

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

MİMARİNİN DENEYSELLİĞİ: ÖZ-ÖRGÜTLENME TASARIM
DÜŞÜNCESİ İLE TOPOGRAFIK VERİLERE DAYALI FORM ÜRETME
MODELİ

DOKTORA TEZİ

Ayşegül ÇELENK ÇAVDAR

HAZİRAN 2025
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**MİMARİNİN DENEYSELLİĞİ: ÖZ-ÖRGÜTLENME TASARIM
DÜŞÜNCESİ İLE TOPOGRAFIK VERİLERE DAYALI FORM ÜRETME
MODELİ**

Ayşegül ÇELENK ÇAVDAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (MİMARLIK)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 / 05 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 23 / 06 / 2025

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

“Mimarinin Deneyselliği: Öz-Örgütlenme Tasarım Düşüncesi ile Topografik Verilere Dayalı Form Üretme Modeli” isimli tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmasının hazırlanmasında bilgi birikimi, rehberliği ve akademik yönlendirmeleriyle sürecin her aşamasında bana ışık tutan, yol gösterici yaklaşımıyla araştırma motivasyonumu sürekli kılan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN’a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisi, sadece akademik rehberliğin ötesinde, sabrı, anlayışı ve yapıcı katkılarıyla bu çalışmanın olgunlaşmasında büyük pay sahibi olmuştur.

Tez sürecimde bilimsel bakış açımı geliştirmemde ve konuya disiplinler arası bir perspektiften yaklaşmamda önemli katkılar sunan, değerli görüşleri ve destekleriyle çalışmama yön veren Prof. Dr. Serap DURMUŞ ÖZTÜRK ve Prof. Dr. Funda KURAK AÇICI hocalarıma da ayrıca teşekkür ederim. Her biri, eleştirel katkılarıyla bu çalışmanın derinliğini artırmış, araştırma yolculuğumda değerli izler bırakmıştır.

Akademik yolculuğumun en özel destekçilerinden biri olan, aynı zamanda bu süreçteki teknik ve düşünsel katkılarıyla yanımda yer alan sevgili eşim Araştırma Görevlisi Erman ÇAVDAR’a teşekkür ederim. Onun anlayışı, sabrı ve motivasyonu, bu zorlu süreci daha anlamlı ve sürdürülebilir kılmıştır.

Hayatım boyunca bana koşulsuz destek veren, inancı ve sevgisiyle güç bulduğum annem Nuray ÇELENK’e, her zor zamanımda düşünceleriyle yolumu aydınlatan, vizyon kazandıran babam Coşkun ÇELENK’e, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ablam Meryem SÜRMEN ve eniştem Erdem SÜRMEN’e, düşünceleri ve varlığıyla her adımda yanımda olduğunu hissettiren canım kardeşim Burak ÇELENK ve onun değerli eşi Elif ÇELENK’e sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Ayşegül ÇELENK ÇAVDAR

Trabzon, 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Mimarinin Deneyselliği: Öz-Örgütlenme Tasarım Düşüncesi İle Topografik Verilere Dayalı Form Üretme Modeli” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23.06.2025

Ayşegül ÇELENK ÇAVDAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	2
1.3. Çalışmanın Amacı ve Hedefleri.....	5
1.4. Çalışmanın Araştırma Soruları.....	6
1.5. Çalışmanın Kapsamı.....	7
1.6. Çalışmanın Literatüre Katkısı.....	8
1.7. 21. Yüzyıl Mimarisinin Düşünsel Değişimi.....	8
1.7.1. Deney ve Deneysellik Kavramı.....	11
1.7.2. 21. Yüzyılda Mimarinin Deneysellığı.....	12
1.7.3. Deneysel Mimari ve Jeomorfoloji Kavramı.....	21
1.7.4. Deneysel Mimari ve Sayısal Düşünme.....	34
1.8. Deneysel Mimaride Doğadan Esinlenilen Üretken Tasarım Yöntemleri.....	35
1.8.1. Öz-Örgütlenme (Self Organized) Tasarım Yöntemi.....	38
1.8.2. Hücresel Özdevinim (Cellular Automata) Tasarım Yöntemi.....	41
1.8.3. Hücresel Özdevinim Yönteminin Bileşenleri.....	51
1.9. Bölüm Sonu Değerlendirmesi.....	56
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	59
2.1. Çalışma Strüktürü ve Yöntemi.....	59
2.2. Örneklem Alanının Belirlenmesi.....	66
2.2.1. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Tarihçesi.....	69
2.2.2. Örneklem Alanının Mimari Analizi.....	71
2.2.3. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Jeomorfolojik Özellikleri.....	77

