrada Família” projesi Wire-frame ve original formdan render ve parametrelerine değiştirerek ortaya çıkan alternative formlar

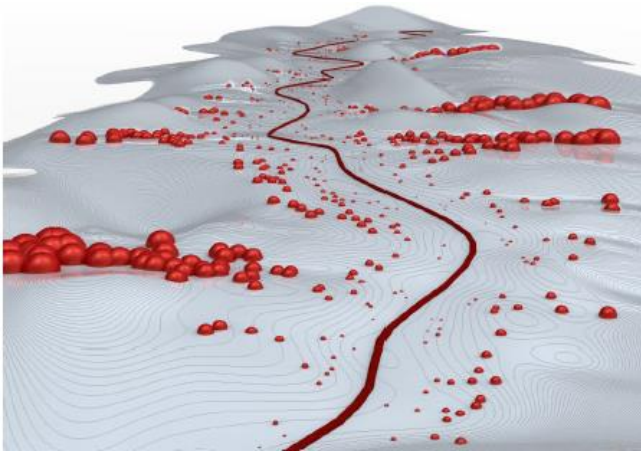
Sonuç olarak son onbeş yılda dijital medyanın mimarlık alanında farklı yöntemlerle kullanılmakta olması ile birlikte hem tasarım ve hem yapım alanında dahil edilmektedir. Yeni teknikleri kullanarak mimari tasarım, (computational concept) hesaplma konseptlerini; parametrik tasarım, topolojik mimarlık, izomorfik mimarlık kinetik

mimarlık, metamorfik mimarlık, fraktal mimarisi ve genetik mimarlık alanlarında geliştirmektedir( Kolarevic,2003) .

Dijital tasarım araçları ve parametrik tasarım yöntemleri ve yaklaşımları ayrıca şehir planlamada da çeşitli kentsel biçimler hücresel automata gibi ve üretken yaklaşımları kullanarak yeni tasarım yöntemleri denemkte yardımcı olmaktadır. Bu araçlar kentsel tasarımcılar için kentlerin oluşumuna dair simülasyon yöntemleri ile kentsel ölçekte bilgi vermektedir (Şekil 4.31, 4.32).



Şekil 4.31. Kentsel tasarım projesinin NURBS ler le kontrol ede bilinmesi ve parametrelerin değışme imkanı sağlanması



Şekil 4.32. Kentsel öğelerin, konut kalite standartlarına göre yerleşim şemasının parametrik görselleştirmesi (Kolarevic, 2003)

## 5. DOĞADAN YARARLANARAK ÜRETKEN BİR SİSTEM OLUŞTURMAYA YÖNELİK MODEL ÖNERİSİ

Mimari biçim arayışı insanlığın ortaya çıkmasıyla birlikte başlayan tarihsel bir süreçtir. Doğanın ürettiği mağara, taş yapıları ve ağaçların yapısını kullanarak hayatlarını sürdüren insanlar, artık kendi formlarını üretmeye başladıklarında bir anlamda geometriyi de keşfetmeye başlamışlardır.

Mimarlık ve geometrinin beraberliği çok eski dönemlere dayanır. Bunun sebebi yalnızca mimarlığın matematikten önemli derecede faydalanması değil belki ikisinin de bir düzen ve estetik arayışında olmasından kaynaklıdır. Matematik doğada, mimarlık ise yapılarda bu düzene ve estetiğe ulaşmayı amaçlamıştır. Mimarlar çoğu zaman yapıların tasarımında doğa ile analogik bağlar kurarak, hatta birebir taklit ederek yeni yapılar oluşturmaya çalışmıştır. Fakat son zamanlarda bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler geometri alanında da yeni kavramlar, tasarım ve üretim metodları sunmaktadır. Mimarlık doğası gereği her zaman yeni fikirler oluşturmayı ve yaratıcı olmayı gerektirmektedir.

Bu tez kapsamında da; doğal çevrede var olan canlı ve cansız varlıkların üreme, gelişim, değişim ve dönüşüm gibi biyolojik sürecinden ilham alarak, kavramsal tasarım sürecinde tasarımcıya biçim üretmede yardımcı olabilecek bilgisayar destekli üretken bir sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın yöntemi ise, doğadaki canlıların büyüme sürecinden ilham alınarak biçimsel alternatifler oluşturacak matematiksel (geometrik) kurallar doğrultusunda bilgisayar destekli algoritmanın tanımlanması olarak belirlenmiştir. Tez kapsamında oluşturulan model, doğa, matematik ve mimarlık arasındaki düzen arayışının bir sonucudur.

Çalışma kapsamında geliştirilen model, doğadaki varlıkların biçimsel büyüme ve gelişme mantıklarının incelendiği ve matematiksel kurallara dönüştürüldüğü “analiz”, bu matematiksel düzeni tanımlayan verilerin, geometrik biçimlerle tanımlandığı “kural tanımlama” ve bilgisayar destekli aracın yardımıyla biçimsel alternatifler “üreme ve türeme” kurallarının belirlendiği; üç adımdan oluşmaktadır (Şekil 5.1). Bu modelin kurgulanmasında üretken yaklaşımın çağrıştırmacı (görselleştirme, soyutlama ve benzetim



Analiz aşamasında doğada bulunan canlı ve cansız varlıkların dokuları incelenerek; bu dokuları biçimlendiren hücrelerin üremesine, büyümesine ve gelişimine bağlı matematiksel kurallar; başka bir ifade ile geometrik düzen tanımlanmıştır. Bu düzen gridal bir sistem ile açıklanmıştır.

Kuralların belirlenmesi aşaması ise iki adımdan oluşmaktadır. İlk adım iki boyutlu düzlemsel kurguya dair kuralların belirlendiği aşamadır. Analiz sonucu elde edilen ve doğadaki biçimlerin büyümesini tanımlayan gridal düzene geometrik biçimlerin( kare, çember, üçgen, beşgen ve altıgen) atanmasıyla, biçimsel düzen elde etme kuralları belirlenmiştir. bu kurallar doğrultusunda iki boyutlu düzlemleri tanımlayan biçimsel alternatifler oluşturulmuştur. İkinci adım ise; üç boyutlu biçimsel kurguya dair kuralların belirlendiği aşamadır. İki boyutlu biçimsel düzenlerin birer kabuk yada mimari yüzey olarak tanımlanabilmesi için, üçüncü boyutta ve farklı hacimlerde organize edilme gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda üç boyutlu biçimlerin oluşturulması için; yükseklik verme, yön değiştirme, oransal büyüme, çıkarma gibi matematiksel işlemlerle yeni biçim üretme kuralları ve parametrik değişkenler belirlenmiştir. Böylelikle, hücre olarak tanımlanan birimlerin üçüncü boyutta üreyebilmesi için algoritmik kurgu tasarlanmıştır.

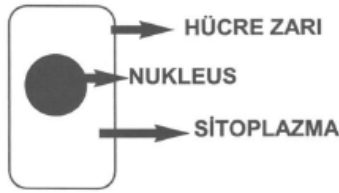
Son aşama ise bu kurallar dahilinde biçimsel alternatiflerin üretilmesi ve türetilmesi aşamasıdır. Belirlenen kurallar dahilinde bilgisayar destekli bir üretim algoritması Grasshopper programında oluşturulmuştur. Bu kurallar ve parametreler özelinde yapılan değişikliklerle farklı biçimsel alternatifler oluşturulmaya çalışılmıştır.

### **5.1. Analiz Ve İki Boyutlu Düzlemsel Kuralların Belirlenmesi**

Doğanın milyonlarca yıldır birikmiş olan tasarım deneyimi günümüzde birçok mimara esin kaynağı olmuştur. Tasarımın doğasında bulunan bilgi edinme-yorumlama-esinlenme-uygulama süreci, insanoğlunun yaşadığı ekosistem içerisinde mevcut biçimleri irdelenmesini ve bilinçli yada bilinçsiz etkileşimini de beraberinde getirmiştir (Benyus, 1997). Bu benzetimler başlangıçta doğal örnekleri neredeyse birebir taklit eden “Biçimsel benzetimler” şeklindeyken son dönemde ise, doğadaki varlıkların süreç içindeki değişimleri (üreme, büyüme, gelişme, dönüşme, değişme vb. gibi özellikleri)

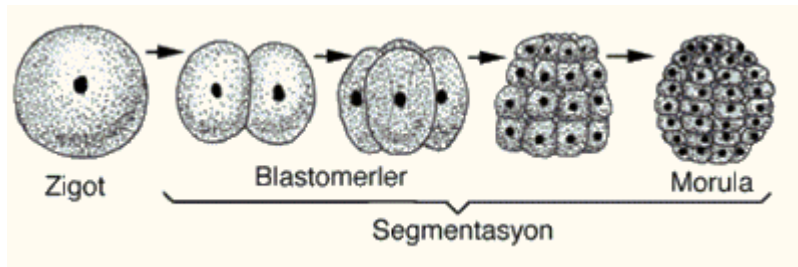
doğrultusunda yeni süreçler tanımlamayı hedefleyen “Süreç benzetimleri” şeklinde gerçekleşmektedir. Doğadaki bir varlığın gelişimini esas alarak gerçekleştirilen süreç benzetimleri hem yeni biçimsel üretimlerin gelişmesine, hem de geometri ve doğa arasındaki ilişkinin yeniden sorgulanmasına neden olmuştur. Bu çalışma kapsamında da doğanın biçimsel büyüme ve gelişme süreçleri çözümlenerek, bu sürecin yeniden yorumlanmasıyla yeni biçimsel alternatifler oluşturulması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda canlı yada cansız varlıkların temelini oluşturan hücre yapısı ve hücrenin değişme kurallarının belirlenmesine karar verilmiştir. Çünkü doğadaki her varlık bir hücrenin gelişmesi ve diğer hücrelerle kurduğu ilişki ile biçimlenmektedir.

Hücre, doğadaki varlıkların en küçük yapısal ve fonksiyonel birimi olarak tanımlanır. Bir hücreyi üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla hücre zarı, ; sitoplazma ve çekirdek (nukleus)’tir. (şekil 5.1) (Tekşen, 2006 ).



Şekil 5.1. Hücre kısımları

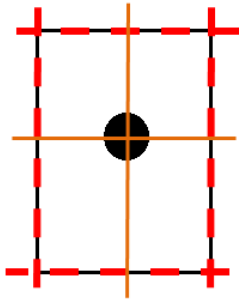
Farklı yapı biçimleri gösteren ve belirli işlevlerle yükümlü hücreler, bir araya gelerek dokuları dokular organları, organlar organ sistemlerini, sistemlerde da organizmayı oluştururlar. Hücreler dokuları gelişirken bölünme ile çoğalarak dokuları tanımlarlar.



Şekil 5.2. Hücre bölünmesi

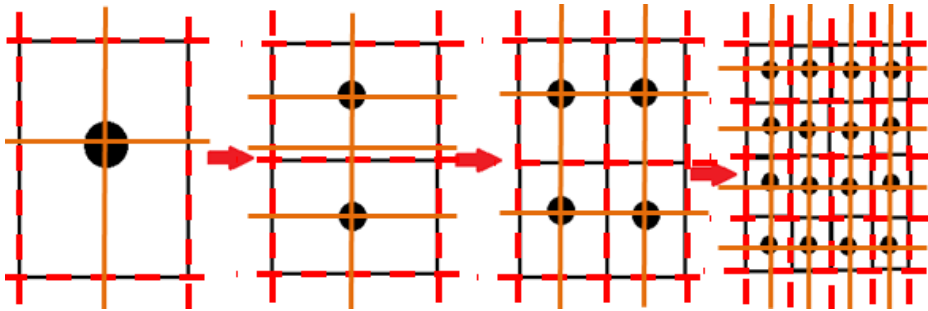
Bu gelişim şeması hücrelerin belirli bir düzen içerisinde ürediklerini, geliştiklerini göstermektedir. Buna göre her hücre çekirdeği, stoplazması ve hücre duvarından bölünerek

ve her keresinde kendini tekrarlayarak gelişmektedir. Bu tez kapsamında bu kuralın geometrik düzendeki tekrarı ile yeni biçimsel formlar üretilebileceği belirlenmiştir. bunun için öncelikle hücrelerin yapısı ve biçimsel üreme mantığı incelenmiş; bu durumun geometrik düzen ile nasıl açıklanabileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda öncelikle hücrenin yapısı incelenmiş, hücrenin temel olarak çoğalırken biçimsel olarak tekrar ettiği iki temel yapısı olan hücre çekirdeği ve merkezinden geçen iki aks olduğu varsayılmıştır( Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Hücre biçimsel analizi

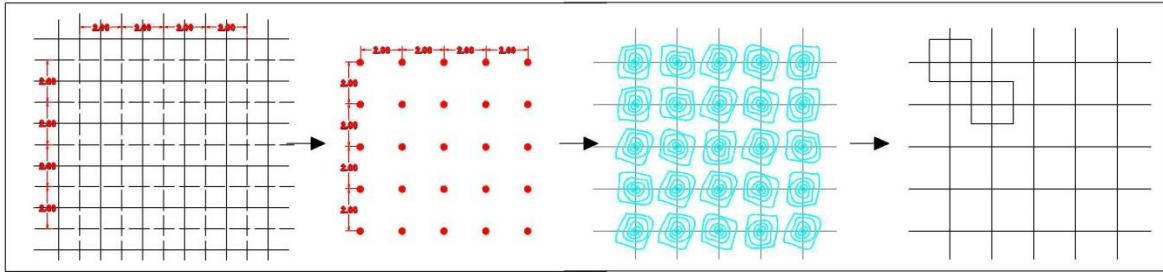
Hücre her seferinde bölünerek gelişirken hücre çekirdeği ve hücre duvarından geçen bu sanal akslarda tekrar etmektedir. Kabul edilen aks sisteminin üremesi ve büyümesinin geometrik olarak gridal bir düzende olduğu belirlenmiştir( Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Hücrelerin büyümesi ile elde edilen aks sistemi

Bu noktadan hareketle çalışma kapsamında analiz edilecek canlı yada cansız varlıkların biçimsel gelişim analizinde bu gridal sistemin varlığı kabul edilmiştir. Ancak burada hücrelerin büyümesini ifade eden iki temel grid sistem mevcuttur. Bunlardan ilki hücrenin çekirdeği ile hücrenin biçimsel merkezini tanımlayan grid (birincil grid), diğeri ise hücre duvarları ile hücrenin büyüme sınırlarını belirleyen grid'(ikincil grid)dir (Şekil 5.5). Gridal düzen aynı zamanda biçimlerin organizasyonunu da sağlayacak temel düzeni de

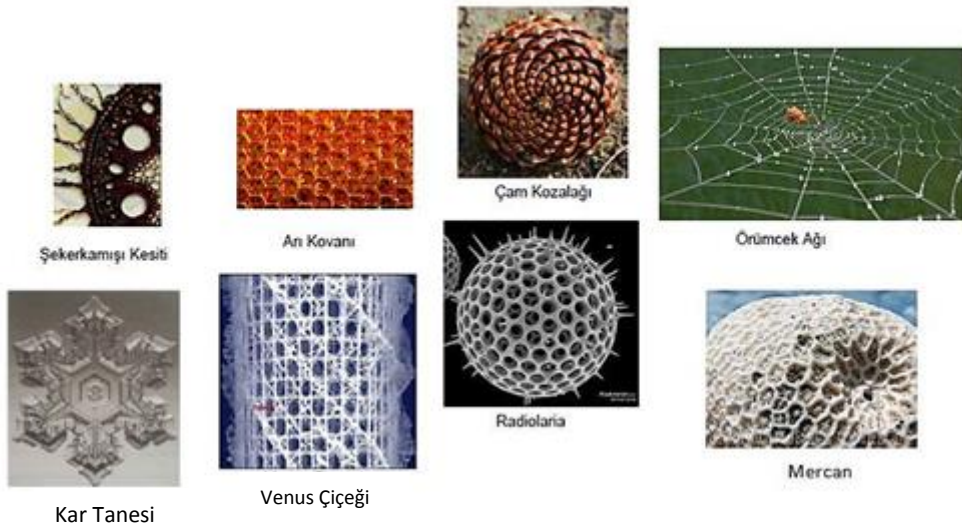
ifade etmektedir. Bu düzen içerisinde yerleştirilecek yeni biçimsel elemanlarla (kare, daire, altıgen, dikdörtgen vb. gibi öklid geometrisine ait elemanlarla) doğanın üreme, büyüme, gelişme mantığı ile yeni biçimsel alternatifler oluşturulmasına karar verilmiştir. Yeni biçimsel alternatifler üretebilmek için bir takım kurallar belirlenmiştir. Buna göre her bir hücre çekirdeğinden geçen grid eksenlerinin merkezine öklid geometrisine ait biçimsel bir birim yerleştirilmiştir. Her bir birimin büyüme sınırını ise ikincil grid olarak tanımlanan eksenler sınırlamaktadır. Her bir birimin belirlenen gridal düzenler doğrultusunda tekrar edilmesi ile ve birim değişiklikleri ile iki boyutlu farklı biçim alternatifler aranmıştır( Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Gridal düzenler

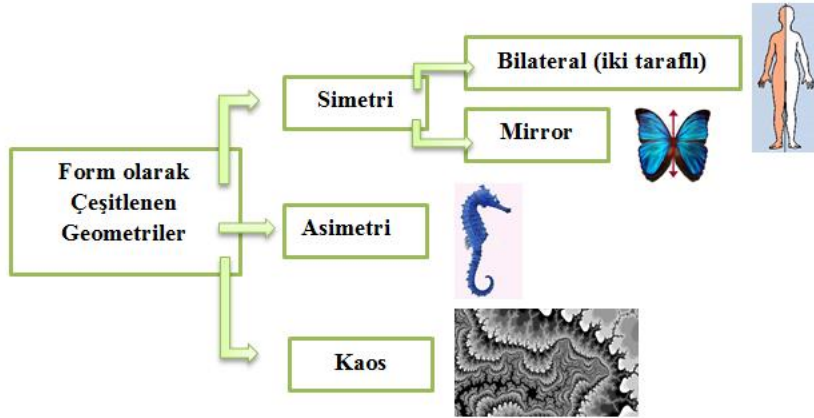
Çalışmanın bu aşamasında öncelikle analiz edilecek doğal örnekler seçilmiş, daha sonra farklı gridal düzenlerin olduğu belirlenmiş ve son olarak her bir örnek tek tek analiz edilmiştir.

Her bir varlık analiz edilirken biçimsel olarak büyümesi gridal düzendeki dönüşümü ile incelenecektir. Bu doğrultuda biçimsel bir birim olarak “hücre” kavramını gözlemleyebildiğimiz doğal varlıklar analiz edilecek örnekler olarak seçilmiştir( Şekil 5.6). Seçilen her bir doğal varlığın doğada farklı biçimsel kurgularla büyüeyebilen; gelişim süreci rastgele olmayan, belirli bir biçimsel düzen içerisinde gelişen ve geometrik düzenlerle açıklanabilen örnekler olmasına dikkat edilmiştir. Farklı biçimsel ve gridal düzenlerle ifade edilebilen; şeker kamışı kesiti, arı kovanı, çam kozalağı, örümcek ağı, kar tanesi, venüs çiçeği, radiolaria ve mercan örnek olarak seçilmiştir( Şekil 5.7).



Şekil 5.6. Biçimsel Analiz için seçilen doğal örnekler

Örneklerin belirlenmesi sonrasında her bir doğal örneğin benzer olmayan düzenlerde olduğu belirlenmiştir. Bu farklı gridal düzenlerin nasıl oluştuğu araştırılmıştır. Hargittai ve Hargittai( 2009), doğadaki varlıkların büyümesindeki geometrik düzeni tanımlayan öğeleri, simetri, asimetri ve kaos biçimsel düzenleri ile açıklamaktadır( Şekil, 5.7) (Hargittai, 2009:10).

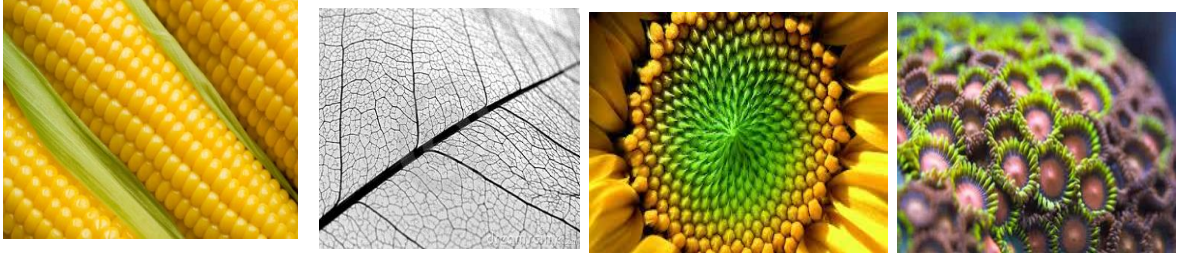


Şekil 5.7. Doğada bulunan biçimlerin genel geometrisi

- *Simetri*, ilki belirsiz bir mükemmellik veya güzelliği yansıtan bir muntazamlık veya estetik olarak hoş giden bir orantılılık ve denge duygusu olarak; ikincisi kesin ve iyi tanımlanmış biçimsel sistemin kurallarına (geometri, fizik vb.) göre gösterilebilen veya ispat edilebilen bir denge ve orantılılık kavramı veya "kendine benzeşme örneği" olarak iki şekilde tanımlanır.

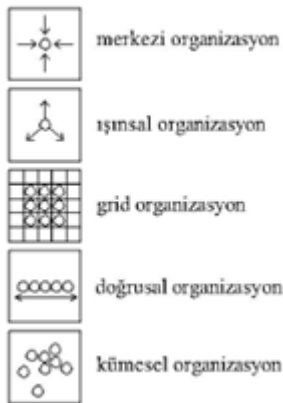
- *Asimetrik şekiller*, belirli bir simetrisi bulunmayan şekillere verilen tanımlama ismidir [45].
- *Kaos kuramı*, kaos teorisi veya kargaşa kuramı; yapısal olarak bir fizik teorisi ya da matematiksel bir tümevarım değil, fiziksel gerçeklik parçalarının bir bütün olarak eğilimini açıklamaya yarayan bir yöntemdir.