2.3. Hücresel Özdevinim Kuralının Belirlenmesi.....	83
2.4. Hücresel Özdevinim Kuralının Uygulanması.....	88
2.5. Hücresel Özdevinim Kuralı ile Üretken Tasarım Modelinin Oluşturulması.....	93
2.5.1. Verinin Toplanma Aşaması.....	101
2.5.2. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Verinin Toplanması.....	101
2.5.3. Verinin Üretim Aşaması: Hücresel Özdevinimi Kuralının Belirlenmesi	102
2.5.4. 2D Örüntüler.....	102
2.5.5. 3D Örüntüler.....	103
2.6. Jeomorfolojik Verinin Hücresel Özdevinim Kuralına Dayalı Tasarım Modeli Aşaması.....	104
2.6.1. Hücre Durumu	104
2.6.2. Komşuluk	105
2.6.3. Kural.....	106
2.6.4. Grid.....	107
2.6.5. Zaman.....	107
3. BULGULAR VE İRDELEMELER	110
3.1. Modelin 2D Örüntüsü.....	110
3.2. Modelin 3D Örüntüsü.....	127
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	149
5. KAYNAKLAR.....	158
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

MİMARİNİN DENEYSELLİĞİ: ÖZ-ÖRGÜTLENME TASARIM DÜŞÜNCESİ İLE TOPOGRAFIK VERİLERE DAYALI FORM ÜRETME MODELİ

Ayşegül ÇELENK ÇAVDAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN
2025, 163 Sayfa

Tarihsel süreçte doğa, yaşam pratiklerinin merkezinde yer alarak mimarlık ve tasarım disiplinlerine ilham kaynağı olmuştur. Doğa temelli yaklaşımların teknolojik gelişmelerle birleşmesi, tasarım süreçlerinde biçim, malzeme ve strüktür düzeyinde yenilikçi olanaklar sunmuştur. Günümüzde üretken tasarım araştırmaları günümüzde önem kazanmakta; özellikle değişken, öngörülemeyen ve deneysel tasarım anlayışını destekleyen yöntemler geliştirilmektedir. Bu bağlamda Hücrel Özdevinim (Cellular Automata), doğanın karmaşıklığını dijital ortama taşıyarak yeni form arayışlarını mümkün kılan etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Çalışmanın temel amacı, jeomorfoloji ve mimarlık disiplinlerinin kesişiminde üretken tasarım yaklaşımlarını kuramsal ve deneysel düzeyde incelemektir. Bu doğrultuda, Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi örneklem alanı seçilerek bölgenin tarihsel, kültürel ve topografik özelliklerinden beslenen bir tasarım modeli geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında, öz-örgütlenmeye dayalı dijital bir üretken sistem modeli oluşturulmuş ve topografik verilerle karşılaştırmalı analizler yürütülmüştür. Tasarım süreci dört aşamada yapılandırılmış; her aşamada elde edilen biçimler alternatif üretimlerle birlikte değerlendirilerek özgün bir örüntü önerisi sunulmuştur. 21. yüzyıl mimarlık düşüncesi doğrultusunda geliştirilen bu deneysel yaklaşım, üretken ve çok katmanlı bir tasarım dili geliştirmeyi, mimarlığın geleceğine yönelik yaratıcı katkılar sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Mimarlık, Üretken Sistemler, Öz-Örgütlenme, Hücrel Özdevinim, Jeomorfoloji

PhD. Thesis

SUMMARY

EXPERIMENTALITY IN ARCHITECTURE: A FORM GENERATION MODEL BASED ON TOPOGRAPHIC DATA THROUGH SELF-ORGANIZING DESIGN THINKING

Ayşegül ÇELENK ÇAVDAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Cengiz TAVŞAN
2025, 163 Pages

Throughout history, nature has played a central role in shaping human practices and has remained a vital source of inspiration for architecture and design. The integration of nature-inspired methods with technology has expanded design possibilities in form, material, and structure. Recent advances in generative design emphasize variability, unpredictability, and experimentation. Recently, generative design has gained prominence through methods that embrace variability, uncertainty, and experimental thinking. Cellular Automata offers a powerful means to simulate nature's complexity within digital environments, enabling innovative formal explorations. This study examines generative design at both theoretical and experimental levels, focusing on the intersection of geomorphology and architecture. The Süleymaniye District (Gümüşhane) was chosen as a case study for its rich historical, cultural, and topographic context. A digital generative model based on self-organization principles was developed and assessed through topographic comparisons. The design process was structured in four stages, with each phase generating and evaluating forms alongside alternative production strategies. Positioned within 21st-century architectural discourse, this approach aims to cultivate a generative, multi-layered design language that contributes to future architectural practice.

Key Words: Architecture, Self-Organized, Cellular Automata, Generative Systems, Geomorphology

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tez strüktürü.....	4
Şekil 2. Çalışmanın amacı, hedefi ve çıktı tablosu	6
Şekil 3. Singapur'daki Pavilyon Tasarımı	15
Şekil 4. Stuttgart Üniversitesi Pavilyon Tasarımı.....	15
Şekil 5. Mimarinin Deneyselliği Grafiği	17
Şekil 6. Tarihsel süreçler boyunca deneysel kavramının yeri.....	20
Şekil 7. Dağ Jeomorfolojisinin Plan ve Kesit Krokisine ait çizimler 1	23
Şekil 8. Gezegen yüzeylerindeki Jeomorfolojik Oluşumlar	24
Şekil 9. Davis ekolü a) gençlik evresi, b) olgunluk evresi, c)yaşlılık evresi, d) gençleşme evresi.....	25
Şekil 10. Mont-Blanc, Viollet-le-Duc, Aiguille d'Argentières ve Aiguille Verte'nin çizimi, 1860, Frères Bisson.....	26
Şekil 11. Mont-Blanc'ın eşkenar dörtgen sistemi, sd Viollet-le-Duc	27
Şekil 12. Jeomorfolojik Katedral 4 (Yer Şekli Yapıları)	28
Şekil 13. Mekânsal sistem kuramı a.hareket, b.kanal, c.düğüm, d.hiyerarşi, e.yüzey	28
Şekil 14. Reima ve Raili Pietilä'nın tasarladığı Malmi'deki kilise	29
Şekil 15. Topografya Geometrisi, Vicente Gualart	30
Şekil 16. Topografya Geometrisi üzerine projeler, Vicente Gualart	31
Şekil 17. Topografya Geometrisi üzerine maket çalışması, Vicente Gualart.....	32
Şekil 18. Brian Castellani'nin Map of the Complexity Sciences çalışması.....	36
Şekil 19. Gehry'nin Deneysel Müzik Merkezi ve H-OUSE.....	37
Şekil 20. Doğada yer alan organizmaların biçimsel benzerlikleri	41
Şekil 21. Hücresel Özdevinim davranış ölçeği	44
Şekil 22. Wolfram'ın Hücresel Özdevinim kuralı ile geometri çalışmaları	45
Şekil 23. Voksel birimi ve bunun yapı ölçeğine aktarımı.....	45
Şekil 24. Conway'ın Yaşam Oyunu.....	46
Şekil 25. Krawczyk'in (2002 ve 2003) Hücresel Özdevinim çalışması	47
Şekil 26. Fonstad'ın Hücresel Özdevinim Kuralı Kullanarak Oluşturduğu Jeomorfolojik Üretimler	48
Şekil 27. Fonstad'ın geliştirdiği jeomorfolojik model çalışması	49
Şekil 28. Mimarlık ve Hücresel Özdevinim Entegrasyonu	49
Şekil 29. Nakagin Capsule Tower.	50