Bu alan çalışmasında da doğadaki bu düzenler arasından, simetrik düzenler ele alınarak yola çıkılmıştır. Doğada bulunan çeşitli simetriler (Wade,2006) ‘e göre, düzenli tekrar eden(Array), tek noktaya bağlı (*Point symmetry*), öz benzerlik (*Self- Similarity*), merkeze bağlı (*Radial symmetry*) ve Dallanma (*Branching*) gibi başlıklar altına toplanabilir (Wade, 2006:2-10) (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Doğada bulunan grid düzenleri

Bu simetrik düzenler aynı zamanda biçimlerin organizasyonunu sağlayan gridal düzenleri de tanımlamaktadır. Benzer şekilde mimarlıkta da biçimlerin biraraya gelme organizasyonlarını ifade eden düzenleri (Ching 2007); merkezi organizasyon, ışınsal organizasyon, tekrar eden düzenli organizasyon, doğrusal organizasyon ve kümesel organizasyon olarak beş grupta toplamıştır (Şekil 5.9).

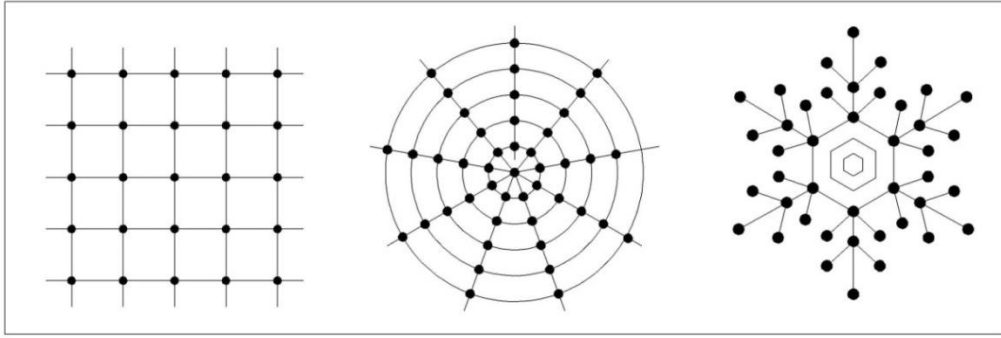


Şekil 5.9. Biçimsel Organizasyon çeşitleri ( Ching, 2007)

Bu doğrultuda tez kapsamında gridal düzeni açıklayan üç farklı sistem; hem doğal örneklerde var olan geometrik düzeni ifade ettiği, hem biçimsel oluşum kurallarının belirlenmesi, hemde dönüşmesi sürecini açıklayabilecek düzenler olarak belirlenmiştir;

- Düzenli tekrar eden gridal sistemler
- Merkeze bağlı (radial) gridal sistemler
- Dallanma gridal sistemleri

olarak belirlenmiştir( Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Gridal düzenler

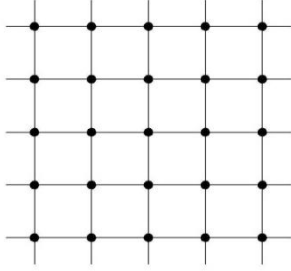
Bundan sonraki aşamada öncelikle bu gridal düzen açıklanmış, daha sonra bu gridal düzene örnek olabilecek doğal varlık analiz edilerek oluşabilecek iki boyutlu biçimsel alternatifler araştırılmıştır.

#### 5.1.1. Düzenli tekrar eden gridal sistemler

Doğa kimi zaman düzenli bir şekilde gelişen organizmaların belirli kurallar şeklinde incelenmesi için geometrik düzen ile açıklanmasını gerektirir. Bu düzenleri tanımlayan öğelerden biri gridal düzendir. Gridal sistem, elemanlar belirlenen düzene ve büyüklüğü göre tekrar ederek düzenli büyümesini sağlayan sistemlerdir.

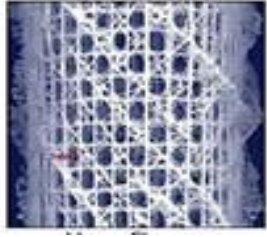
Düzenli tekrar eden gridal sistem ise; yatay ve düşey düzlemde düzenli tekrar edilen çizgisel elemanlarla tanımlanmış bir ağ sistemidir. Gridal sistemler, doğadaki bir çok

varlığın hem büyümesinde hem de boyutunun belirlenmesinde sınırlayıcı eleman olarak tanımlanabilir( Şekil 5.11).



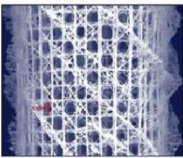
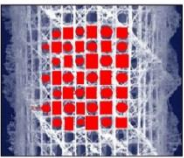
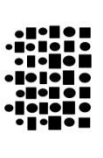
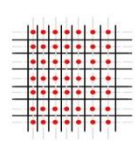
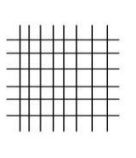
Şekil 5.11. Düzenli tekrar eden gridal düzen örneği

Gridal düzenin belirlenmesinden sonra seçilen örnek analiz edilmiştir. İlk örnek olarak biçimsel olarak bu gridal düzene sahip “Venus Çiçeği” incelenmiştir. Venus denizde yaşayan bir sünger türüdür, bu süngerin mikroskopik ölçekte çekilmiş olan fotoğrafı üzerinden yola çıkılmıştır( Şekil 5.12).



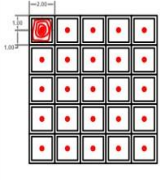
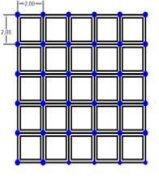
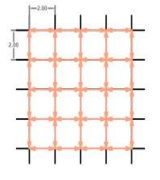
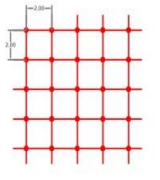
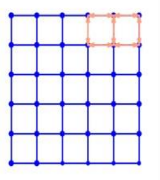
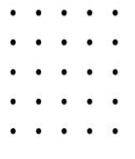
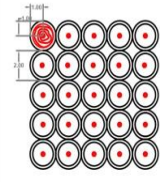
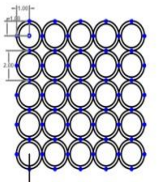
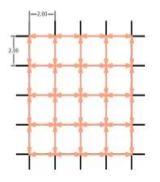
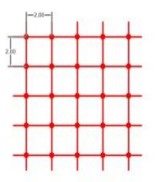
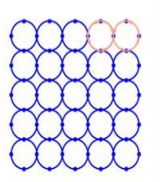
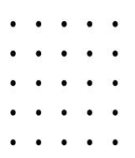
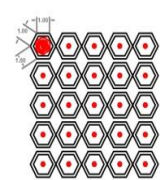
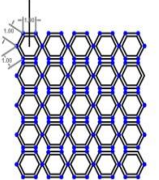
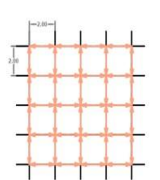
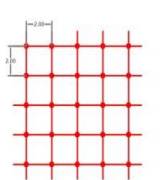
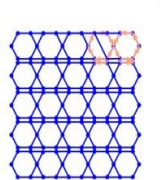
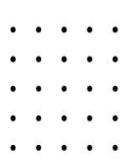
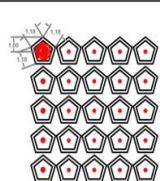
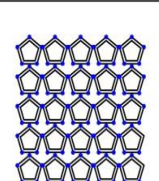
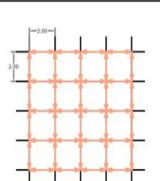
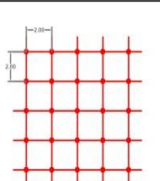
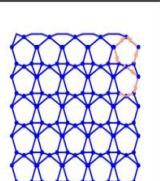
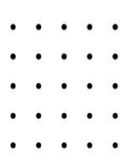
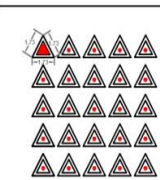
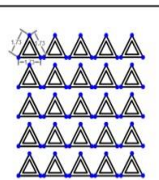
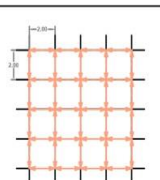
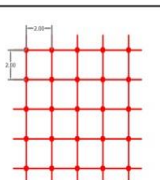
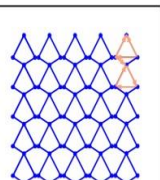
Şekil 5.12. düzenli tekrar eden gridal düzendeki Venüs çiçeği

İlk olarak dokuda görünen boşluklar geometrik birer birim olarak belirlenmiştir. daha sonra bu boşlukları tanımlayan biçimlerin merkezlerinden geçen ve hücre düzenini tanımlayan grid (birincil grid) ile birimleri çevreleyen hücre duvarlarını tanımlayan grid (ikincil grid) belirlenmiştir. Böylelikle hücre düzeni saptanmıştır. Bu düzen farklı biçimsel alternatif oluşturabilecek organizasyonu tanımlayan gridal düzendir( Şekil 5.13).

| Doğa örneği                                                                                         | Örneğin İncelenmesi                                                                 |                                                                                     | Hücrelerin Düzeni                                                                     | Hücre Duvarını Tanımlayan Grid                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Venus Flower |  |  |  |  |

Şekil 5.13. “Venüs Çiçeği” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düze

Analiz çalışması sonucunda elde edilen gridal düzen ve belirlenen temel ilke çerçevesinde biçimsel oluşum kuralları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda hücre düzenini tanımlayan gridal düzende öncelikle hücre çekirdeğinden geçen grid eksenlerinin merkezine öklid geometrisine ait biçimsel bir birim yerleştirilmiştir. Bunun için “kare, çember, üçgen, beşgen ve altıgen” olmak üzere beş farklı geometrik biçim seçilmiştir. Her bir birimin büyüme sınırını ise ikincil grid olarak tanımlanan eksenler sınırlamaktadır. Her bir birimin belirlenen gridal düzenler doğrultusunda tekrar edilmesi ile ve birim değişiklikleri ile iki boyutlu farklı biçim alternatifler aranmıştır( Şekil 5.14).

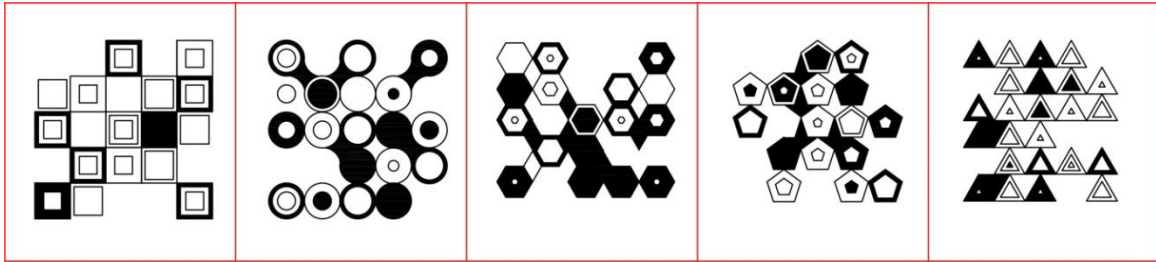
|                                                                                                      | Hücrelerin Düzeni                                                                   | Hücrelerin Sabit Birimlerle Tekrarlanarak Üremesi                                   | Birimlerin Oluşturduğu Vertex ler                                                   | Hücrelerin Birbiri ile Bağlanma Kuralı                                               | Hücrelerin Oluşturduğu Kare Grid                                                      | Vertexlerin Oluşturduğu Grid                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Kare Birim<br>      |    |    |    |    |    |    |
| Çember Birim<br>  |  |   |   |   |   |   |
| Beşgen Birim<br>  |  |  |  |  |  |  |
| Altıgen Birim<br> |  |  |  |  |  |  |
| Üçgen Birim<br>   |  |  |  |  |  |  |

Şekil 5.14. Birimlerin gridlere yerleştirilmesi ile ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler

Elde edilen gridal düzenlerin eşit aralıkta ve eşit büyüklükte biçimlerin tekari ile elde edilen biçimsel alternatiflerin sınırlı olması, farklı biçimsel örneklerin aranmasını zorunlu

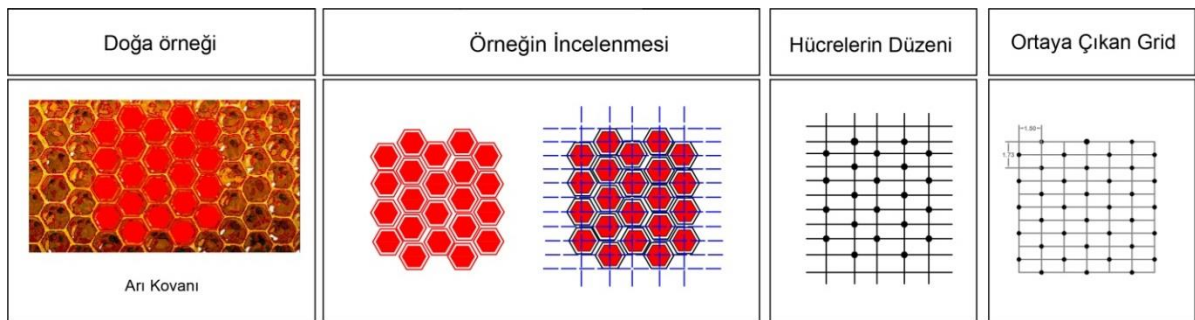
kılmıştır. Bunun için yapılacak işlemler;” düzen içerisindeki biçimsel birimlerde yapılacak değişiklikler” ve “gridal düzenin değişmesi”olarak iki başlıkta belirlenmiştir.

Gridal düzen içerisinde bulunan biçimsel birimlerde yapılacak olan değişiklikler geometrik biçimsel dönüşümler olarak tanımlanabilir. Bunun için var olan biçimsel birimlere kalınlık verilmesi, parça eklenmesi ve çıkarılması yoluyla değişik düzenler elde edilmeye çalışılmıştır( Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Geometrik işlemlerle tanımlanan biçimsel alternatifler

Gridal düzeni değiştirmeye yönelik olarak yapılan değişiklikler ise; grid aralıklarını ve hücre çekirdeklerinin tekrar düzenlerinin değişmesi ile aranmıştır. Bu bağlamda var olan gridal süzenlerde değişiklik yapılabileceği gibi, doğada var olan örnekler analiz edilebilir. Bu aşamada yine doğaya dönerek doğada bulunan en az malzemeyle kullanarak en çok alanı kaplama özelliğine sahip olan “Arı Kovanı” örneği incelenmiştir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. “Arı Kovanı” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düzen

Arı kovalarında görünen altıgen bir düzende her bir altıgenin merkezinden geçen aksları belirlerken dikdörtgen bir gride raslanmaktadır( Şekil, 5.16). Ayrıca birimlerin oluşturduğu kesişim noktalarından (vertex’ lerinden) geçen başka bir gridin olduğuda belirlenmiştir ( Şekil 5.17).

|              | Hücrelerin Düzeni | Hücrelerin Sabit Birimlerle En az Boşluk Oluşturarak Üremesi | Birimlerin Oluşturduğu Vertex ler | Hücrelerin Birbiri ile Bağlanma Kuralı | Hücrelerin Oluşturduğu Dikdörtgen Grid | Vertexlerin Oluşturduğu Grid |
|--------------|-------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
| Beşgen Birim |                   |                                                              |                                   |                                        |                                        |                              |

Şekil 5.17. “Arı Kovanı” örneğinin analizi sonucu tanımlanan alternatif gridal düzen

Belirlenen bu iki gridal düzenden öncelikle dikdörtgen gridal düzendeki biçimsel düzen oluşumu araştırılmıştır. Öncelikle gridal düzene biçimsel birimlerin (üçgen, kare, beşgen, altıgen ve çember) atanmasıyla oluşabilecek iki boyutlu biçimsel alternatifler aranmıştır (Şekil 5.18).

| Ortaya Çıkan Grid | Kare Birim | Çember Birim | Beşgen Birim | Üçgen Birim |
|-------------------|------------|--------------|--------------|-------------|
|                   |            |              |              |             |

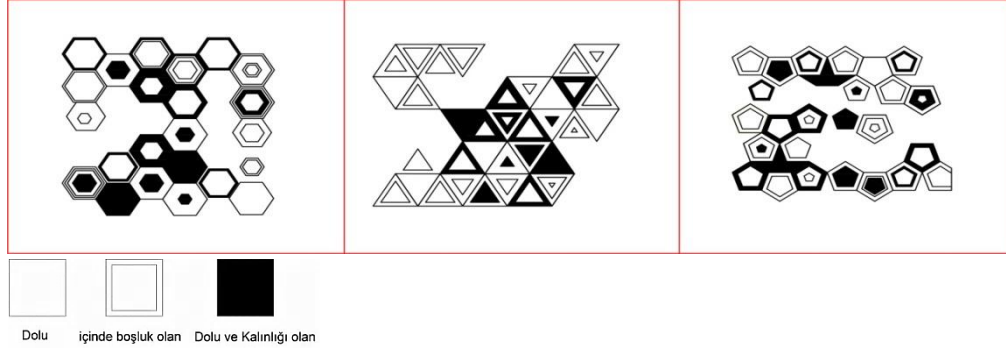
Şekil 5.18. Birimlerin gridlere yerleştirilmesi ile ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler

Daha sonra birimlerin oluşturduğu kesişim noktalarından( vertex’ lerinden) geçen gridal düzendeki biçimsel düzen oluşumu araştırılmıştır. Tekrar bu farklı gridal düzene biçimsel birimlerin (üçgen, kare, beşgen, altıgen ve çember) atanmasıyla oluşabilecek iki boyutlu biçimsel alternatifler aranmıştır( Şekil 5.19).

|               |  |  |  |  |  |  |
|---------------|--|--|--|--|--|--|
| Üçgen Birim   |  |  |  |  |  |  |
| Altıgen Birim |  |  |  |  |  |  |

Şekil 5.19. Birimlerin gridlere yerleştirilmesi ile ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler

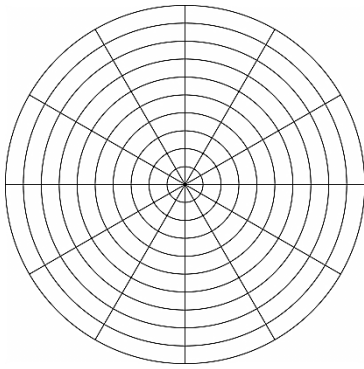
Gridal düzen içerisinde bulunan biçimsel birimlerde değişiklikler yaparak farklı alternatiflerin oluşturulup oluşturulamayacağı araştırılmıştır. Bunun için var olan biçimsel birimlere kalınlık verilmesi, parça eklenmesi ve çıkarılması yoluyla değişik düzenler elde edilmeye çalışılmıştır( Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Geometrik işlemlerle tanımlanan biçimsel alternatifler

### 5.1.2. Merkeze Bağlı (Radial) gridal sistemler

Merkeze bağlı (radyal) gridal düzenler; ışınsal veya dairesel gridler olarak da adlandırılırlar. Bu düzende merkez noktadan başlayan eşit açı ve eşit uzaklıkla tanımlanan bir ağ sistemidir. Merkeze bağlı gridal düzen doğadaki bir çok canlının biçimsel düzeninde gözlemlenebilen bir biçimsel organizasyondur( Şekil 5.21).



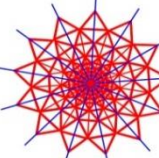
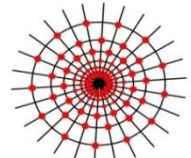
Şekil 5.21. Merkeze bağlı (radyal) grid

Gridal düzenin belirlenmesinden sonra seçilen örnek analiz edilmiştir. İlk örnek olarak biçimsel olarak bu gridal düzene sahip “çam kozalağı” incelenmiştir( Şekil 5.22). Çam kozalağı çam ağacının tohumu olarak bilinen odunsu bitkidir.



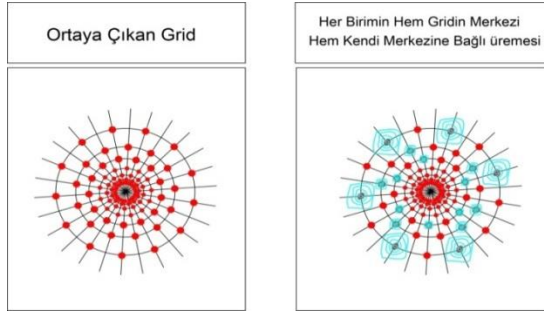
Şekil 5.22. Çam kozalağı

İlk olarak resimdeki kozalak dokusunda görülen her bir biçimsel hücre geometrik bir birim olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu biçimlerin merkezlerinde bulunan tohumlardan geçen ve hücre düzenini tanımlayan grid( birincil grid) ile birimleri çevreleyen hücre duvarlarını tanımlayan grid (ikincil grid) belirlenmiştir. Böylelikle hücre düzeni saptanmıştır. Bu örnekte iki, farklı gridal düzenin olduğu belirlenmiştir. Bunlardan ilki sadece radyal gridin merkezine bağlı olarak büyüyen gridal düzendir. Bu örnekte üçgen birimlerinin dairesel bir düzen içersinde döndükleri ve tekrar ettikleri gözlenmiştir. Bu birimlerde dairesel düzeni korumak için büyüdükçe birimlerinin boyutunun da değiştiği gözlemlenmiştir Yani merkeze yakın olan halkanın birimleri en küçük ve dışa doğru çıkarak halkaların büyümesi ile birlikte birimlerde büyümektedir. Bu durum çekirdeği tanımlayan merkez noktalar arasındaki mesafenin bu gridal düzende değişmesinden kaynaklanmaktadır. Böylelikle hücresel birimlerin sınırlarını belirleyen gridal düzende sınırlar arasındaki mesafeden uzaklaştıkça artmaktadır( Şekil 5.23).

| Doğa örneği                                                                                             | Örneğin İncelenmesi                                                                 |                                                                                     |                                                                                      | Ortaya Çıkan Grid                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Çam Kozalağı</p> |  |  |  |  |

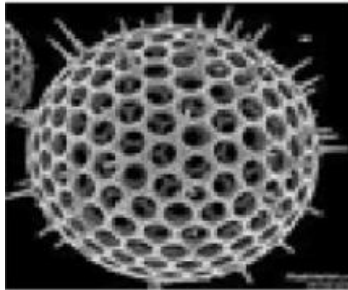
Şekil 5.23. “Çam Kozalağı” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düzen

Bir diğer gridal düzen ise, her birimin hem radyal gridin merkezine hem de biçimsel birimin kendi merkezine göre büyüdüğü gridal düzendir( Şekil 5.24). Bu düzende biçimlerde kendi merkezi etrafında oransal olarak büyüyerek ve dönerek yeni biçimsel alternatifler üretmektedir.