Şekil 30.	İki boyutlu uzayın mozaikleri: (A) kare ızgara; (B) üçgen; (C) altıgen.	51
Şekil 31.	2d ve 3d Hücresel Özdevinim Uygulamaları.....	51
Şekil 32.	2d ve 3d boyutlu grid sistemler	52
Şekil 33.	Düzenli ve düzensiz bir komşuluk birimi	52
Şekil 34.	Voronio Diyagramı ve Doğadaki Örnekleri	53
Şekil 35.	Voronio Diagramı	54
Şekil 36.	Voronio Diagramı ile tasarım süreci.....	55
Şekil 37.	Deneysellik kavramının Kwinter kuramı ve jeomorfoloji bağlamında ilişki ağı	57
Şekil 38.	Çalışma yöntemine ilişkin çalışma strüktürü.....	61
Şekil 39.	Türkiye haritasında Gümüşhane	67
Şekil 40.	Gümüşhane ve Eski Şehir	68
Şekil 41.	Gümüşhane İline Ait Dağ ve Vadi Görünümü	69
Şekil 42.	Askeri Haritada Eski Gümüşhane'nin Coğrafi Yapısı.....	70
Şekil 43.	Meryemana (Panagia), Çarşı ve Cami-i Sagir mahalleleri, 19. yy sonu (Güneri Kadirbeyoğlu Arşivi) ve günümüz görünümü	70
Şekil 44.	Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Google Earth Map Görünümü	71
Şekil 45.	Eski Süleymaniye Mahallesi Eğim ve Yol Hatları	73
Şekil 46.	Eski Süleymaniye Mahallesi Tarihi Yapı Stoğu.....	74
Şekil 47.	Eski Süleymaniye Mahallesi Yapı Stoğu	75
Şekil 48.	Süleymaniye mahallesine ait tescilli yapılar haritası.....	76
Şekil 49.	Gümüşhane Topografyasının Doğu Karadeniz İller Bazında Karşılaştırılması.....	78
Şekil 50.	Gümüşhane İli Jeomorfolojik Eğim Haritası	79
Şekil 51.	Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Jeomorfolojik Çizimi	80
Şekil 52.	Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Jeomorfolojik Çizimi	81
Şekil 53.	Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Jeomorfolojik Çizimi	82
Şekil 54.	Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Topografik Analizi Tepe ve Vadi İlişki Grafiği.....	82
Şekil 55.	Altıgen grid komşuluk ilişkisi	84
Şekil 56.	Eski Süleymaniye Mahallesi Biçimsel Tepe-Vadi Form İlişkisi.....	85
Şekil 57.	Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Jeomorfolojik Çizimi	85
Şekil 58.	Jeomorfoloji verileri incelenerek Tepe-Vadi aksı	86
Şekil 59.	Tepe Modülünün Altıgen birim içerisindeki oluşumu ve yeri	87
Şekil 60.	Vadi Modülünün Altıgen birim içerisindeki oluşumu ve yeri.....	87

Şekil 61.	Tepe-Vadi Modülünün Altıgen birim içerisindeki oluşumu ve yeri	87
Şekil 62.	Altıgen birimin Kırılma aksları	87
Şekil 63.	Altıgen hücre durumunun tepe-vadi aksları	88
Şekil 64.	Rhino programı Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş Tepe Modülü.....	89
Şekil 65.	Rhino programı Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş Vadi Modülü.....	89
Şekil 66.	Rhino programında Hücresel Özdevinim kuralı uygulayarak Tepe-Vadi İlişkisi	90
Şekil 67.	Rhino Rabbit Eklentisi.....	90
Şekil 68.	Rhino Rabbit Eklentisi.....	91
Şekil 69.	Rhino Crane Eklentisi.....	91
Şekil 70.	Hücre Durumunun entegrasyonu	92
Şekil 71.	Rhino Programı Hücre Örüntülerinin Hücresel Özdevinim Kuralı ile Oluşturulması.....	92
Şekil 72.	İki boyut olarak Mahalle Sınırı ve Gridal Sistemin uygulanması	96
Şekil 73.	İki boyut olarak Mahalle Sınırı ve Gridal Sistemin uygulanması	96
Şekil 74.	Süleymaniye Mahallesi sınırları ve altıgen Komşuluk ilişkisi	97
Şekil 75.	Süleymaniye Mahallesi sınırları ve kural dizilimi.....	98
Şekil 76.	Süleymaniye Mahallesi sınırları ve gridal sistem ve çalışma alanının sınırlandırılması ve kuralın t:5 anındaki durumu.....	99
Şekil 77.	Kuralın forma dönüşmesi	100
Şekil 78.	Kuralın forma dönüşmesi	101
Şekil 79.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural Örüntüsü	102
Şekil 80.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntü.....	103
Şekil 81.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 3D Örüntü.....	104
Şekil 82.	Hücre 2D Durumu	105
Şekil 83.	Hücre 2D Durumu	105
Şekil 84.	Hücre 2D Komşuluk İlişkisi	105
Şekil 85.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü.....	106
Şekil 86.	Hücresinin t:1 anındaki biçimlenmesi.....	106
Şekil 87.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü.....	107
Şekil 88.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü t:5 ve t:15	108
Şekil 89.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü t:20 ve t:50	109
Şekil 90.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:5	116