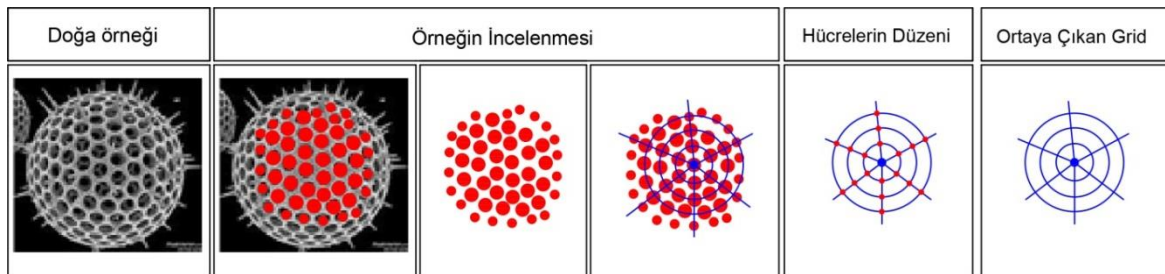
Şekil 5.24. Radyal gridal düzende farklı yerleşim mantığı

Doğadan seçilen bir diğer örnek ise; bir deniz tek hücrelisi olan “Radiolaria (Işınılılar)”dır ( Şekil 5.25).



Şekil 5.25. Merkeze bağlı (radyal) gridal düzendeki Radiolaria

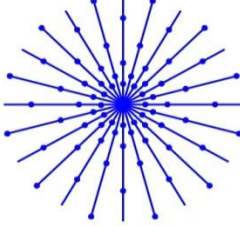
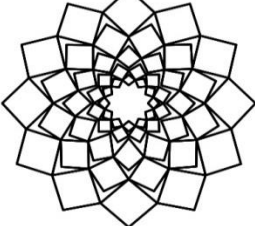
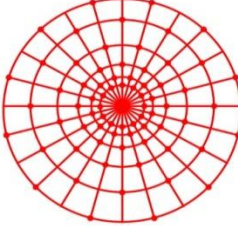
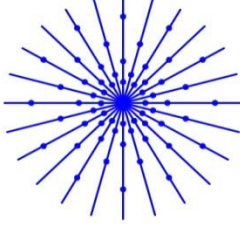
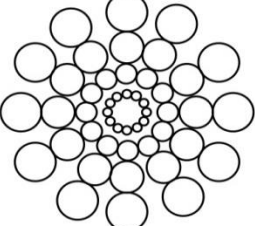
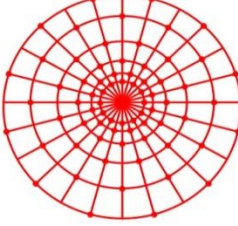
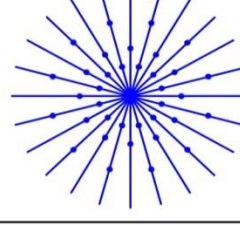
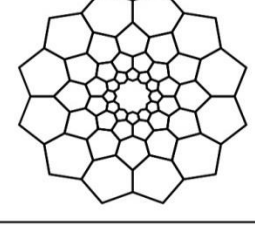
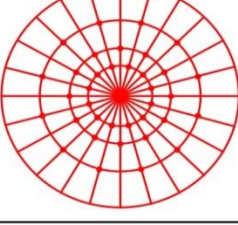
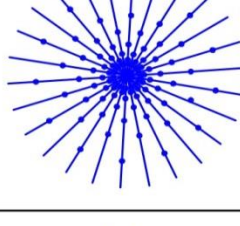
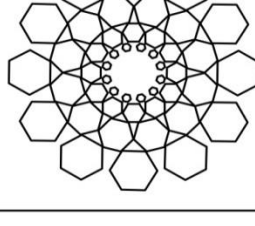
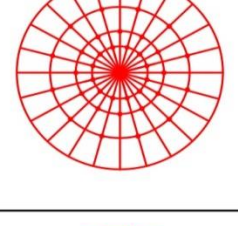
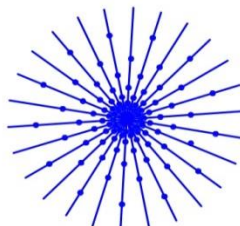
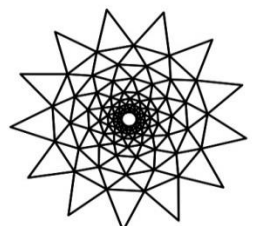
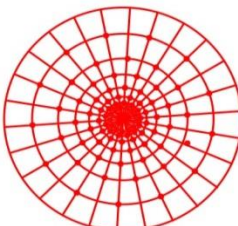
İlk olarak dokuda görünen boşluklar geometrik birer birim olarak belirlenmiştir. daha sonra bu boşlukları tanımlayan biçimlerin merkezlerinden geçen ve hücre düzenini tanımlayan grid (birincil grid) ile birimleri çevreleyen hücre duvarlarını tanımlayan grid (ikincil grid) belirlenmiştir. Böylelikle hücre düzeni saptanmıştır( Şekil 5.26).



Şekil 5.26. “radiolaria” örneğinin biçimsel incelemesi

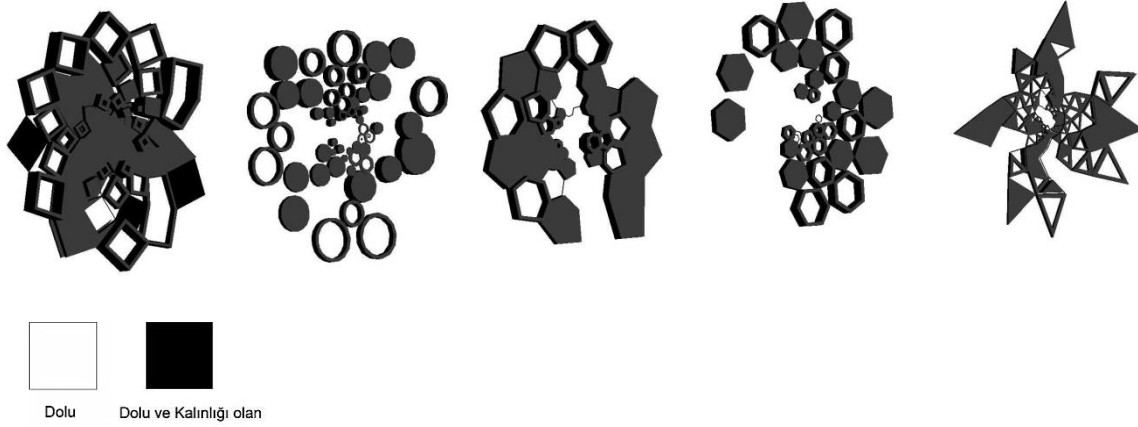
Düzenli tekrar eden gridal sistemde olduğu gibi öncelikle hücre çekirdeğinden geçen grid eksenlerinin merkezine öklid geometrisine ait biçimsel bir birim yerleştirilmiştir. Bunun için “kare, çember, üçgen, beşgen ve altıgen” olmak üzere beş farklı geometrik biçim

seçilmiştir. Bunun için radyal gridal düzeni tanımlayan dört farklı üreme ve gelişme mantığından ilham alınarak süreç tasarlanmıştır. Bunlardan ilki geometrik biçimsel birimlerin hem *her birimin kendi merkezine bağlı* ve hem *radial gridin merkezine bağlı* üremesi oluşabilecek iki boyutlu biçimsel alternatifler aranmıştır( Şekil 5.27).

|                                                                                                      | Hücrelerin Düzeni                                                                   | Tek Bir Merkeze Bağlı Üreyen Birim                                                  | Hücrelerin Oluşturduğu Radial Grid                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Kare Birim<br>      |    |    |    |
| Çember Birim<br>  |   |   |   |
| Altıgen Birim<br> |  |  |  |
| Beşgen Birim<br>  |  |  |  |
| Üçgen Birim<br>   |  |  |  |

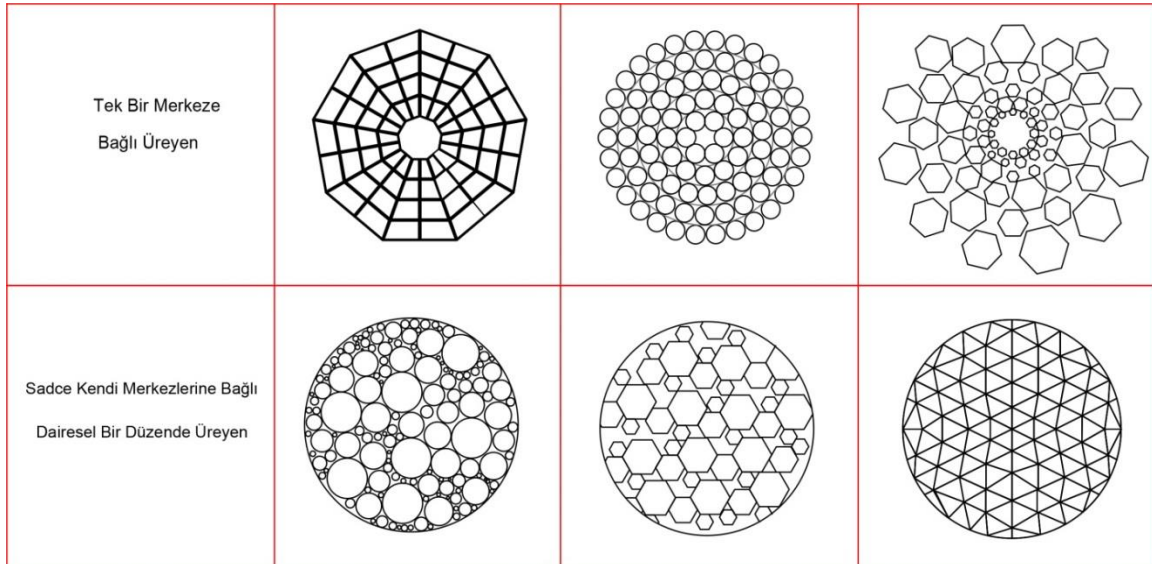
Şekil 5.27. Her birim sadece kendi merkezine ve radyal gridin merkezine bağlı ürediğinde oluşan iki boyutlu biçimsel alternatifler

Elde edilen biçimsel alternatiflere kalınlık verilmesi, parça çıkarılması ve eklenmesi gibi geometrik parametreler ekleyerek alternatif üretken yüzeyler ve ya biçimler elde edilmiştir ( Şekil 5.28).



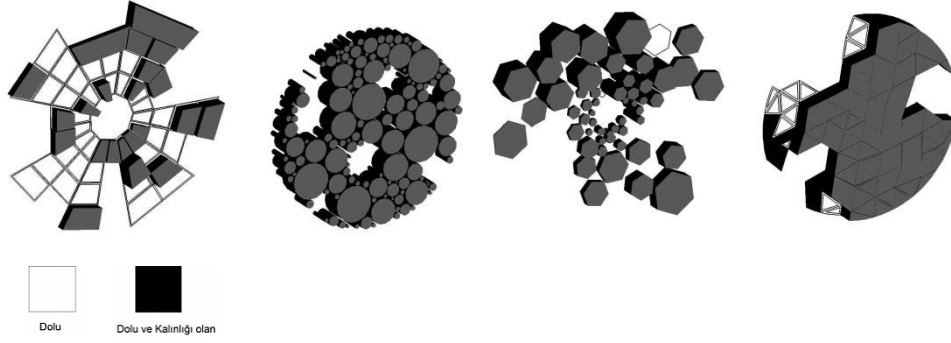
Şekil 5.28. Radyal gridle türeyen biçimsel alternatiflerin geometrik parametrelerinin değişmesi ile ortaya çıkan abiçimsel alternatifler

İkinci düzende ise radyal gridler üzerinde tanımlanan her bir biçimsel birimin *tek bir merkeze doğru* veya *her birimin kendi merkezine bağlı* olarak üremesi ile elde edilen biçimsel alternatiflerin arandığı süreçtir( Şekil 5.29).



Şekil 5.29. Her birim sadece kendi merkezine veya radyal gridin merkezine bağlı üredigin de oluşan iki boyutlu biçimsel alternatifler

Elde edilen biçimsel alternatiflere kalınlık verilmesi, parça çıkarılması ve eklenmesi gibi geometrik parametreler ekleyerek alternatif üretken yüzeyler ve ya biçimler elde edilmiştir (Şekil 5.30).



Şekil 5.30. Radial gridle türeyen biçimsel alternatiflerin geometrik parametrelerinin değişmesi ile ortaya çıkan abiçimsel alternatifler

Üçüncü düzende ise, biçimsel birimlerinin kenarları üzerinde belirlenen noktasına *bağlı* olarak tekrarlandıklarında ortaya çıkan biçimsel alternatifler denenmiştir( Şekil 5.31).

| Kullanılan Birim   |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|
| Ortaya Çıkan Düzen |  |  |  |  |  |
| Oluşulan Gridler   |  |  |  |  |  |
| Oluşulan Gridler   |  |  |  |  |  |

Şekil 5.31. Biçimsel birimin kenarı üzerindeki sabit noktaya *bağlı* olarak tekrarlandıklarında ortaya çıkan iki boyutlu biçimsel alternatifler

Dördüncü düzende ise Radial gridin merkezi ile birimlerin merkezi ile üst üste gelmesiyle tanımlanabilecek biçimsel alternatiflerin üremeleri denemiştir( Şekil, 5. 32).

|                    |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|
| Kullanılan Birim   |  |  |  |  |  |
| Ortaya Çıkan Düzen |  |  |  |  |  |
| Oluşulan Gridler   |  |  |  |  |  |

Şekil 5.32. Birimlerin kendi merkezleriyle, radial gridin merkezinin çakışmasıyla oluşabilecek biçimsel alternatifler

### 5.1.3. Dallanma gridal sistemler

Dallanma bir ve ya bir kaç tane yola veya dala ayrılmak anlamına gelmektedir. Dallanma mantığı doğadaki bitkiler, ağaçlar, sinir sistemleri ve hatta nehirleri oluşturmakta olan bir sistemdir. Bu sistemler şimdiye kadar bir çok bilim adamı tarafından incelenmiştir. Bu sistemlerin en güzel örneklerinden biri olan “Kar taneleri”dir. Kartanelerinde radyal gridal düzen dışında dallanma gridal sistem mantığı da görünmektedir( Ball,2009: 3). Bu doğrultuda bu bölümde dallanma mantığı ile üreyebilen ve büyüeyebilen farklı biçimler denenmiştir.

Kar taneleri şimdiye kadar bir çok bilim adamı tarafından incelenmiştir. İlk olarak 1611 yılında avrupalı *Johannas Kepler* kartanelerin altıgen olduklarını fark eden ilk bilim adamlarındandır. Kepler bu altıgen düzeni suyun içinde olan ve onu biçimlendiren parçacıklarının yani bugünkü bilimde molekül diye bilinen parçaların altıgen olduklarını düşünmüştür.

1806 yılında arktik bir bilim adamı olan *William Scoresby* gözlemler yaparak otuz tip kartanesini inceleyip ve logaritma adlı kitabında çizmiştir( Şekil 5.33) ( Ball,2009: 3).



Şekil 5.33. William Scorsby'nin Logaritma adlı kitabında belirlediği kartanesi çizimleri (Hargittai,2009)

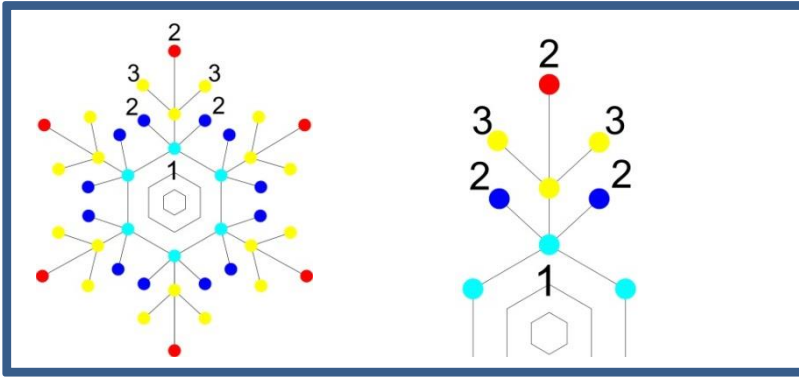
Kar taneleri ile ilgili olan en meşhur eserlerden biriside 1931 yılında W.A. Bentley ve W.J. Humphreys tarafından yayınlanan “Snow Crystal” Adlı kitabıdır. Bentley bir fotoğrafçı olarak hayatının büyük bir kısmını kar kristallerini fotoğraflamakla geçirdi. Bentley bu süreçte en az 6000 tane kar tanesini fotoğraflamıştır( Bentley, Humphreys, 1931: 64).

İlk olarak kar tanesinin merkezini oluşturan altıgen birim ve bir sonraki daha küçük birimle ilişkisini tanımlayan dallanma gridal düzen mantığı belirlenmiştir. Diğer gridal düzenlerden farklı olarak biçimin temel değişmez altıgen bir merkezi mevcuttur. Bu merkezden eşit uzaklıktaki diğer birimlerle ilişkiyi tanımlayan ise eşit uzunluktaki dallanmalardır. Bu düzende her çift dalın bir çekirdekten dallanmasıyla bir çekirdek oluşturulduğu var sayılmaktadır. Böylelikle hücre düzeni belirlenmiştir( Şekil 5.34).

| Doğa örneği                                                                                       | Örneğin İncelenmesi                                                                 |                                                                                     |                                                                                      | Ortaya Çıkan Grid                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Kar Tanesi |  |  |  |  |

Şekil 5.34. “Kar tanesi” örneğinin analizi sonucu tanımlanan gridal düzen

Daha önceki gridal sistemlerde olduğu gibi öncelikle hücre çekirdeğinden geçen grid eksenlerinin merkezine öklid geometrisine ait biçimsel bir birim yerleştirilmiştir. Bunun için “kare, çember, üçgen, beşgen ve altıgen” olmak üzere beş farklı geometrik biçim seçilmiştir. Merkezden üreyerek başalayan ve dallanmaları tanımlayan her çift dalın aynı büyüklüklerdeki birimler le ürediği var sayılarak birimlerin yerleştirilmesi bu kurala göre yapılmıştır. Her farklı numara ile aynı büyüklükte bir geometrik biçim yerleştirilmiştir. ( Şekil 5.35) .



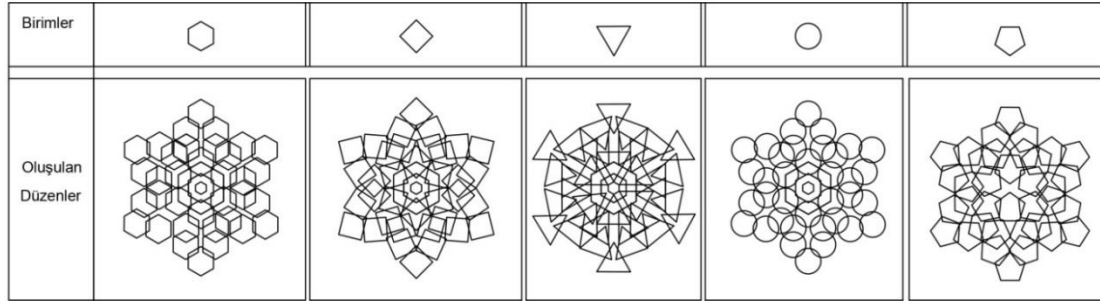
Şekil 5.35. Dallanan çekirdeklerin boyutla sıralamaları

Biçimsel birimlerin dallanma gridal düzene yerleştirilmesi ile ilgili belirlenen kural gereği her bir geometrik biçim( üçgen, kare, beşgen, altıgen ve çember) birimleri için üç farklı büyüklükte birim tanımlanmıştır. En büyük birim 1 numaradan üreyip, ondan küçük olan 2 numaraya ve iki numaradan küçük olanda 3 numaraya yerleştirilmiştir . Daha sonra farklı birimlerin bu düzende türemeleri denenmiştir( Şekil 5.36).

| Birimler | Kullanılan Grid | Hücrelerin Düzeni | Hücelere Sıra İle Birimlerin Yerleşmesi | Hücrelerin Düzeni | Ortaya Çıkan Düzen |
|----------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------|-------------------|--------------------|
|          |                 |                   |                                         |                   |                    |
|          |                 |                   |                                         |                   |                    |
|          |                 |                   |                                         |                   |                    |
|          |                 |                   |                                         |                   |                    |
|          |                 |                   |                                         |                   |                    |

Şekil 5.36. Dallanma gridal düzene bağlı olarak üreyebilen iki boyutlu biçimsel alternatifler

Kar örneğinden çıkan ve kullanıcı tarafından boyutsal büyüklük parametresinin belirlendiği bu düzenin değiştirilmesi ile de farklı alternatifler oluşturmak mümkündür. Buna göre biçimsel birimlerin sıralama, yada boyutsal büyüklük parametrelerinin değişmesi ile farklı alternatifler üretmekte mümkün olabilecektir. Bu doğrultuda bir sonraki düzensel arayışta aynı grid üzerinde aynı boyutlarda olan birimlerin yerleştirilmesi ile oluşabilecek alternatifler aranmıştır( Şekil 5.37).



Şekil 5.37. Sıralama parametresinin değişmesi ile elde edilen iki boyutlu biçimsel alternatifler

Bu düzenlerin aynı boyutlarda ve aynı anda hem tek bir merkeze doğru ve hem dallanma düzeni içinde oluştukları görünmektedir. Ortaya çıkan bu düzenlerle iki boyutlu, radyal ve dallanma özelliklerine sahip olan üretken mimari yüzeylerin farklı alternatiflerini oluşturulamaya çalışılmıştır. Bir sonraki bölümde ise aynı mantıkla ortaya çıkan gridlerin ve düzenlerin üç boyutlu mimari biçimlere dönüştürülebilme kuralları tanımlanmaktadır.