Şekil 91.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:10	116
Şekil 92.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:15	117
Şekil 93.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:20	117
Şekil 94.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:25	118
Şekil 95.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:30	118
Şekil 96.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:35	119
Şekil 97.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:40	119
Şekil 98.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:45	120
Şekil 99.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:50	120
Şekil 100.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:55	121
Şekil 101.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:60	121
Şekil 102.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:65	122
Şekil 103.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:70	122
Şekil 104.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:75	123
Şekil 105.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:80	123
Şekil 106.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:85	124
Şekil 107.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:90	124
Şekil 108.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:95	125
Şekil 109.	Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:100	126
Şekil 110.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü t:1	127
Şekil 111.	Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 3D Örüntüsü t:1	128

Şekil 112. Örnekleme Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 3D Örüntüsü t:1	128
Şekil 113. Üretken Tasarım Modeli t:5	133
Şekil 114. Üretken Tasarım Modeli t:10	133
Şekil 115. Üretken Tasarım Modeli t:15	134
Şekil 116. Üretken Tasarım Modeli t:20	134
Şekil 117. Üretken Tasarım Modeli t:25	135
Şekil 118. Üretken Tasarım Modeli t:30	135
Şekil 119. Üretken Tasarım Modeli t:35	136
Şekil 120. Üretken Tasarım Modeli t:40	136
Şekil 121. Üretken Tasarım Modeli t:45	137
Şekil 122. Üretken Tasarım Modeli t:50	137
Şekil 123. Üretken Tasarım Modeli t:55	138
Şekil 124. Üretken Tasarım Modeli t:60	138
Şekil 125. Üretken Tasarım Modeli t:65	139
Şekil 126. Üretken Tasarım Modeli t:70	139
Şekil 127. Üretken Tasarım Modeli t:75	140
Şekil 128. Üretken Tasarım Modeli t:80	140
Şekil 129. Üretken Tasarım Modeli t:85	141
Şekil 130. Üretken Tasarım Modeli t:90	141
Şekil 131. Üretken Tasarım Modeli t:95	142
Şekil 132. Üretken Tasarım Modeli t:100	142
Şekil 133. Form Üretme Modelinin İşlem Grafiği	144
Şekil 134. Üretken Tasarım Modeli t:25	145
Şekil 135. Model Kurgusu.....	155
Şekil 136. Model Aşamaları ve Sonuç	157

TABLÖLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Hücresel Özdevinim Yöntemi Parametreleri.....	50
Tablo 2. Çalışma süreci ve işlemler	63
Tablo 3. Jeomorfoloji ve Hücresel Özdevinim Oluşum Bileşenleri	95
Tablo 4. Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman Parametresi	111
Tablo 5. Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman ve Komşuluk Parametresi.....	113
Tablo 6. Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman ve Komşuluk ve Sınır Parametresi	115
Tablo 7. Hücresel Özdevinim Kuralı Uygulanmadan Oluşturulan 3D Örüntüler	130
Tablo 8. Hücresel Özdevinim Kuralı 3D Örüntüler.....	132

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CA	: Cellular Automata
HÖ	: Hücresel Özdevinim
GH	: Grasshopper



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

21. yüzyılda dijital tasarım düşüncesi, mimar ve tasarımcıların ilgi odağı haline gelmiştir. Bu yeni düşünce yapısı, disiplinler arası bir çalışma alanı yaratarak tasarımcılara farklı ölçeklerde perspektifler sunmaktadır. Ancak bu yaklaşım mimariye deneysel bir kimlik kazandırırken, kültürel ve insani faktörlerin bellekteki bağlamda ihmal edilmesi ve boşluklar yaratılması gibi engellere de yol açmaktadır. Bu durum, tartışılması gereken önemli bir konulardan biridir. Bununla birlikte yeni tasarım yaklaşımlarındaki temel amaç, deneylemeye dayalı bir tasarım kültürü üreterek öğrenmeyi teşvik etmektir. Yapılan deneysel çalışmalar farklı projelerde kazanılan bilgilerin, gelecekteki projelerde nasıl kullanılacağına dair öngörülerini artırmaktadır.

Mimarlık ve mühendislik alanlarında yapılan tasarımlar ve bilimsel araştırmalar, hesaplamalı düşünme yeteneğinin birer ürünüdür. Hesaplamalı düşünme, bir problemi çözmek için matematiksel ve mantıksal süreçlere dayalı algoritmik bir yaklaşımdır. Bu düşünme biçimi, problemi ve çözümünü bilgi işleme mekanizmalarıyla uyumlu bir şekilde formüle etmektedir. Hesaplamalı düşünme, farklı soyutlama düzeylerinde problemleri anlamayı ve çözmeyi sağlamaktadır (Çağdaş, Bacınoğlu ve Çavuşoğlu, 2015:35).

Geleneksel tasarım anlayışından farklı olarak, mimarlık disiplini sürekli bir değişim içinde evrilmiştir ve somut temsilden soyut, düşünce ve bilim odaklı deneysel bir inşa sürecine yönelmiştir. Bu değişim gelecekteki yaşamı dönüştürebilecek gelişmeleri ve tasarım paradigmasını da şekillendiren mimarlık söylem ve pratikleriyle geniş bir çerçeve çizmektedir. Bu geçiş süreci genetik ve teknolojik alanlardaki ilerlemeler, doğadaki kaynakların azalmasıyla artan çevresel endişeler, dünya dışı yaşam alanlarına yönelik çalışmaların gelişmesi ve yaşanan doğal felaketlerle şekillenmiştir. Mimarlık ve tasarım düşüncesi de bu gelişmeleri takip ederek tasarım laboratuvarları oluşturmuş ve robotik ile sanal üretimlere yönelik çalışmalar artırılmıştır. Artık tasarım sürecinde yalnızca yeni form arayışları değil, aynı zamanda malzeme, strüktür ve üretimle ilgili sorular da gündeme gelmekte; bu unsurlar bir araya getirilerek bütünsel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yeni mimarlık anlayışında, geçmişte ütöpik olarak düşünülen karmaşık tasarımlar hayata

geçirilebilmekte ve tasarımlarda biçimsel ve mekânsal özgürlük sağlanmaktadır (Yedekçi, 2015).

Yeni mimarlık yaklaşımlarının disiplinler arasındaki yeri ve önemi açıkça tanımlanmalı ve anlamı net bir şekilde ortaya konulmalıdır. Bu çerçevede 21. yüzyılda mimarlığın deneyselliğinin kavram ve biçimsel yenilikler açısından literatürdeki eksiklikleri, bu çalışmanın temel problemi olarak ortaya koyulmuştur. Bu probleme çözüm bulmak amacıyla, tezde literatürdeki kavramlar ve mimarideki yeni biçimsel arayışlar üzerinden bir çalışma yapısı ve yöntemi oluşturulacak modelle ele alınacaktır.

Çalışmada dijital tasarım yöntemleri ve araçları kullanılarak, fiziksel verilerin entegrasyonu ile geliştirilen araştırma modeli, mimarlıkta deneyselliğin form arayışıyla desteklenmesi beklenmektedir. Literatürdeki yeni yaklaşımlar ve kavramsal tanımlamalardaki boşlukların giderilmesiyle, geliştirilen tasarım modeliyle bir yöntem oluşturulması hedeflenmektedir. Bu sayede farklı çalışmalara da katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca mimarlıkta yeni yaklaşımların tanımlanması, geleceğe yönelik mimari ve tasarım araştırmalarına yeni fikirler sunarak önemli bir katkı sağlayacaktır.