## 5.2. Üç Boyutlu Üreme Kurallarının Belirlenmesi

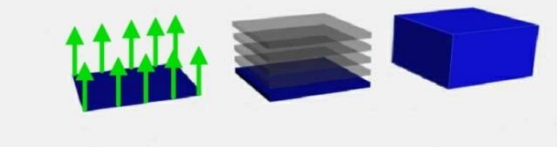
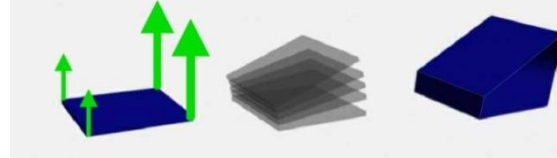
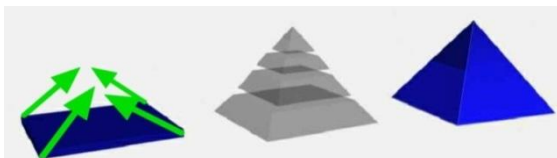
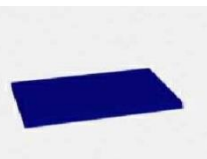
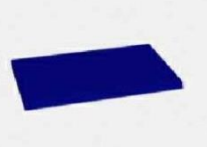
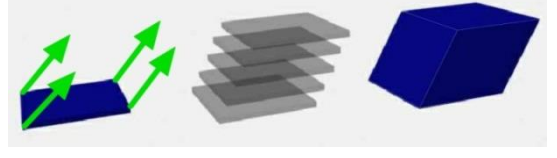
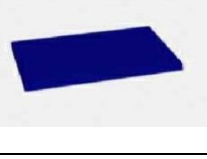
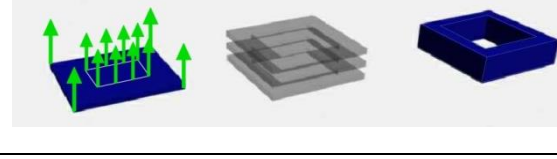
İki boyutlu düzlemsel düzenlerin birer kabuk yada mimari yüzey olarak tanımlanabilmesi için, üçüncü boyutta ve farklı hacimlerde organize edilme gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda üç boyutlu biçimlerin oluşturulması için; iki boyutlu düzenleri tanımlayan hücresel ve gridal öğeler arasındaki ilişkinin yeniden tanımlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda öncelikle birimlere yükseklik verme işleminin biçimsel birimlerin üstüste tekrar edilmesiyle tanımlanacağı belirlenmiştir. Bu ilişkiyi tanımlayabilecek 4 farklı geometrik işlem doğrultusunda yeni biçim üretme kuralları ve parametrik değişkenler belirlenmiştir, bunlar;

- Boyutsal büyüklük,
- Oransal büyüme,
- Yön değiştirme,
- Çıkarma

gibi matematiksel işlemlerdir. Ancak bu kuralları hücrelerin büyümesi ile bağdaştırarak 6 farklı üreme mantığı tanımlanmıştır. Bunlardan ilki birimin boyutsal büyüklüğünün değişmesi parametresi doğrultusunda, geometrik biçimin aynı doğrultuda tekrar

edilmesiyle oluşan üç boyutlu alternatiflerdir. İkinci kuralda boyutsal büyüklüğünün değişmesi parametresi doğrultusunda şekillenmektedir. Ancak ilk kuraldan farklı olarak geometrik biçimin tekrar edilmesi sürecinde kenarları arasında farklı yüksekliklerin olmasından kaynaklanan biçimsel öneridir. Üçüncü ve dördüncü kural oransal büyüme parametresine bağlı olarak şekillenmektedir. Belirlenen biçimsel birimin büyüklüğünün oransal olarak artarak veya azalarak tekrar edilmesiyle oluşan biçimsel arayıştır. Beşinci kuralda ise biçimin yön değiştirme parametresi doğrultusunda farklılaşması sağlanmıştır. Her bir biçimsel olarak tekrar edilirken başlangıç noktasına göre konumunun değişmesi ile biçimsel örnekler oluşturulması hedeflenmiştir. Son kuralda ise başlangıç iki boyutlu biçimsel birimin içerisinden parça çıkarılması ile oluşan biçimin aynı doğrultuda tekrar edilmesi ile oluşan biçimsel alternatiflerdir( Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Birimler için belirlenmiş olan 3.boyutta üreme kuralı

| 2. Boyutta Birim                                                                    | Üçüncü Boyuta Taşıma                                                                 | Dönüşüm Parametreleri     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|    |    | Her Tarafı Eşit Yükseltme |
|    |    | Eşit Olmadan Yükseltme    |
|    |    | Oran Değişerek Yükseltme  |
|  |  | Oran Değişerek Yükseltme  |
|  |  | Yön Değişerek Yükseltme   |
|  |  | Boşaltarak Yükseltme      |

### 5.3. Bilgisayar Destekli Tasarım Araçlarıyla Biçimsel Alternatifler Üretilmesi ve Türetilmesi

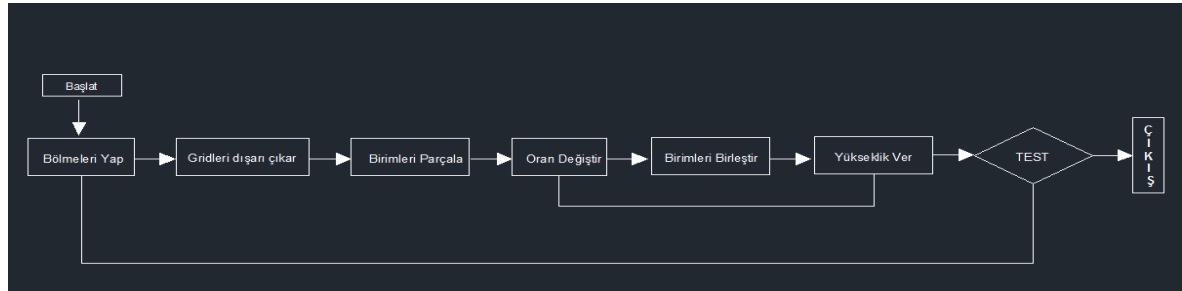
Bu aşama doğadaki geometrik düzenler ve gelişim düzeninden ilham alarak yeni biçimsel alternatifler oluşturmak için elde edilen iki ve üç boyutlu kuralllar doğrultusunda bilgisayar destekli tasarım araçlarıyla yeni alternatiflerin üretildiği ve türetildiği aşamadır.

Bu aşamada öncelikle bilgisayar destekli biçim üretim algoritması tanımlanmıştır. Daha sonra C++ dilleri ile üretilmiş Rhinoceros yazılımı altında çalışan Grasshopper Plug\_in ile bilgisayar ortamında biçimsel alternatifler üretilebilen bir script yazılmıştır.

### 5.3.1. Bilgisayar destekli tasarım algoritmasının tanımlanması

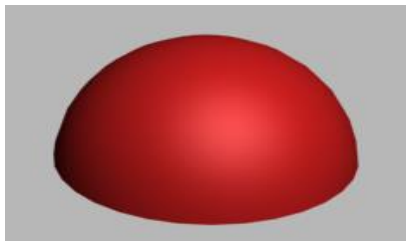
Bilgisayar destekli tasarım araçları ile biçimsel alternatifler üretecek algoritma dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- Yüzeyin belirlenmesi
- Gridal düzenin belirlenmesi
- Hücrelerin tanımlanması
- Hücrelerin parametrik değişmesi ile biçimsel alternatiflerin oluşturulması( Şekil 5.38).



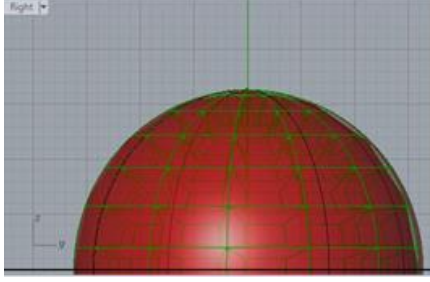
Şekil 5.38. bilgisayar destekli tasarım algoritması

Gridal düzenin belirlenmesi için öncelikle üç boyutlu düzlem oluşturulmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bilgisayar ortamında tanımlanan algoritmanın değişken parametrelerle farklı alternatif türeten bir yapısı olsa dahi, tüm üretim süreci kullanıcı (tasarımcı) kontrolündedir. Algoritmanın ilk adımı da kullanıcı kontrolüne bırakılmış ve tasarımcı tarafından belirlenen özelliklere göre biçimlenmiş bir düzlem tanımlanmıştır(Şekil 5.39). Bu örnek özelinde bu düzlem kubbe olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.39. tasarımcı (kullanıcı) tarafından belirlenen düzlem

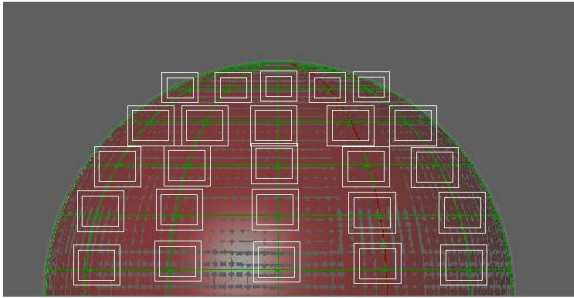
İkinci aşamada bu düzlem üzerine bu düzlemin biçimlenmesine uygun gridal bir düzen tanımlanmıştır( Şekil 5.40). Bu gridal düzen; gerçekte bir hücrenin bölünerek çoğalmasıyla tanımlanan gridal düzeninin bir benzetimidir. Tanımlanan grid biçimsel birimin merkezini ve sınırlarını tanımlayan iki gridin belirlenen yüzey üzerine giydirilmesi ile oluşan bir düzendedir.



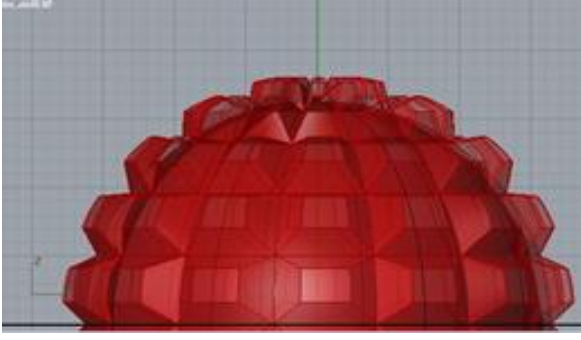
Şekil 5.40. Gridal düzenin belirlenmesi

Üçüncü aşama ise bu gridal düzenler üzerinde yer alacak hücrelerin başka bir ifade ile biçimsel birimlerin tanımlanmasıdır. Öncelikle daha önce belirlenen kurallar doğrultusunda her bir merkeze biçimsel bir birim yerleştirilmiştir. Bu yöntemle yüzey üzerinde iki boyutlu biçimsel tanımlamalar yapılmıştır( Şekil 5.41).

Bu aşamadaki diğer bir adım ise yüzey üzerinde iki boyutlu tanımlanan biçimsel birimlerin boyutsal büyüklük, oransal değişim, yön değişimi ve çıkarna gibi üçüncü boyuta taşıyacak olan işlemlerin uygulanmasıyla oluşabilecek biçimsel alternatiflerin arandığı süreçtir (şekil 5.43). Bu örnek özelinde seçilen her bir kare birim oransal olarak tekrar edilmesiyle tanımlanan bir biçimsel bir alternatif oluşturulmuştur.

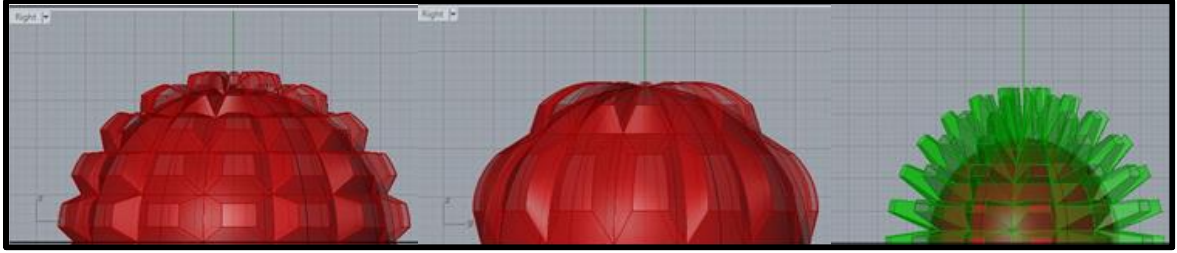


Şekil 5.41. Üç boyutlu modelde birimlerin yerleştirilmesi



Şekil 5.42. Üç boyutlu biçimsel alternatif

Son aşama ise her bir hücresel birimin ve ya gridal düzene dair lemanların parametrik olarak değiştirilmesiyle farklı biçimsel alternatiflerin oluşturulduğu aşamadır. Buna göre değişim parametreleri gridal düzeni tanımlayan yatay eksen sayısı, düşey eksen sayısı ve üst üste tekrar eden birim sayısı olarak belirlenmiştir. her bir parametrenin farklılaşmasıyla biçimsel alternatifler oluşturulmuştur( Şekil 5.43).



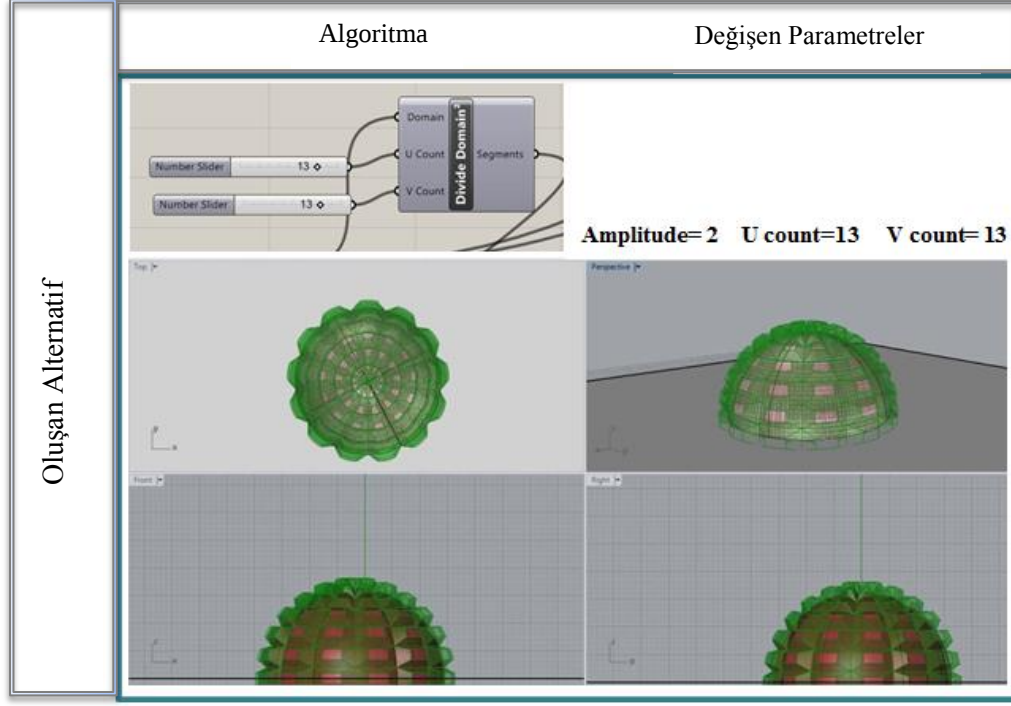
Şekil 5.43. Elde edilen biçimsel alternatifler

Algoritma; sonuç olarak elde edilen biçimsel ürünün beğenilmemesi veya uygun bulunmaması durumunda değiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Buna göre ya belirlenen biçimsel parametreler değiştirilebilir veya seçilen yüzey değiştirilerek farklı alternatifler üretilebilir.

Elde edilen biçimsel ürün, malzeme, yer, iklim koşulları, yapım teknolojisi vb. özellikleri içermemektedir. Bu nedenle sadece tasarımcıya tasarım fikrini geliştirirken ön biçimler sunmada yardımcı bir model olarak görev yapmaktadır. Bu biçimsel alternatiflere malzeme, yer, yapım teknolojisi vb. gibi bilgiler eklenmesi ile tasarım sürecinde kullanılabilir. Tüm bu işlemler yine tasarımcının kontrolündedir. Bu çalışma özelinde üretilen bu örnekte tasarımcı tarafından modellenerek mekansal karşılığı aranmıştır( Şekil 5.44).

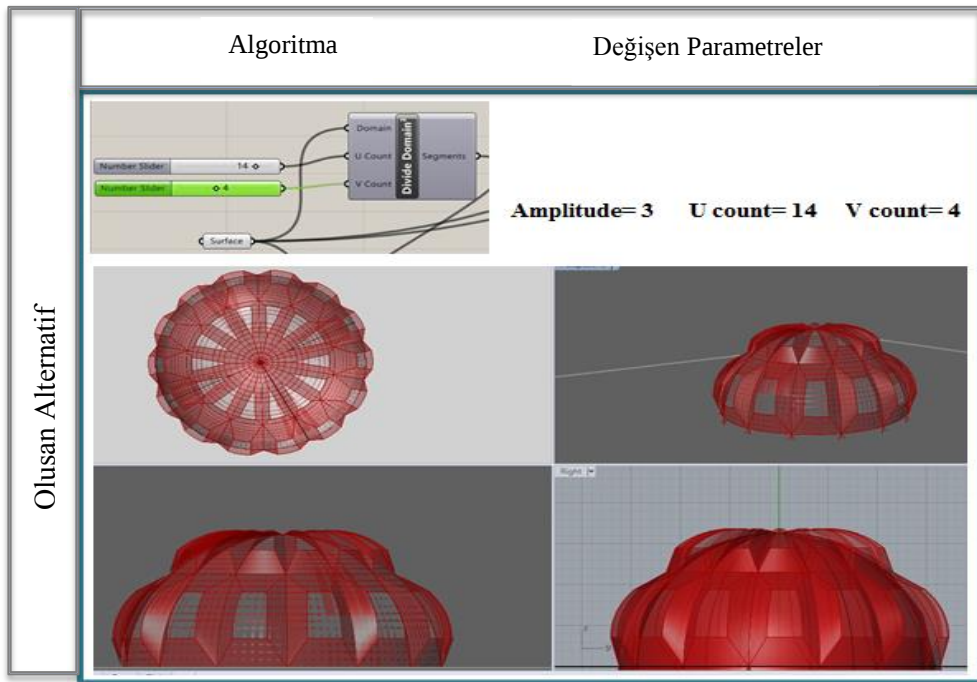


edilmiştir. 3.denemde ise aynı algoritma ve aynı faktörlerin etkileri belli bir yüzey üzerinde denenmiştir( Şekil 5.46-5.60)

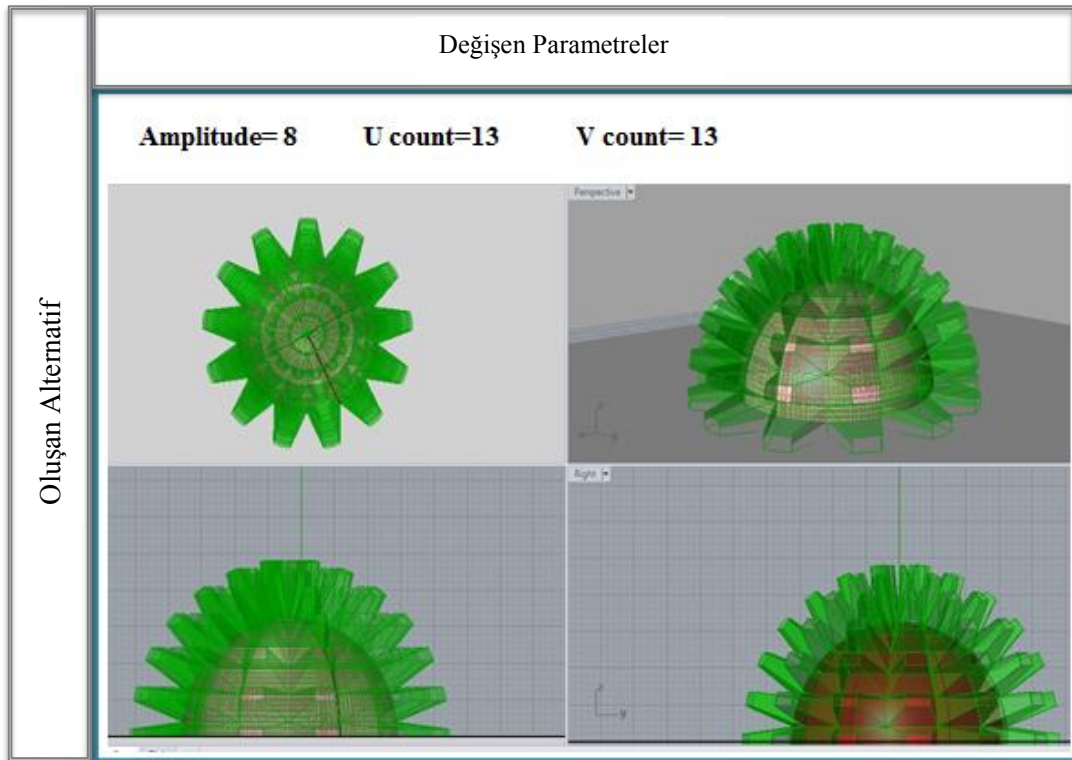


Şekil 5.46. Üretilmiş model

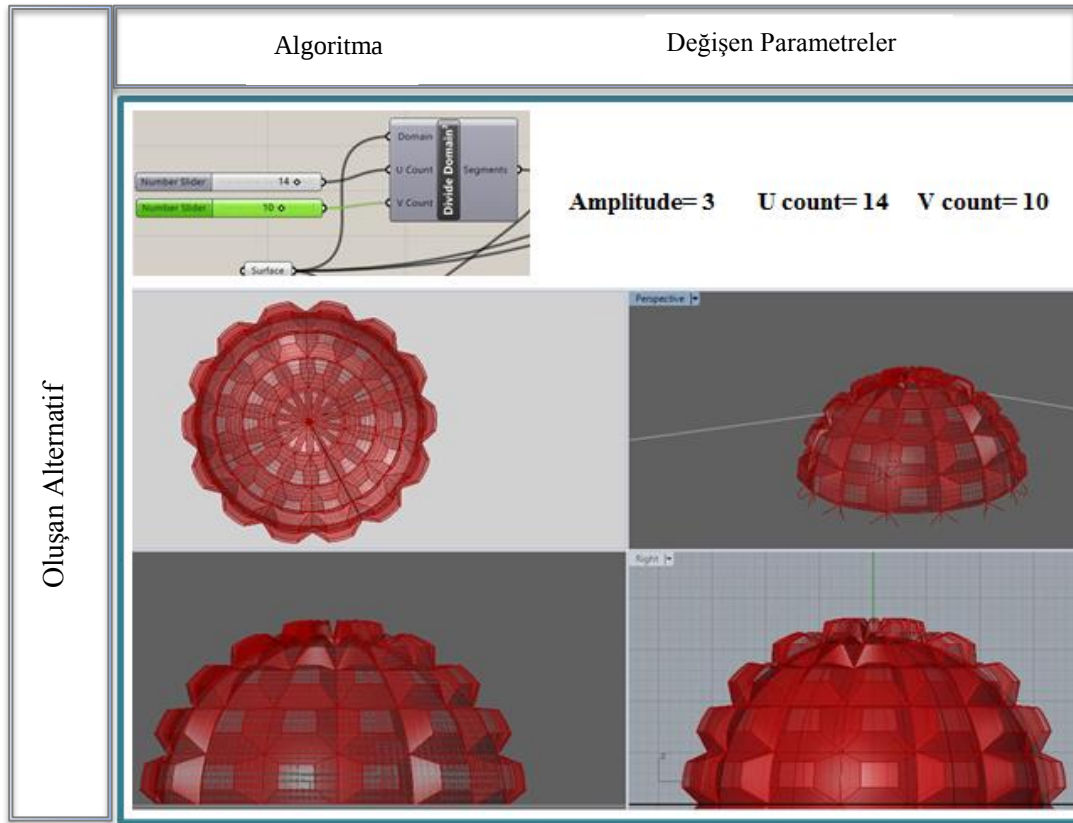
Tasarımdan beklenen kriterlere göre en uygun biçimi elde etmek için parametrelerden “Amplitude” (*Birimlerin Yüksekliği*) ve “gridlerin sayısını” değiştirilip farklı biçimsel alternatifler denenmiştir.