1.2. Problemin Tanımı

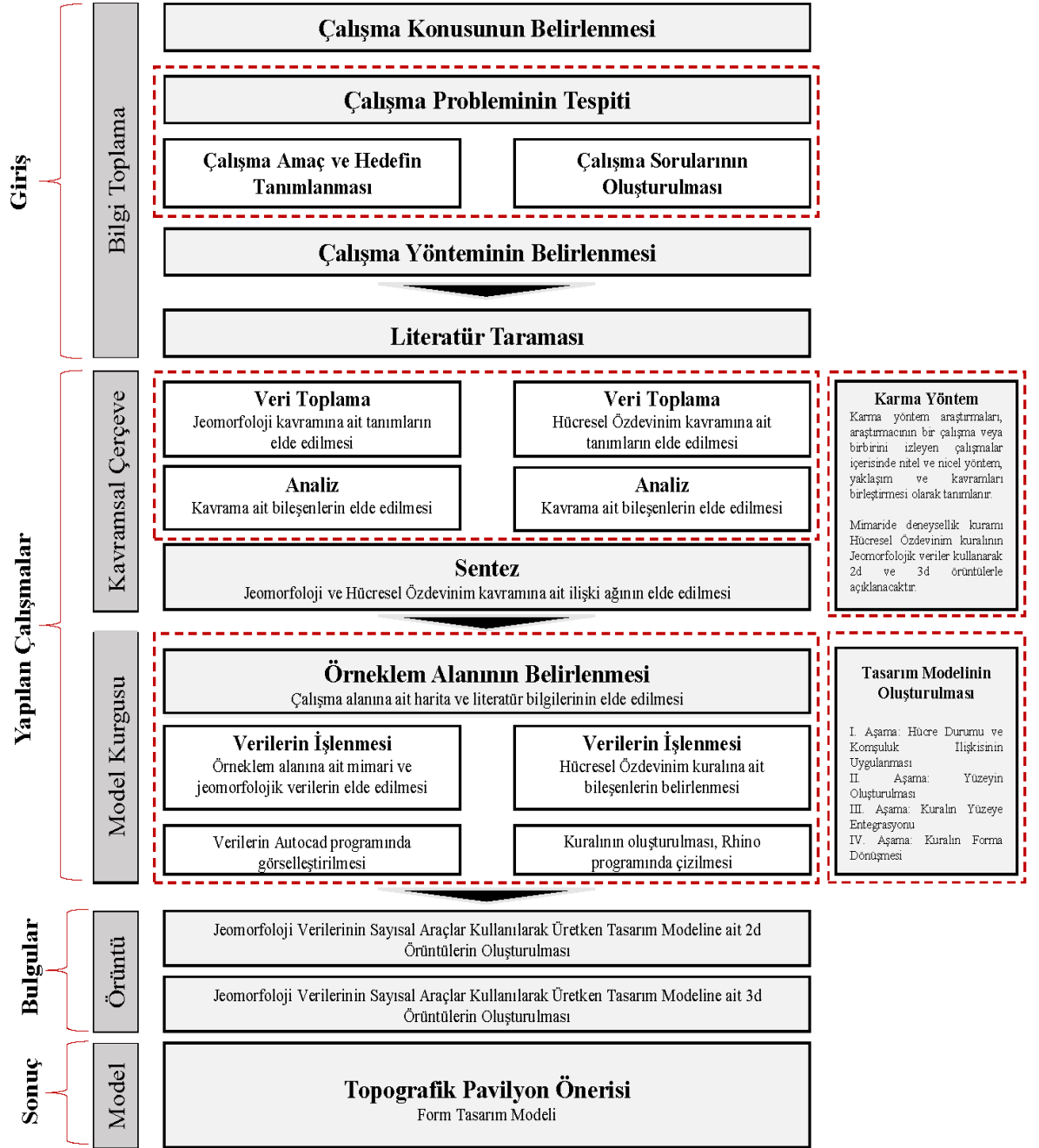
“Mimarinin deneyselliği” kavramı, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren mimarlığın yalnızca işlevsel ve yapısal bir disiplin olmaktan çıkarak, düşünsel ve üretimsel bir sorgulama alanına dönüşmesiyle önem kazanmaktadır. Deneysellik; mimarlığın biçimsel, teknolojik ve kavramsal sınırlarını zorlayan, bilinmeyene dair arayışları tetikleyen bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Kwinter, 2001; Teymur, 1982). Ancak literatürde yer alan bu tanımlamalar, güncel dijital teknolojilerin mimarlık üretim süreçlerine entegrasyonu bağlamında sınırlı kalmaktadır. Günümüzde özellikle hesaplamalı tasarım, üretken algoritmalar ve simülasyon tabanlı sistemler mimari deneyselliğin yönünü yeniden şekillendirmektedir (Carmo, 2011; Oxman, 2006). Bu bağlamda çalışmada mimarinin deneyselliği üzerine mevcut literatür taranmakta ve güncel araştırmaların bu tanımlar üzerindeki katkısı ele alınmaktadır. Deneyselliğin mimarlık içindeki anlamı, sabit formlardan ziyade süreç odaklı üretim modelleriyle ilişkilendirilmektedir. Bu çerçevede, mimari tasarım sürecinin öngörülemeyen, çok olasılıklı ve esnek doğasını destekleyen dijital