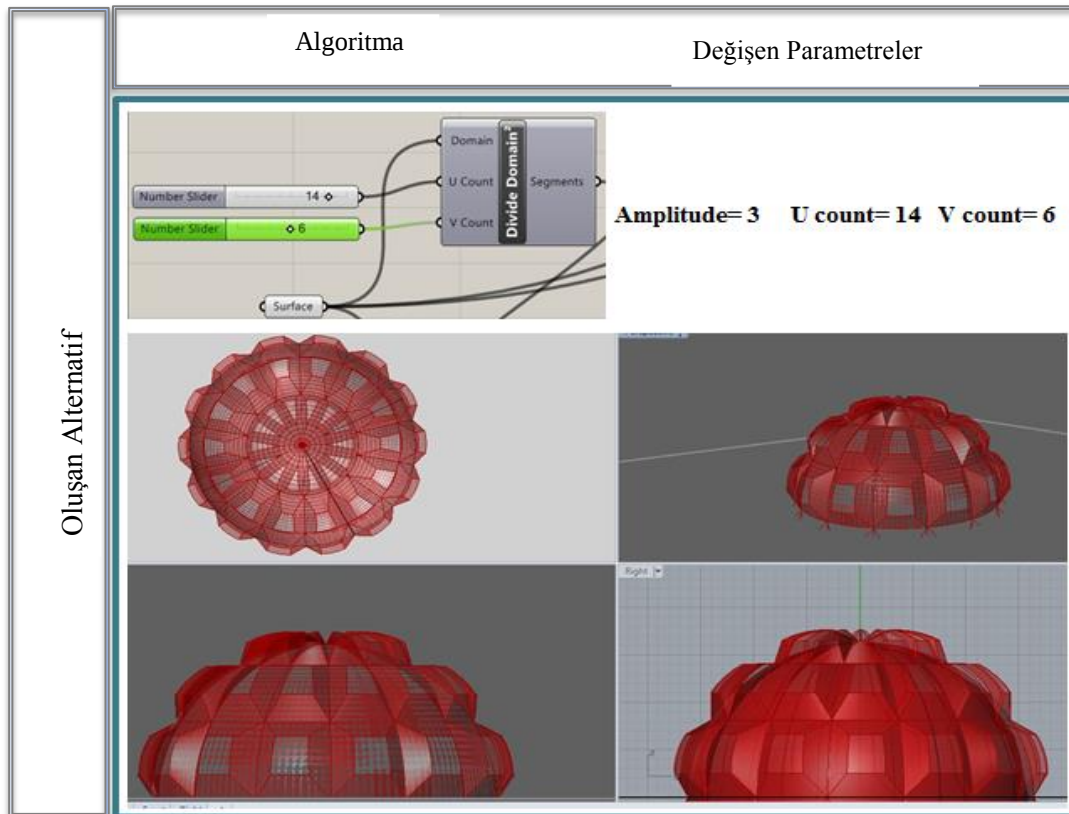
Şekil 5.47. Üretilmiş model



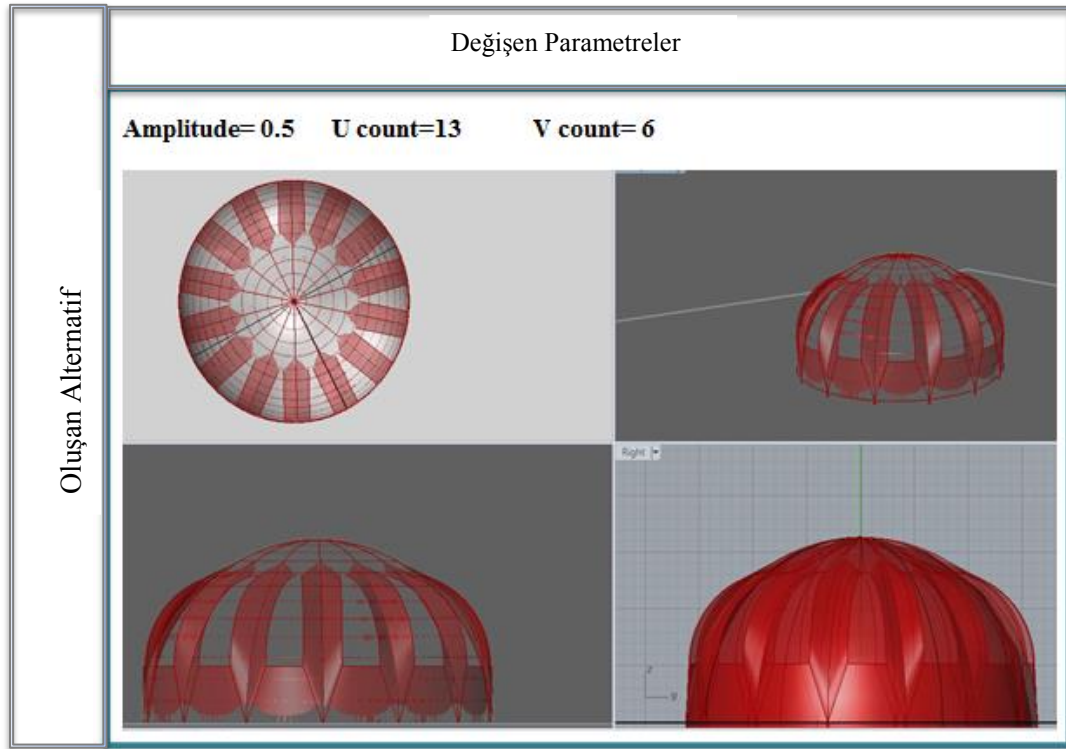
Şekil 5.48. Üretilmiş model



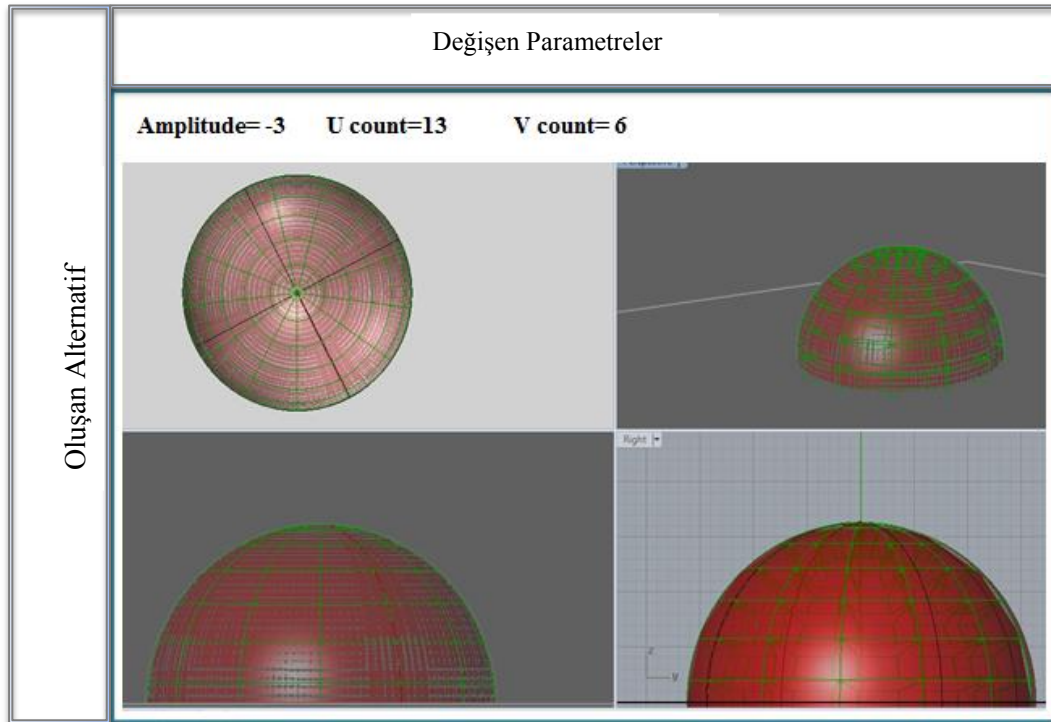
Şekil 5.49. Üretilmiş model



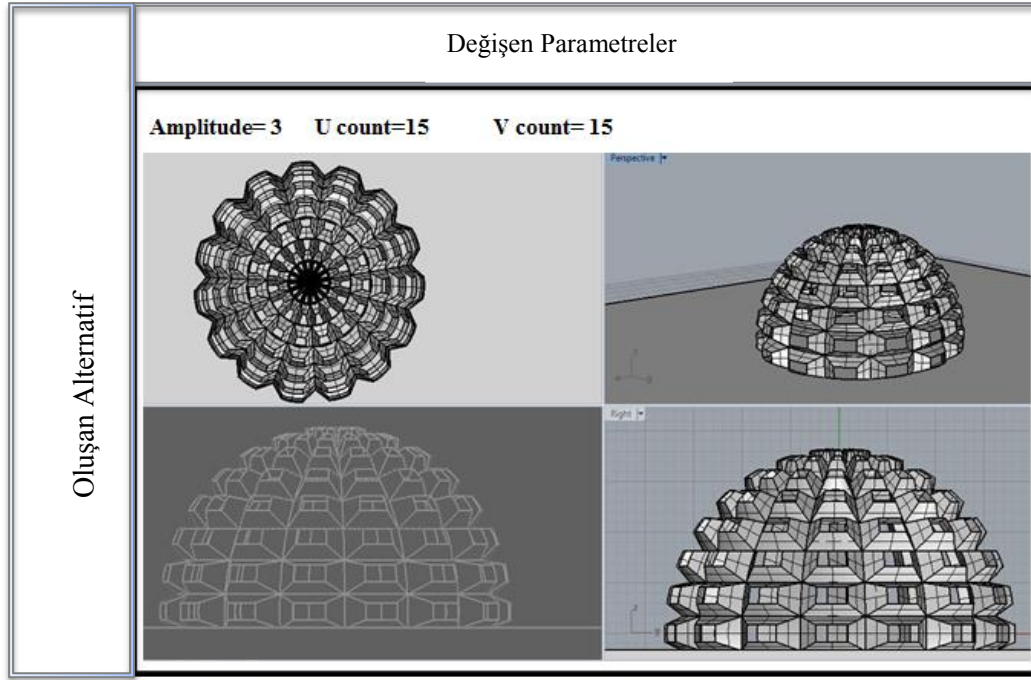
Şekil 5.50. Üretilmiş model



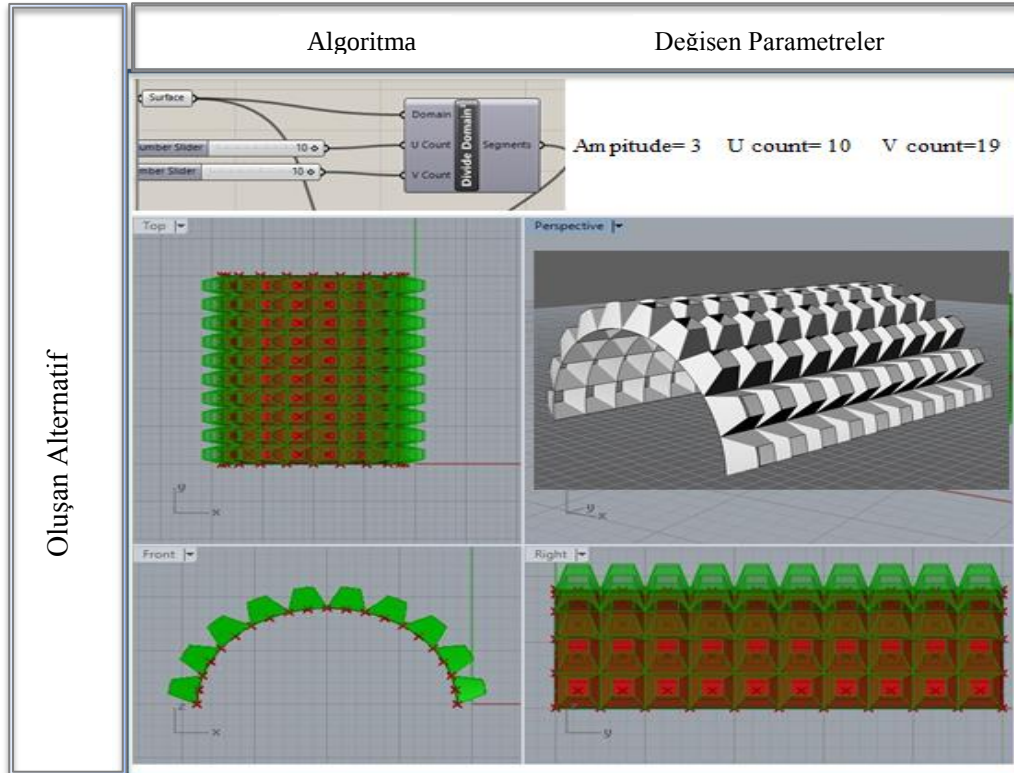
Şekil 5.51. Üretilmiş model



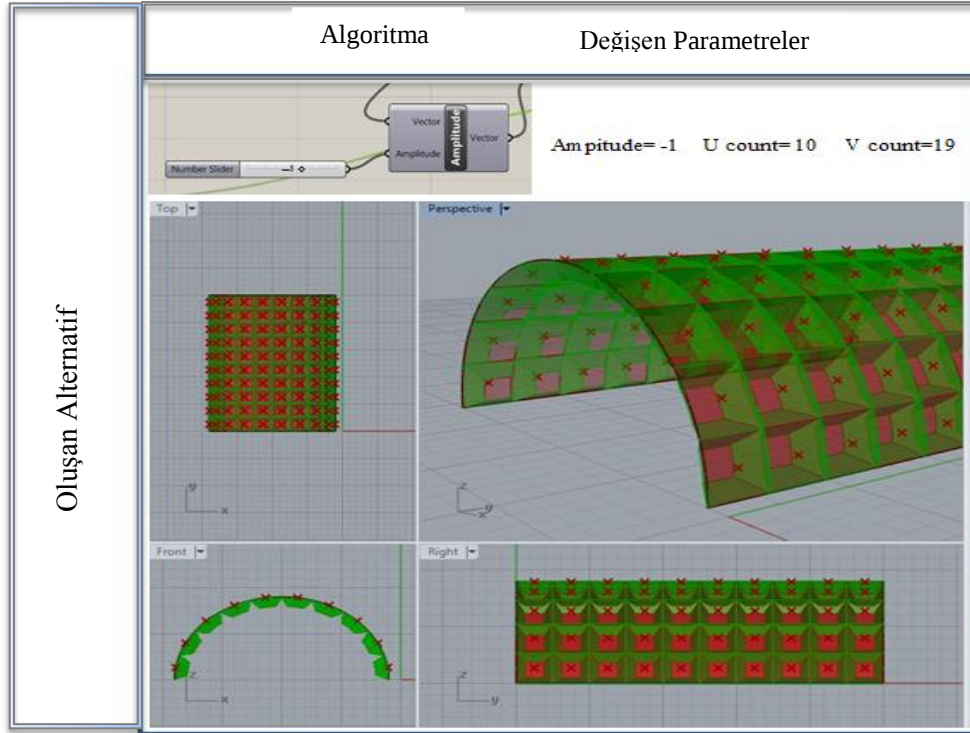
Şekil 5.52. Üretilmiş model



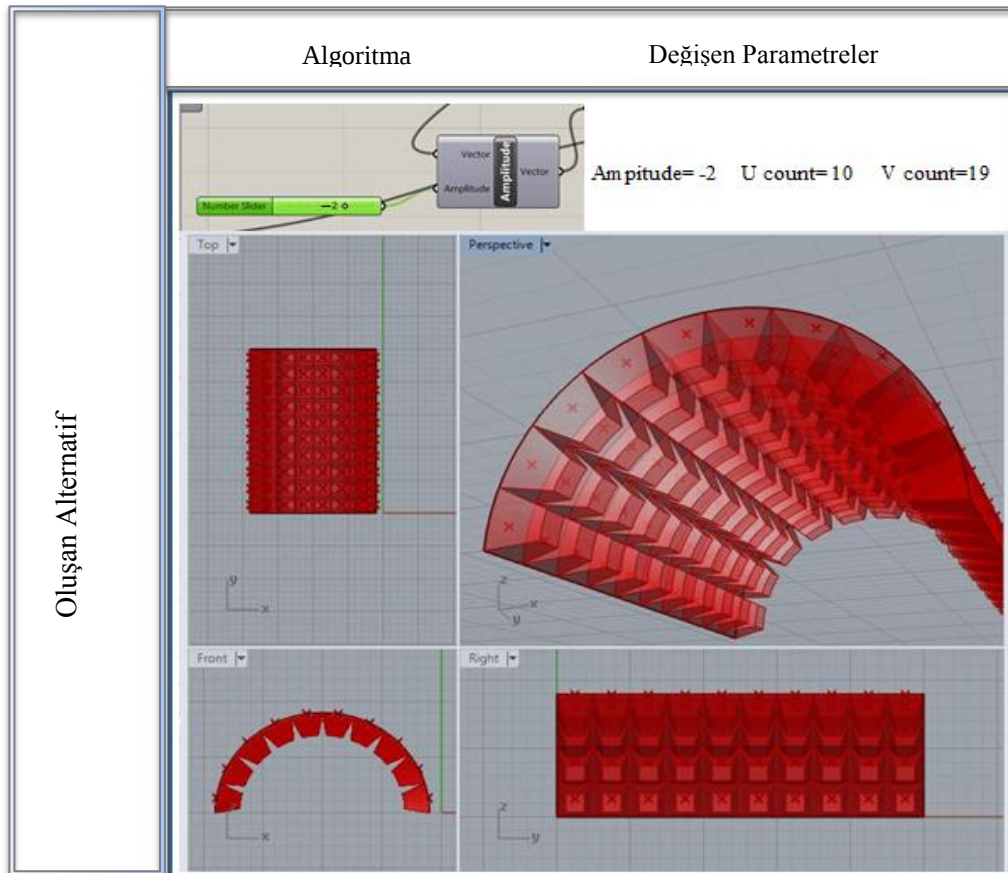
Şekil 5.53. Yarımküre yüzeyi üstünde denenmiş olan ideal bir model



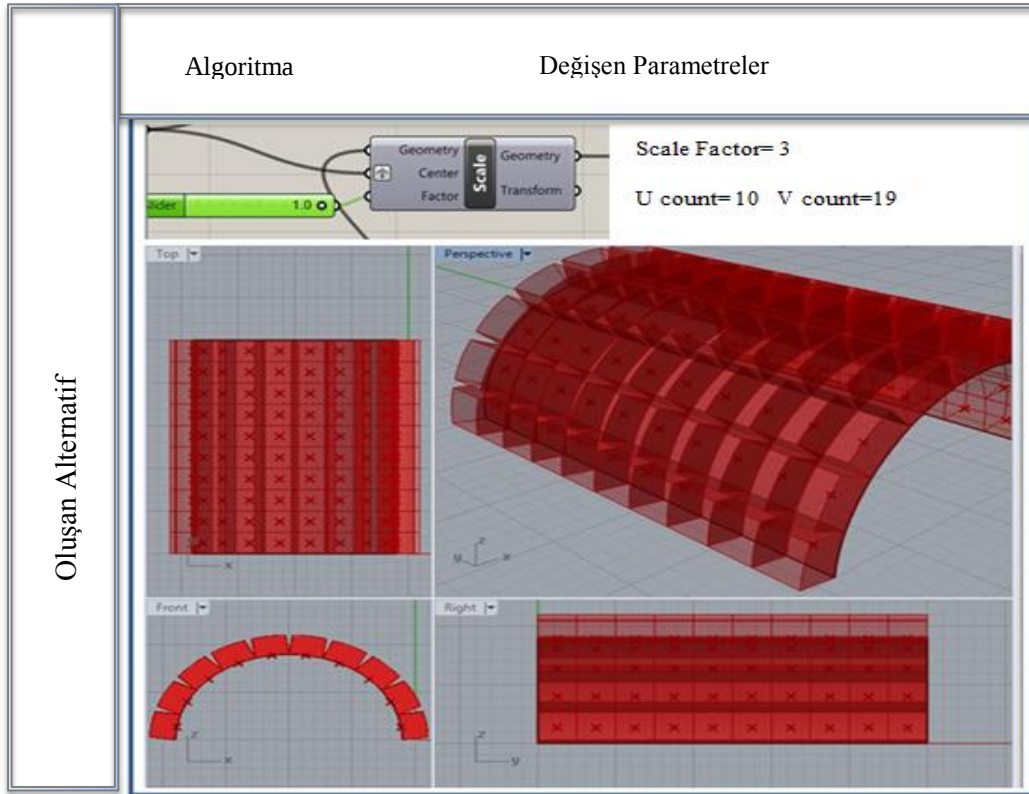
Şekil 5.54. Yarımküre üzerine deneme aşamaları:



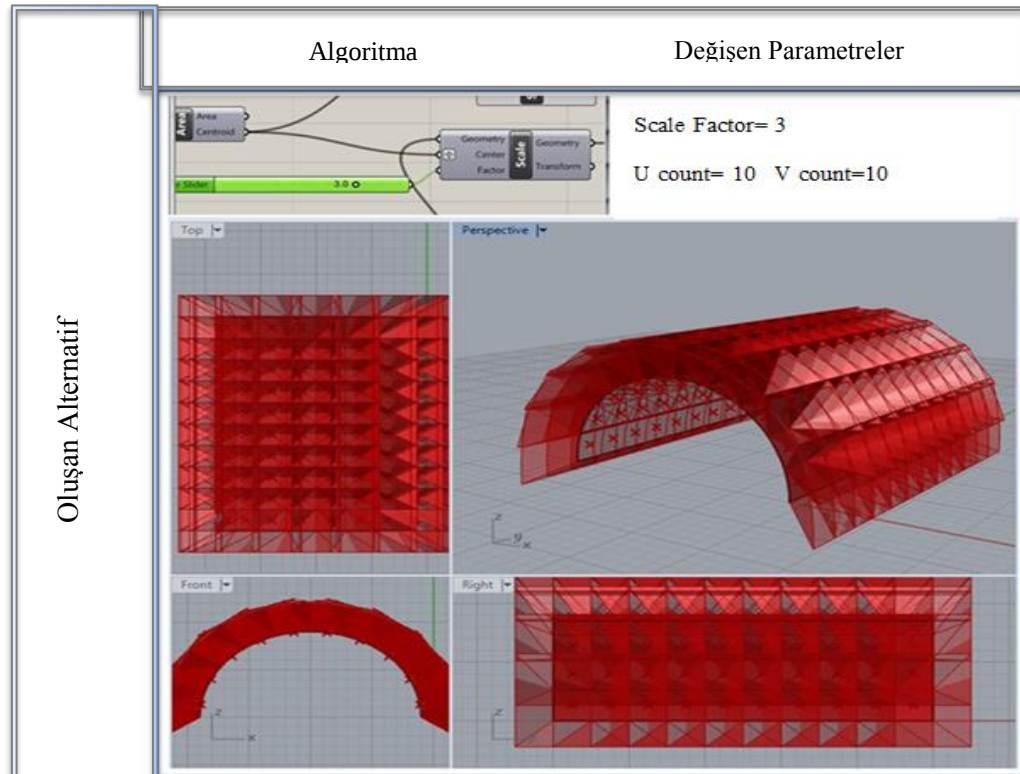
Şekil 5.55. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları



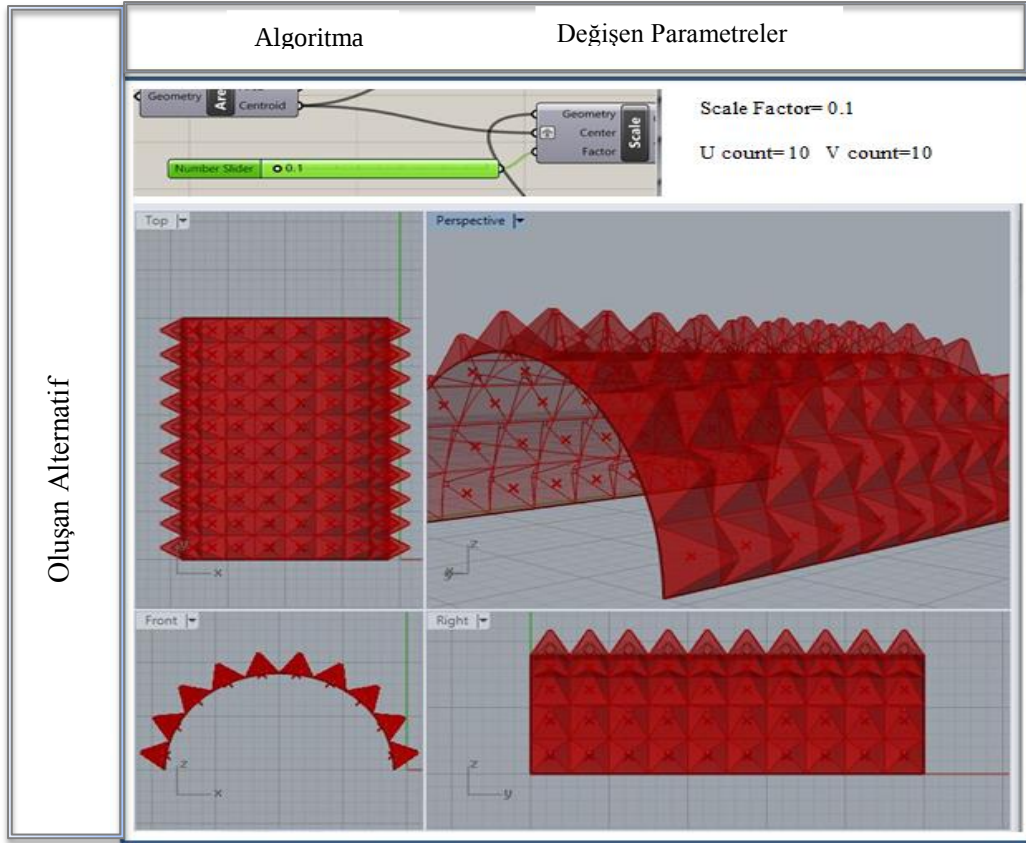
Şekil 5.56. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları



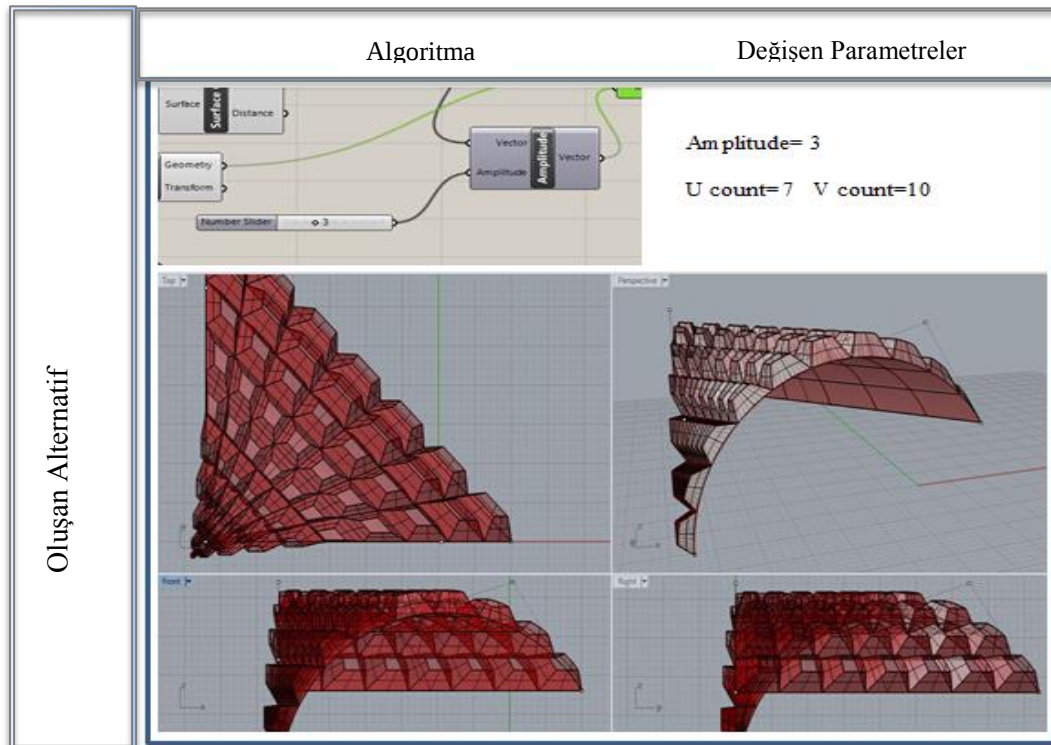
Şekil 5.57. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları



Şekil 5.58. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları



Şekil 5.59. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları



Şekil 5.60. Yarım silinder üzerine deneme aşamaları

Sonuç olarak, küre örneğine bakıldığında üzerinde denenmiş olan radial grid, daha önceki belirlenen gridler düzeninde 3 boyutlu bir biçim üretiminde yardımcı olarak ve değişime uğramadan küre biçimi ile uyum sağlamıştır. Silindir örneğine bakıldığında kare grid çok fazla bir değişime uğramadan dikdörtgen bir gride dönüşerek biçimlendirmede yardımcı olmuştur. Son olarak farklı bir yüzeyde denenmiş olan kare grid yüzeyin formundan etkilenerek gridlerin aralıklarının sabit bir şekilde değil belki bir merkeze doğru toplanan bir grid modeline dönüşmüştür.

Yazılan program her yeni yüzey tanımlanmasında ve hücresel birime dair değerlerin geri dönüşümünde farklı alternatifler sunmaktadır. Gridal düzenlerin değişmesi ile ve farklı geometrik biçimlerin atanmasıyla daha farklı biçimsel alternatifler üretebilmek mümkündür. Bu algoritmanın kullanılmasıyla elde edilen biçimler, kolay üretilebilmesi, hem biçim hem de biçimsel düzene dair verilerdeki değişikliklerle farklı alternatifler üretebilmesi, üretilen örneklerin üçüncü boyutta algılanabilir olması, kullanıcının kontrolünde değişebilir ve dönüşebilir olması, doğayı biçimsel olarak taklit etmek yerine, doğanın üreme mantığını modellemesi nedeniyle önerilebilir bir yöntem sunulmuştur.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğa kendi başına büyümlü bir sistemdir. Doğadaki sınırsız bir şekilde çeşitli biçimlerin, modellerin, renklerin ve türlerin mükemmel ve mantıklı bir şekilde yanyana gelmeleri tasarımcılar için her zaman esin kaynağı olması ile beraber doğada bulunan bu düzenlerin ve sistemlerin gelişimi teknolojiye gelişmelerden dolayı bilgisayar ortamında simüle edilerek sağlanmaktadır. Doğa ve tasarım ilişki kimi zaman dekoratif öğelerin doğadan kopyası iken kimi zaman cephe ve kütle tasarımında doğadaki renk, doku ve desenlerin yorumlanması şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Doğadan bulunan canlı ve cansızların üreme mantıklarını çözümleyen bir yaklaşımsa üretken sistemlerdir. Tasarım probleminin karmaşık bir süreç olması, tasarımcıların ancak kompleks sebep sonuç ilişkileri, adaptif düşünme süreçleri ve sezgisel karar vermesi gerekliliğini doğurduğu sebebi ile üretken tasarım sistemlerinin bu sürece destek verebilmek için öneren, adaptif ve sınırlanmamış olmasıdır.

Günümüzde hesaplamalı teknolojiler geleneksel mimari tasarım sürecinde birbirini doğrusal olarak izleyen tasarım, temsil ve uygulama etaplarını içiçe geçirmiş olarak literatürde dijital süreklilik kavramıyla açıklandığı gibi bu teknolojiler tasarım ve üretimi sürekli birbirini besleyen döngüsel bir süreç haline gelmiştir. Çeşitli uzmanlık alanlarının işbirliği içinde çalışarak, yapay ve doğal çevreyi tekrar tanımlamak, modellemek ve yeni bilgiler elde edebilmek, hesaplamalı teknolojilerle çok daha kolay hale gelmesi ile birlikte mimarlık tasarım alanında bu teknolojilerden yararlanmaktadır .

Tez kapsamında proje konseptinde ve mekan yaklaşımlarında özellikle mimari geometriyle ilişkili olan doğadaki oluşumlar, canlı varlıkların büyümesi ve cansız varlıkların oluşumu ve değişimi doğayla ilgili olgulara eğilim gösteren üretken geometrik sistemler ele alınmıştır.

Bu bağlamda tez kapsamında doğadan ilham alarak, kavramsal tasarım sürecinde tasarımcıya biçim üretmede yardımcı olabilecek bilgisayar destekli üretken bir sistemin varlığı denenerek bilgisayar ortamında üretilen alternatiflerin denenmesini sağlamıştır. Bu çalışmada denenen model, hem süreçte hem de sonuç üründe farklılık ve yenilik yaratılabilmesini olanaklı kılması, tasarımın kontrollü bir şekilde ilerlemesi,

değiştirilebilmesi ve geliştirilebilmesi, tasarımcının zihinsel işlemlerine kısıtlama getirmekten çok, yeni tasarımlar için uyarıcı ve yeni çağrışımlar oluşturucu etkiye sahip olması ve biçimlendirme sürecinin izlenebilir olması açısından tasarım sürecine yardımcı bir model olarak belirlenmiştir. Bunun yanında geleneksel yöntemlerle biçimsel alternatiflerin üretilmesi asal geometrik formların biçimlenmesine bağlıyken, bilgisayar ortamında bu süreç asal geometrik biçimlerin yüzeysel ve hacimsel parametrelerinin değiştirilmesi ile çeşitlenmekte ve tasarımcıya sınırsız alternatif üretmekte ve üretmede daha çok yardımcı olabilmektedir. Sonuç olarak; depolama yetenekleri, mantıksal çıkarımda bulunabilme özellikleri ile bilgisayarların temsil ya da sunum aracı olmaktan çıkıp tasarım sürecine destek olmayı amaçlayan bir sistem haline dönüştüğü belirlenmiştir.

Alan çalışması kapsamında biçimsel düzeni açıklamakta kullanılan gridal sistemler, karmaşık doğal sistemin çözümlenmesindeki ana strüktürü tanımlamaktadır. Bunun yanında yapının veya biçimsel düzenin tümüne yansıtılarak kabuğu tek bir düzen ile açıklamaktadır. Bu doğrultuda ortaya çıkan sonuç biçim; algoritmik yöntem ile tasarlandığı için verilerin değişmesi ile yeni biçimsel alternatifler üretmekte yardımcı olmaktadır. Küre örneğine bakıldığında üzerinde denenmiş olan radial grid, daha önceki belirlenen gridler düzeninde 3 boyutlu bir biçim üretiminde yardımcı olarak ve değişime uğramadan küre biçimi ile uyum sağlamıştır. Silindir örneğine bakıldığında kare grid çok fazla bir değişime uğramadan dikdörtgen bir gride dönüşerek biçimlendirmede yardımcı olmuştur. Son olarak farklı bir yüzeyde denenmiş olan kare grid yüzeyin formundan etkilenerek gridlerin aralıklarının sabit bir şekilde değil belki bir merkeze doğru toplanan bir grid modeline dönüşmüştür. Kullanıcı tarafından parametrelerin değiştirilebilir olması da bu biçimsel alternatiflerin üretilmesinde etkindir.

Sonuç olarak bilgisayar ortamında üretken sistem mantığı ile oluşturulan algoritma, farklı alternatiflerin üretilmesinde faydalı yazılım ve dillerin kullanılması süreci hızlandırmada, görselleştirmede ve çeşitliliği sağlamakta yardımcı olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akın, Ö., (1986). *“Psychology of Architectural Design”*, Pion Ltd, London, 20-25, 55.
- Akın, Ö., (1978). *“How Do Architects Design? Artificial Intelligence and Pattern Recognition in Computer Aided Design”*, North Holland Publications, New York
- Akın, C., Mimarlıkta dijital görselleştirme kavramı ve uygulamalarının sistematik çözümlemesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- Akipek, Ö.F. ve İnceoğlu, N. (2007), *“Bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojilerinin mimarlıktaki kullanımları”*.
- Aksoy, E.(1987). *“Mimari Tasarlama”*, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Aksoy, E. (1977), *“Mimarlıkta Tasarım Bilgisi”*, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Altun, Ş. (2011), *“Doğanın inovasyonu”*, Elma Yayınevi. Ankara.
- Akyol, A. (2007), *“Geleceğin mimarlığı: Bilimsel-teknolojik değişimlerin mimarlığa etkileri”*.
- Aldersey, H. ve Williams, (2003), *“Zoomorphic - new animal architecture”*, London.
- Akipek, Ö. F. (2004), *“Bilgisayar teknolojilerinin mimarlıkta tasarım geliştirme amaçlıkullanımları”*, Doktora tezi, YTÜ.
- Alexander, C. (1967). *“Notes on The Synthesis of Form”*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1-34.
- Asimow, A. (1962), *“Introduction to design”*, Prentice-Hall, New York.
- Avital, M. (2007). *Innovation Through Generative Systems Design*, NSF Science of Design Workhop 2007. Cleveland, Ohio. Son erişim tarihi 10.02.2008, Elsevier veritabanı
- Aish, Hesselgren, Parrish, Whitehead., (2006), *“Smart Geometry Group Conversation, Instrumental Geometry,Achim Menges”*
- Archer, L. B. (1969). *“The Structure of Design Process, Design Methods in Architecture”*. UK: Architectural Association, London,
- Ball, P.,(2009), *“Nature’s Patterns: A tapestry in three parts”*, Oxford University Press
- Beesley, P. ve Thomas, S. (2000), *“Digital tectonic design”*, University of Waterloo, Hannover.
- Bentley, Wilson A., and William J. Humphreys.,(1931), *“Snow Crystal”*. New York, NY: McGraw-Hill

- Broadbent, D. E. (1973). *In Defense of Empirical Psychology*. Methuen. Corser, R., (2010), "Looking back at recent discourse in emerging technologies". London:
- Benyus, Janine M., (1997). "Biomimicry, Innovation Inspired by Nature", New York: William Morrow and Company Inc
- Bridges, A. H., (1995). "Any Progress in Systematic Design?" Design and systems: General Applications of Methodology, Transaction Publishers, New Brunswick, USA
- Coyne, R. Rosenman, M., Radford, A., D., Balachandran, M., Gero J., S., (1991). "Knowledge Based Design Systems", Adison Wesley Publishing Company, USA
- Ching, F., (2007), "Architecture, Form, Space& Order", Willey & Sons, New Jersey
- Corser, R., (2010), " *Fabricating Architecture*". Princt on Architectural Press New York
- Crisman, P. (2007). "Form, Style and Materials" sections of the Whole Building Design Guide. National Institute of Building Sciences. Virginia.
- Chomsky, N. (1965), "Aspects of the theory of syntax", MIT press, Cambridge.
- Coates, P. (1996), "The use of cellular automata to explore bottom up architectonic rules", Eurographics Conference, Imperial College of Science and Technology, London.
- Coates, P. (2010), "Prpgramming. architecture". Routededge Publishing. London and New York.
- Celento, D. (2010), "New Technologies and Architecture's Future ". New York
- Çakır, M. ve Aksoy M., (2005), "Mimarlık genetik ile buluşunca", Yapı, sayı: 288.
- Çolakoğlu, B. (2000). "Design by Grammar: Design in an Architectural Context", Doktora Tezi, Ph. D dissertation, Submitted to M.I.T Department of Architecture, Massachusetts, 19-21.
- Çolakoğlu, B., Yazar, T. (2007). *Mimarlık Eğitiminde Algoritma: Stüdyo Uygulamaları*. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(3).
- Dönmez, A., (2002), *Matematiğin Öyküsü ve Serüveni*, Toplumsal Dönüşüm Yayınları, İstanbul.
- Dunn, N. (2012), "Digital fabrication in architecture", Laurence King Publishing New York.
- Delanda, M., (2005), "Intensive science and virtual philosophy", Continuum, New York.
- Fischer, T. ve Herr, C. M. (2001), "Teaching generative design", Proceedings of the 4th Conference on Generative Art.

- Garcia, M., (2006 ). “Architextiles”, Wiley & Sons, London
- GIACCARDI, Elisa, Fischer, Gerhard. (2008) "Creativity and Evolution: a Metadesign Perspective", Digital Creativity: 19-32.
- Giaccardi, E., Fýscher, G. (2008), "Creativity and Evolution: a Metadesign Perspective", Digital Creativity, 19(1), 2008: 19-32.
- Gössel, P. ve Leuthauser, G. (1991), “Architecture in the twentieth Century”, Benedikt Taschen.
- Goldberg, D. E. (1989), “Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning”, Addison Wesley, New York.
- Honzik, K., “Biotechnics: Functional Design and the Vegetable World”, first published in the Architectural Review, January 1937.
- Herr, M.C. (2002), “Generative architectural design and complexity theory”, Proceedings of the 5th Conference on Generative Art.
- Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M., (2004), “Emergence, morphogenetic design strategies, architectural design (AD)”, Journal of Architecture, Wiley Academy, London.
- Hadid, Z. ve Schumacher, P. (2002), “Latent utopias- experiments within contemporary architecture” , Steirischerbst, Graz.
- Hargittai, M. ve Istvan. (2009), “Visual Symmetry”, Worl Scientific Publishing
- Holland, J. H., (1975/1992), “Adaptation in natural and rtificial systems”, Cambridge, MA: MIT press, Second edition.
- İŞÇİ, Öznur, Korukoğlu, Serdar, "Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama", Yönetim ve Ekonomi, Cilt 10, Sayı 2, Celal Bayar Üniversitesi İİBF Manisa, 2003: 191-208.
- İnan, N., Yıldırım, T. (2009). Mimari Tasarım Sürecinde Disiplinlerarası İlişkiler ve Eşzamanlı-Dijital Ortam Tasarım Olanakları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(4), 583-595.
- İnternet: <http://www.banupekol.com/blog/2011/08/26/mimaride-oran-ve-geometri-kullaniminin-mimarlik-tarihi-icin-deki-aktarimlari-ve-kentsel-baglamda-etkileri/>
- İnternet: Novak, M. Farklı geometrik düzenlerle tanımlanmış biçimler . URL: [http://www.mat.ucsb.edu/res\\_proj5.php](http://www.mat.ucsb.edu/res_proj5.php). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt1a3dfO>)
- İnternet: “Vila Olympica” projesi URL: <http://www.architecture.com/RIBA/Awards/RoyalGoldMedal/175Exhibition/>

WinnersBiogs/1990s/1999.aspx. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09.(Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt1pOoyy>)

İnternet: “Experience Music” projesi. URL:<http://www.empmuseum.org>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt1zA0kH>)

İnternet: BMW Fuar Alanı . URL:<http://www.franken-architekten.de/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt281jy5>)

İnternet: British Museum yenileme projesi . URL:[http://www.britishmuseum.org/about\\_us/the\\_museums\\_story/architecture/great\\_court.aspx](http://www.britishmuseum.org/about_us/the_museums_story/architecture/great_court.aspx). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt2TV3oS>)

İnternet: SERVO. URL:<http://www.servo-la.com/index.php?/projects/lattice-archipelogs/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt2cdg2z>)

İnternet: “Lattice Archipelogs” projesi . URL:<http://www.servo-la.com/index.php?/projects/lattice-archipelogs/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt2ikB4Y>)

İnternet: Altın Dikdörtgen ve Altın Spiral. URL:[http://tr.wikipedia.org/wiki/Altın\\_oran](http://tr.wikipedia.org/wiki/Altın_oran). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt2t2v3M>)

İnternet: Hyperbolik, Euclidean ve Eliptic geometriler. URL:<http://www.interaktifmatematik.com/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt39wgLq>)

İnternet: NURBS eğrileri URL:[https://www.sharcnet.ca/Software/Gambit/html/modeling\\_guide/mg0203.htm](https://www.sharcnet.ca/Software/Gambit/html/modeling_guide/mg0203.htm). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt3H86gQ>)

İnternet: Üç boyutlu bir NURBS eğrisi . URL:<http://www.web3d.org/documents/specifications/19775-1/V3.3/Part01/components/nurbs.html>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt3T19WV>)

İnternet: Biçim. URL:<http://global.britannica.com/search?query=form>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt3biDZC>)

İnternet: Optimizasyon algoritması . URL:<https://tr.wikipedia.org/wiki/Optimizasyon>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt4LNOji>)

İnternet: Optimizasyon algoritması ile tasarlanan sandalye . URL:<http://www.dezeen.com/2006/12/27/phurniture-shows-morels-computational->

chair/. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt40jmhH>)

İnternet: Astana millikütüphanesi” . URL:<http://www.dezeen.com/2006/12/27/phurniture-shows-morels-computational-chair/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt3q6i7T>)

İnternet: Optimizasyon algoritmaları ile tasarlanan takılar . URL:<http://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/sets/cellular/>. Son Erişim Tarihi:2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt4UgPBx>)

İnternet: Algoritmik moda tasarım örnekleri . URL:<http://www.dezeen.com/2014/09/23/julia-koerner-interview-fashion-technology-3d-printing-haute-couture-ready-to-wear/>. Son Erişim Tarihi:2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt4btIim>)

İnternet: Bowyer – Watson Algoritması . URL:<http://blog.mmacklin.com/2012/06/27/2d-fem/>. Son Erişim Tarihi:2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt4lDuxp>)

İnternet: Water Cube . URL:[http://ing66.com/index.php/water\\_cube?blog=2](http://ing66.com/index.php/water_cube?blog=2). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt4vmCAP>)

İnternet: Üretken tasarım . URL:<http://www.campus-party.eu/2012/design.html>. Son Erişim Tarihi: (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt51duEH>)

İnternet: Doğadan esinlenmiş olan inovasyonlar . URL:[http://www.youtube.com/watch?v=k\\_GFq12w5WU](http://www.youtube.com/watch?v=k_GFq12w5WU) . Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt57z8Yn>)

İnternet: Bejlin National Stadium. URL:<https://libertecture.wordpress.com/2014/01/28/algorithmic-boogie-beijing-olympic-stadium-case-study-gsapp-adr-i-13/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt5CSVvV>)

İnternet: Beehive Gökdeleni. URL:<http://inhabitat.com/beehive-tower-is-a-honeycomb-inspired-vertical-farm-for-london/beehive-tower/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt5Jk7hg>)

İnternet: Beehive Tower” konsept proje . URL:<http://inhabitat.com/beehive-tower-is-a-honeycomb-inspired-vertical-farm-for-london/beehive-tower/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt5Rji1p>)

İnternet: Green Float konsept projesi. URL:<http://www.shimz.co.jp/english/theme/dream/greenfloat.html>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt5Zeu76>)

İnternet: Kedi görünümlü ana okul projesi .  
 URL:<https://ahmadalijetplane.wordpress.com/tag/zoomorphic-architecture/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt5gvzB9>)

İnternet: Embriyolojik ev. URL:<http://www.docam.ca/conservation/embryological-house/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt5se4eL>)

İnternet: Selfridge binası. URL:<http://www.birminghammail.co.uk/news/midlands-news/dream-designs-birminghams-top-10-7333128>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt5z6jB8>)

İnternet: L-sistemleri . URL:<http://algorithmicbotany.org/papers/abop/abop-ch1.pdf> (Chapter 1 Graphical modeling using L-systems). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt67DRe6>)

İnternet: L-sistemlerin; üretken ve yorumlayıcı süreçleri. . 2015-07-09. URL:[http://www.mh-portfolio.com/Algorithms\\_Architecture/p11s.html](http://www.mh-portfolio.com/Algorithms_Architecture/p11s.html), (2009). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt6FTgvi>)

İnternet: Kristaller . URL:<http://myo.bartın.edu.tr/aliozsoy/dokuman/ca.html>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt6PeMuL>)

İnternet:Fraktaller.  
 URL:[http://www.masonlar.org/masonlar\\_forum/index.php?topic=12395.0;wap](http://www.masonlar.org/masonlar_forum/index.php?topic=12395.0;wap). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt6nUyy0>)

İnternet: Fraktaller. URL:<http://tr.wikipedia.org/wiki/Fraktal>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt6s7xuH>)

İnternet: Fraktaller. URL:<http://www.matematikciler.org>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7MJNy3>)

İnternet: Voronoi diagramı. URL:<http://ntutdf.blogspot.com.tr/2013/04/df-2013s-group-4-development-v0418.html>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7RdEDG>)

İnternet: ICD / ITKE Araştırma Pavyonu. URL:<http://www.archdaily.com/495089/the-depreciating-value-of-form-in-the-age-of-digital-fabrication/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7VQTug>)

İnternet: Voronoi ve Delanury üçgenlenmesi .  
 URL:[http://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay\\_triangulation#Relationship\\_with\\_the\\_Voronoi\\_diagram](http://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation#Relationship_with_the_Voronoi_diagram). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7bxPYq>)

İnternet: Voronoi ve Delanury üçgenlenmesi . URL:<http://blog.ivank.net/fortunes-algorithm-and-implementation.html>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7hYOoD>)

İnternet: Voronoi . URL:<http://verialgo.blogspot.com.tr/2015/02/voronoi-ve-delaunay-graflar.html>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7pFJkp>)

İnternet: Catalyst Hexshel projesi . URL:<http://matsysdesign.com/2012/04/13/catalyst-hexshell/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7u7LJN>)

İnternet: Evrimsel Algoritmalar . . URL:[http://tr.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Darwin](http://tr.wikipedia.org/wiki/Charles_Darwin). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt7yl6JT>)

İnternet: Cell-f assembly projesi. URL:<https://ncodon.wordpress.com/tag/python/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt83dvyR>)

İnternet: BMW AG. . 2015-07-09. URL:<http://www.coop-himmelblau.at/>. Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt8DWBUW>)

İnternet: parametrik tasarım . URL:[http://www.huffingtonpost.com/adel-zakout/top-10-buildings-parametr\\_b\\_838268.html](http://www.huffingtonpost.com/adel-zakout/top-10-buildings-parametr_b_838268.html). Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt8LZYcV>)

İnternet: Asimetrik şekiller. URL:<http://guncelvikipedi.blogspot.com.tr/2014/11/asimetrik-nedir-asimetrik-sekiller-nelerdir.html> . Son Erişim Tarihi: 2015-07-09. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6Zt8TDjdM>)

Jencks, C., Kortan, E., Esin, N., Çimen, B., Yurtsever, H., Ostertag, R., Kubat, A. S., Dostoğlu, N., (1996) “Mimari Akımlar” Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul s:68-89

Jencks, Charles. (1971). “Architecture 2000 : Predictions and Methods”, International Thomson Publishing, London:

Jones, C. J., (1970). “Design Methods”, Wiley- Interscience, The Garden City Press Ltd., Hertfordshire, London

Jones, C., (1969), “The State-of-the-art in Design Methods.” Design Methods in Architecture. Edited by G. Broadbent and Anthony Ward, Architectural Association 193-197, New York

Jabi ,(2013), “Parametric design for architecture book”,Wassim Jabi, Laurence King Publishing.

Jonas, W., (2001). "A Scenario for Design" ,Design Issues, 17 (2): 64-80.

Krier, R., (1983), "Elements of Architecture", Architecture Design Profile, Ed: A. Papadakis, A.D. Publishing, London, 18-19

Khabazi, Z., (2012 ),"Algorithmic Architecture Paradigm" ,Ketabkade Kasra, Mashhad

Kuban. D., (1990), "Mimarlık kavramları", Yem Yayınları, İstanbul.

Kim, (2014), "Biomimicry for disasters and energy crisis", Joo-Hyung Kim.

Kolarevic, B., (2003), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture, Spon Press, New York:105."

Kolarevic, B. (2003), "Digital Morphogenesis - *Architecture In The Digital Age: Design And Manufacturing*", New York: Taylor & Francis, ABD, s:1-10, 11-28

Kidson, P., (1996), "Architectural proportion before c.1450", Grove Dictionary of Art, Londra, Macmillian.

Lowson, B., "How Designers Think: The Design Process Demystfied", Architectural Press, London, 1 (1997).

Leach, N., Turnbull, D., Williams, C., (2004), "Dijital tectonics", LondonWiley

Lawson, B., (2005). "*Problems, solutions and The Design Process*", How Designers Think, Architectural Press, Great Britain, 32, 121-125.

Levine, N., (1996), "The architecture of Frank Lloyd Wright, Princeton, N.J", Princeton University Press.

Lynn, G, (2000), "Embryological houses and contemporary processes in architecture", London, John Wiley & Son, 26-35.

Lynn, G., (1999), Animate Form, Princeton Architectural Press, New York.

Lindsey, B., (2001), "Digital Gehry, material resistance digital construction", Boston.

Lawson, B., (2005). "*Problems, solutions and The Design Process*", How Designers Think, Architectural Press, Great Britain, 32, 121-125.

March, L., and Stiny, G., 1984. Spatial Systems in Architecture and Design: Some History and Logic, Environment and Planning B, 12, 31-53.

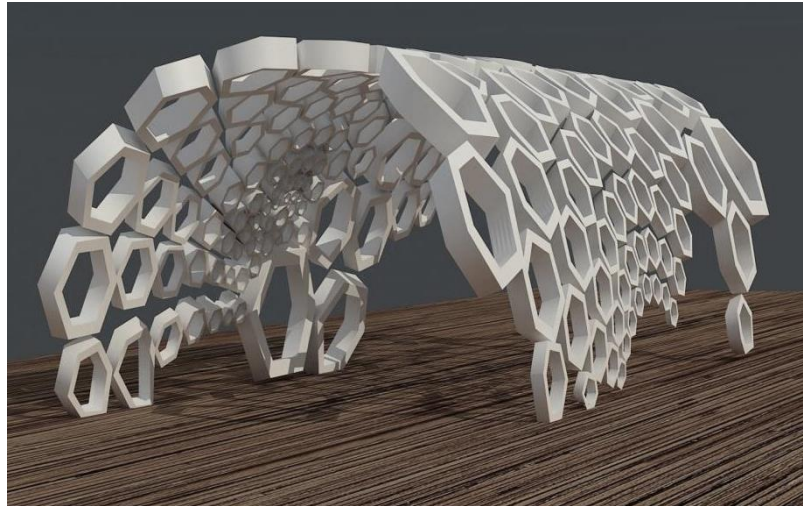
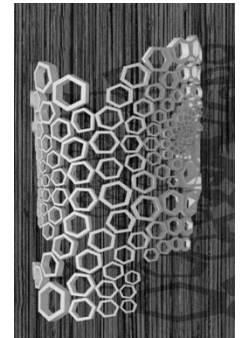
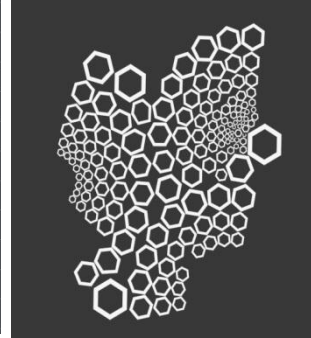
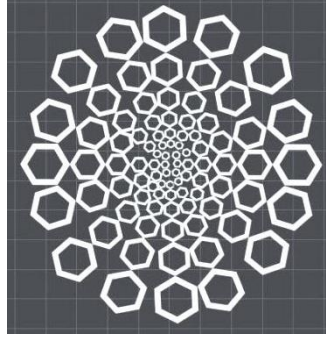
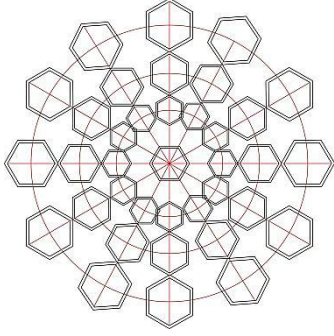
Novak, M., (2005), "Liquid architecture", Territory of Information, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, tez.

- Oxman, N and Rosenberg, J L (2007), "Material-based design computation: an inquiry into digital simulation of physical material properties as design generators", International Journal of Architectural Computing Vol 5
- Onat, E., (1995), "Mimarlık, form, geometri", YEM Yayınları, İstanbul, Bilge Ataç, Mimari Biçimlenişte Yorum, 2006.
- Ousterhout J., (1998), "Scripting: higher level programming for the 21st century", IEEE Computer.
- Öke A., Bayazıt N., İnceoğlu M., Tapan M., (1978). *Mimari Tasarlama Ders Notları.*, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Öznur, İ. Ş. Ç. İ., & Korukoğlu, S. (2003). Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 191-208.
- Pottman, H., Asperl A., Hofer M. ve Kilian A., (2007), Architectural Geometry, Bentley Institute Pres, Exton Pennsylvania USA.
- Roudavski, Stanislav., (2009), "Towards Morphogenesis in Architecture." International Journal of Architectural Computing. Vol 07, Issue 03. pp. 345-374.
- Rocha, A. J. M., (2004), "Architecture theory 1960-1980. Emergence of a computational perspective", Massachusetts Institute of Technology, ABD.
- Riemann, (2005), "Biographies of Mathematicians".
- Rahim, A., (2002), "Contemporary techniques in architecture", AD, 72 (155).
- Shea, K. (2004) "Directed randomness", in N. Leach, D. Turnbull and C. Williams (eds.) Digital Tectonics, Wiley-Academy, Uk.
- Şener, S., M., (1994), "Mimari Tasarımda Düzlemsel Geometrik Örüntü Kullanımının İhtiyaç Programının Alansal Değeri İle İlişkisi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,
- Schwehr, P. (2010), "Evolutionary algorithms in architecture", Lucerne School of engineering & Architecture Switzerland.
- Senosiain, J., (2003), "Bio-Architecture", Elsevier, MA.
- Selçuk, S.A.ve Gönenç Sorguç, A., (2008), "Mimarlıkta doğanın en iyi fikirlerinden öğrenmek".
- Turner, Blackledge, Andrews, (1998), "Fractal Geometry in Digital Imaging", Academic Press, California
- Turan, O. B., (2011), "Yüzyıl Tasarım Ortamında Süreç, Biçim ve Temsil İlişkisi"
- Timuçin, A., (1993), "Estetik, insancil yayınları", İstanbul.

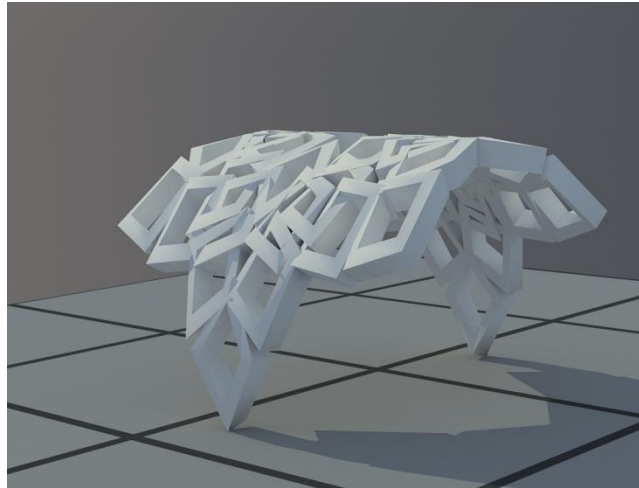
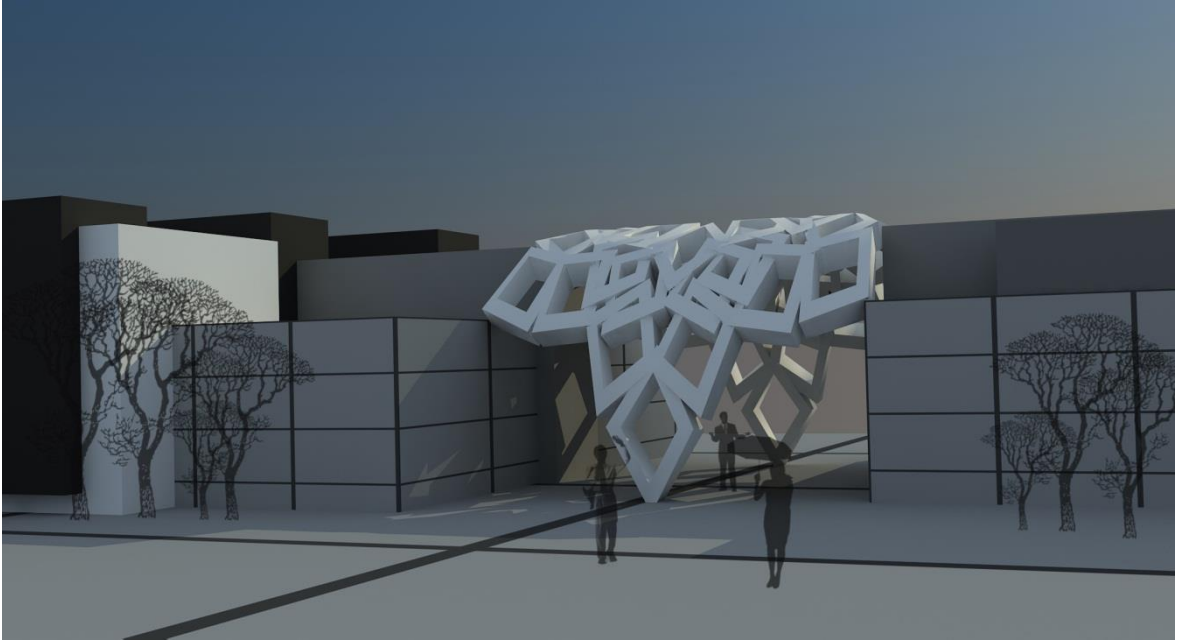
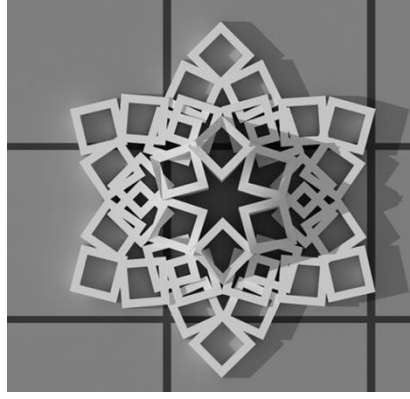
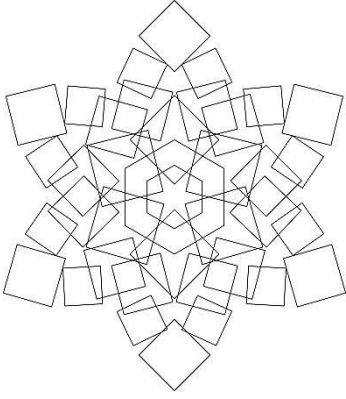
- Thames. ve Hudson Ltd., (1989), "Lampugnani V.M. Encyclopedia of 20<sup>th</sup> Century Architecture".
- Turan, O., (2011), "*Yüzyıl tasarım ortamında süreç, biçim ve temsil ilişkisi*".
- Terzidis, K., (2006), "*Algorithmic architecture*", Architectural Press, Boston.
- Tekşen, f., (2006) "*Tıbbi biyoloji ve genetik ders kitabı*", ankara üniversitesi sağlık eğitim fakültesi yayınları, ankara, ).
- Unwin, S., (1997), "Analysing Architecture", UK: Routledge, London
- Wade, D., (2006), "Symmetry: The Ordering Principle" Walker Books, Germany
- Wolfram, Pakard, N, H, (1986), "Lattice Models for Solidification and Aggregation" Theory and Application of Cellular Automata, S. Wolfram, ed World Scientific Publishing
- Williams, Leach, Turnbull., (2004), "Digital Tectonics", Wiley Academy, London
- Weinstock, M., (2004), "Morphogenesis and the mathematics of emergence, Emergence: morphogenetic design strategies, architectural design", 74(3):10-17.
- Yavuz Ö. Y., (2011). *Çağdaş Konut Örneklerinin Morfolojik Analizi Ve İşlemsel Tasarım Ortamında Üretimine Yönelik Kavramsal Ve Deneyisel Bir Model Önerisi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yavuz Ö. Y., Yildirim T., M. (2013) *A Study on The Utilization of Creative Knowledge During The Process of Computer Aided Architectural Design Education. AWERProcedia Information Technology & Computer Science*, 04, pp 1058-1062.
- Yıldırım, T., (2001). "*Bina Gereksinme Programı İle Bina Morfolojisi İlişkisinde Graflar ve Geometrik Sentaks Olanaklarının Kullanımına Yönelik Bir Yöntem Yaklaşımı*", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 12,24,34-67,125-132.
- Yıldırım T., (2004). "*Mimari Tasarımda Biçimlendirme Yaklaşımları ile Bilgisayar Yazılımları İlişkisi*", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der., Ankara, 19 (1), pp. 66-70.
- Yanalak, M., (2001), "Yüzey modellemede üçgenleme yöntemleri (Triangulation methods in surface modelling)", Harita Dergisi, 126.
- Yanalak, M., (1991), "Sayısal arazi modellerinden hacim hesaplarında en uygun enterpolasyon yönteminin araştırılması", Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 199 İstanbul.
- Zimmer, H., (2005) "Voronoi and delaunay techniques", Proceedings of Lecture Notes, Computer Sciences, Aachen

**EKLER**

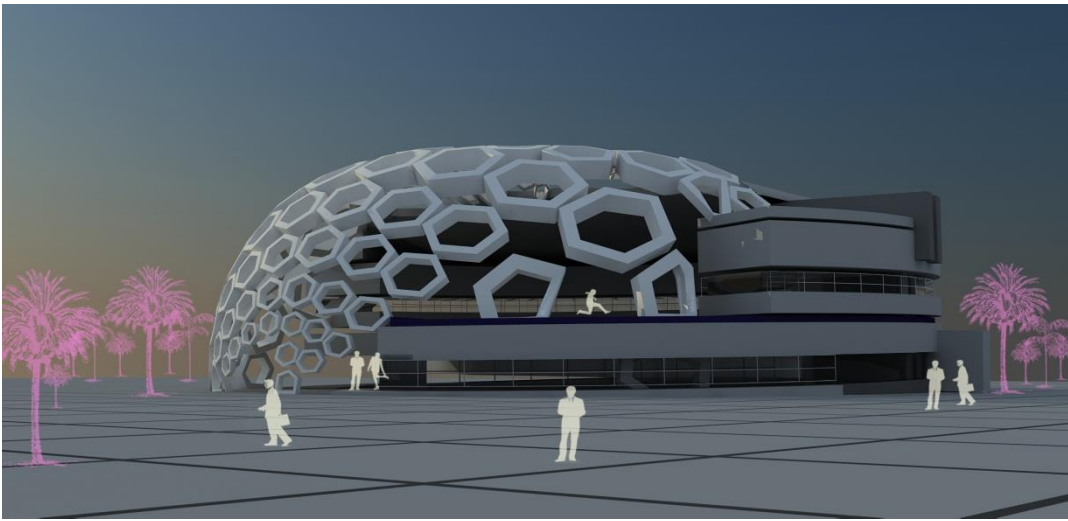
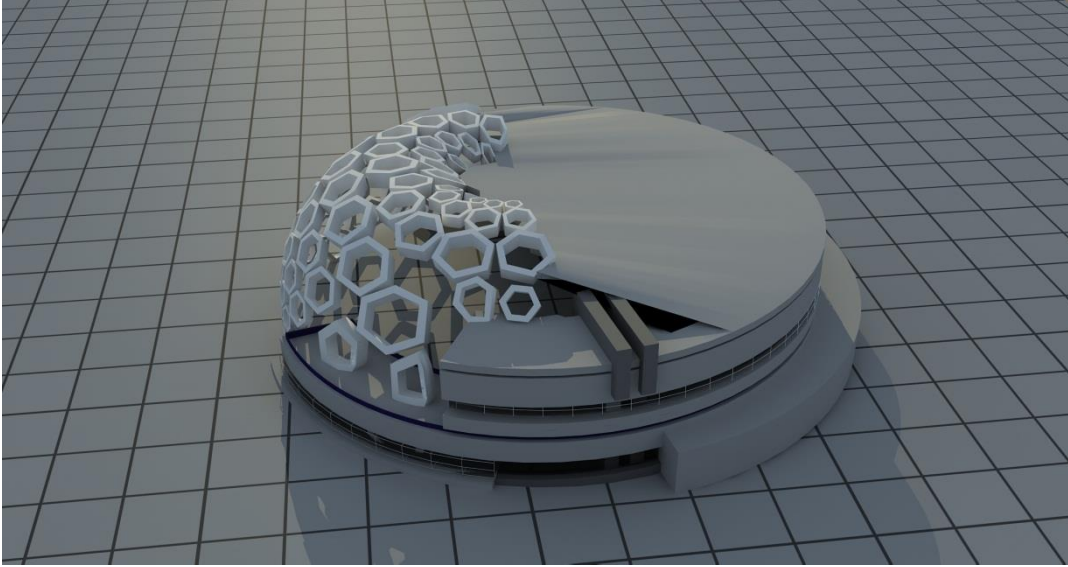
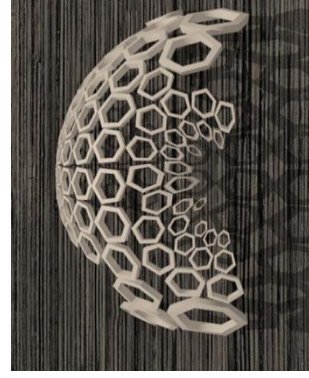
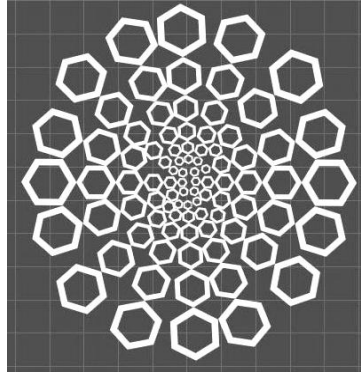
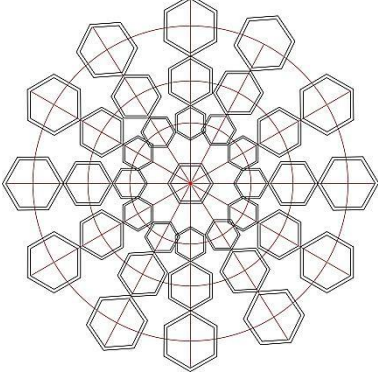
## EK-1. Birim Çemberleri

Grid: **Radial Grid**Birim: **Altıgen**

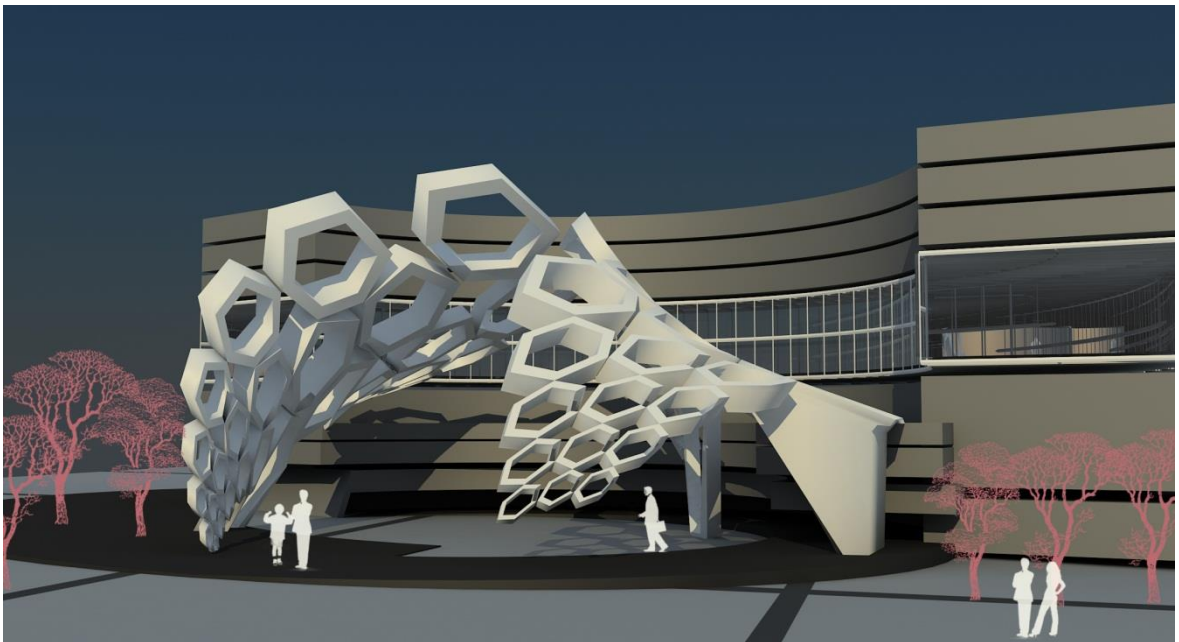
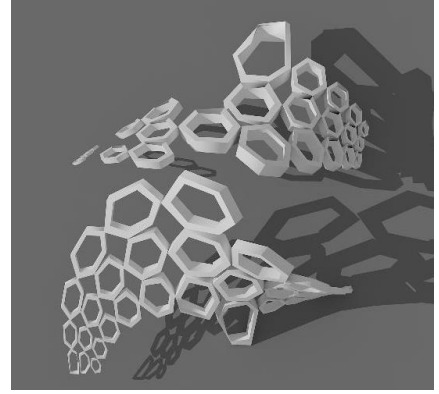
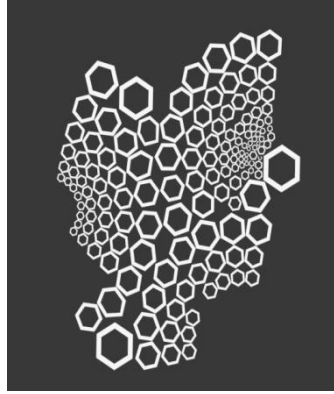
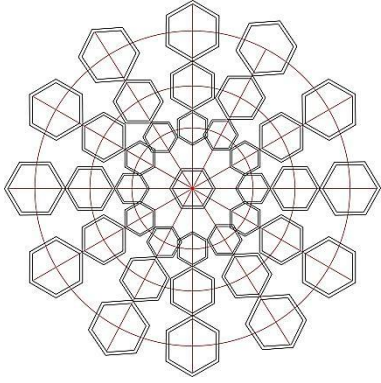
## EK-1. (devam) Birim Çemberleri

Grid: **Radial Grid**Birim: **Altıgen**

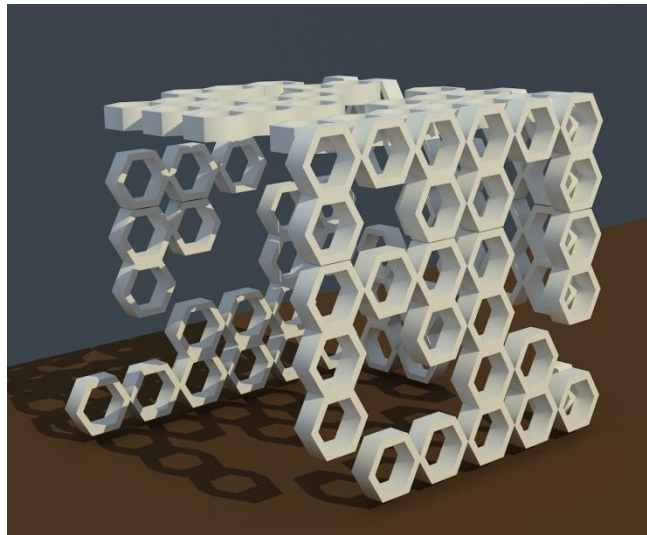
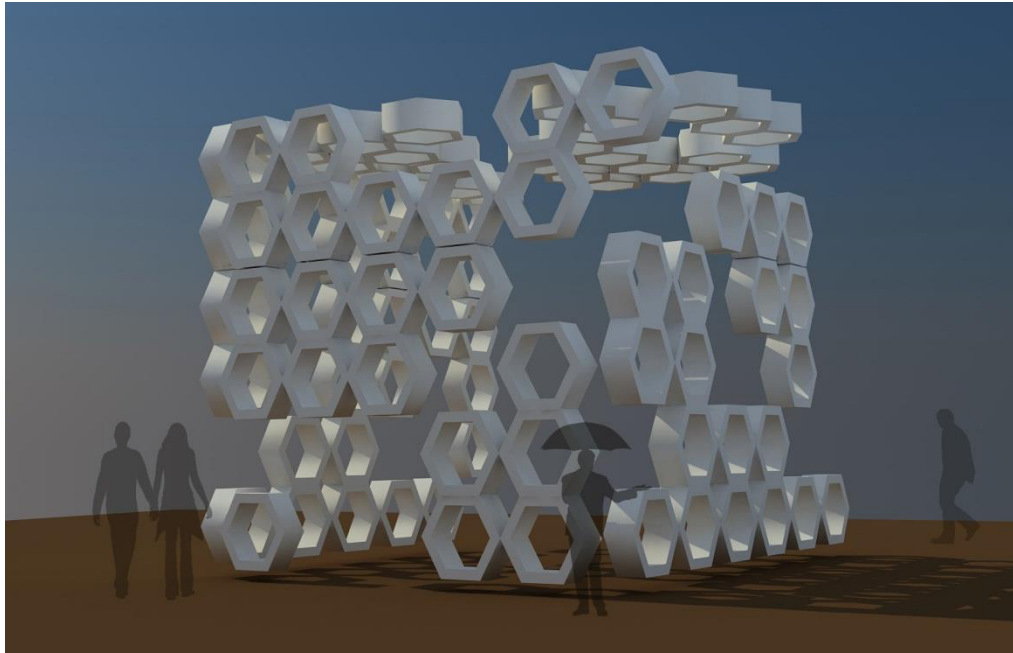
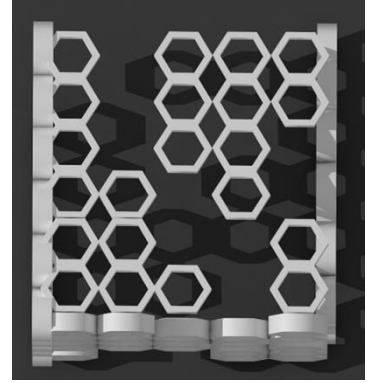
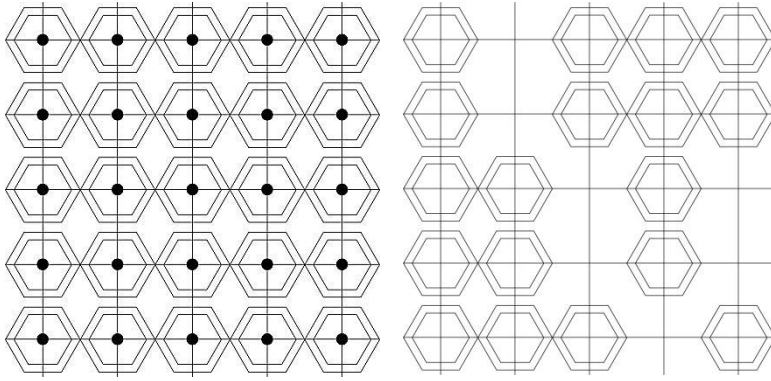
## EK-1. (devam) Birim Çemberleri

Grid: **Radial Grid**Birim: **Altıgen**

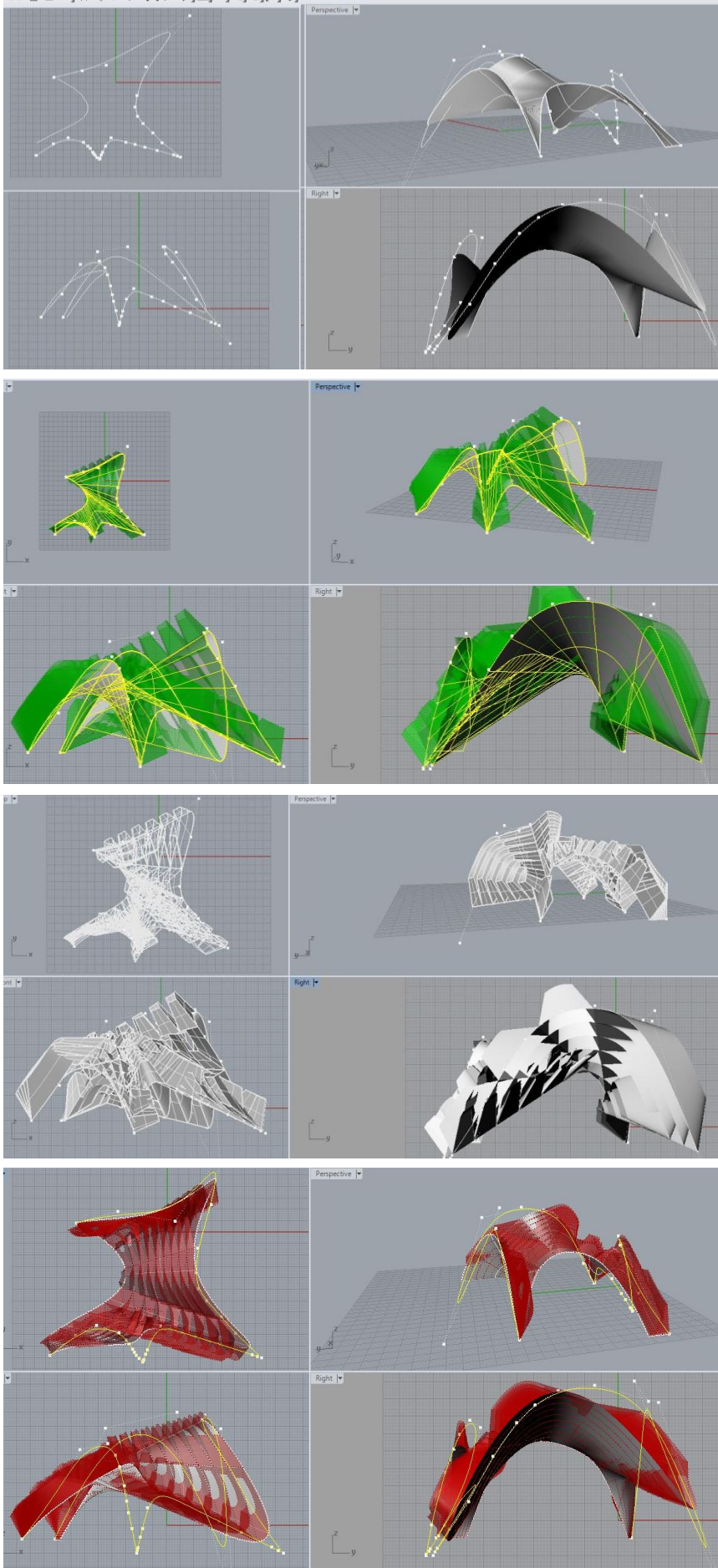
## EK-1. (devam) Birim Çemberleri

Grid: **Radial Grid**Birim: **Altıgen**

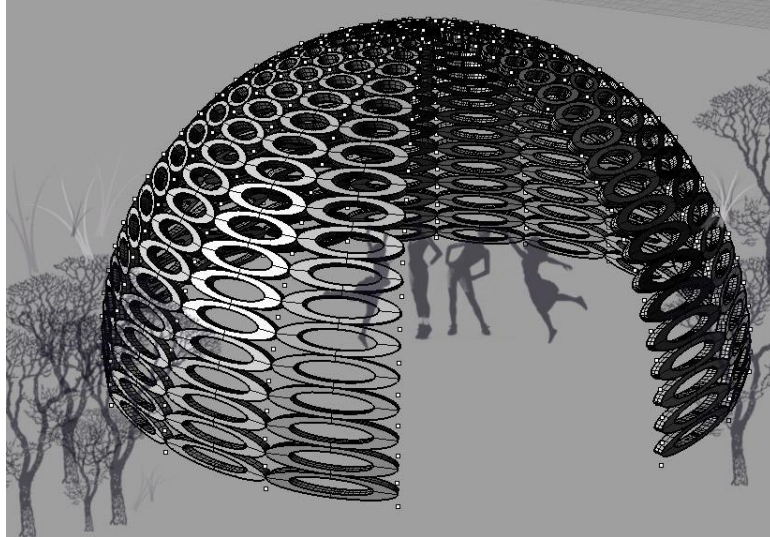
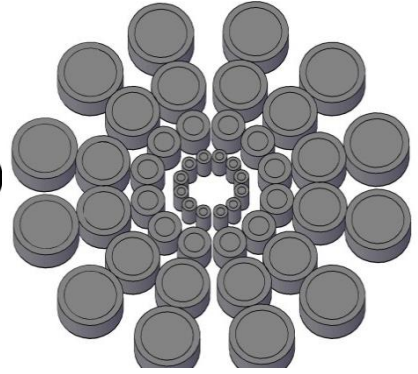
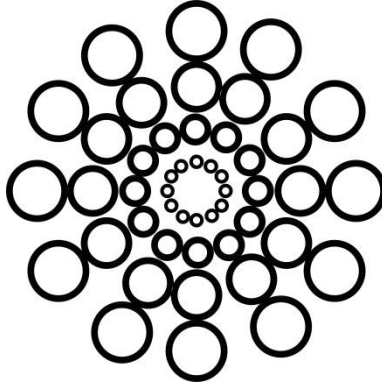
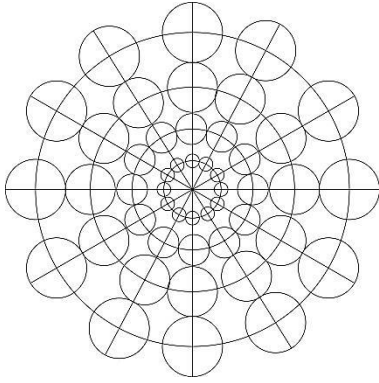
## EK-1. (devam) Birim Çemberleri

Grid: **Kare Grid**Birim: **Altgen**

## EK-1. (devam) Birim Çemberleri



## EK-1. (devam) Birim Çemberleri

Grid: **Radial Grid**Birim: **Çember**

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Sahar SHADMAND  
Uyruğu : İRANLI  
Doğum tarihi ve yeri : 28.01.1987, Tehran  
Medeni hali : Bekâr  
Telefon : 0 (507) 4955466  
e-mail : sahar.shadmand@gmail.com



### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi            | Mezuniyet tarihi |
|---------------|--------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi .      | 2015             |
| Lisans        | Tabriz Azad Üniversitesi | 2009             |

### Yabancı Dil

İngilizce, Farsça



*GAZİ GELECEKTİR..*