tasarım yaklaşımlarının, mimari deneyselliğin çağdaş karşılığı olduğu savunulmaktadır (Menges, 2007; Hensel & Menges, 2008).

Çalışmada, mimaride deneysellik düşüncesi öz-örgütlenme (self-organization) ilkesi bağlamında ele alınmıştır. Öz-örgütlenme, doğada gözlemlenen düzenin, merkezi bir kontrol olmaksızın sistem içerisindeki bileşenlerin etkileşiminden doğması olarak tanımlanmaktadır (Camazine et al., 2003). Bu üretken sistem prensipleri, dijital tasarım araçlarıyla mimarlıkta yeni form üretim stratejilerine uyarlanabilmektedir. Bu doğrultuda, Hücresel Özdevinim (Cellular Automata) kural dizisi kullanılarak, topografik verilere dayalı deneysel bir form üretim modeli geliştirilmiştir.

Geliştirilen model, form üretim sürecinde çevresel verilerin ve jeomorfolojik girdilerin tasarım parametresi olarak kullanıldığı bir süreci simgelemektedir. Hücresel Özdevinim yaklaşımı, özellikle yerel davranışların zamanla küresel örüntülere dönüştüğü sistemleri taklit eder ve mimari üretimde süreç odaklı bir deneysellik imkânı sunmaktadır (Wolfram, 2002). Bu yaklaşım biçimsel sonuçtan çok, biçimlenme sürecine odaklanarak mimarlığın sabitlikten uzak, değişken doğasına vurgu yapmaktadır.

Tez kapsamında yürütülen çalışmada izlenecek yöntemsel yol, Şekil 1’de sunulan tez strüktürü ile açıklanmıştır. Bu yapı, araştırmanın kavramsal çerçevesinden başlayarak literatür analizi, model geliştirme, uygulama ve sonuç değerlendirme aşamalarını kapsamaktadır. Böylelikle tez, mimaride deneyselliğe yönelik teorik bir arka plan oluşturmakla kalmayarak aynı zamanda öz-örgütlenme temelli bir tasarım modelinin dijital ortamda nasıl üretilebileceğine dair bir yol haritası da sunmaktadır.



Şekil 1. Tez strüktürü

1.3. Çalışmanın Amacı ve Hedefleri

Çalışmanın temel amacı, doğa ve teknoloji etkileşimini biçimsel düzlemde yeniden değerlendiren mimari tasarım sürecini, jeomorfolojik veriler doğrultusunda üretken tasarım yöntemleri aracılığıyla ölçülebilir, analiz edilebilir ve geliştirilebilir bir model çerçevesinde ele almaktır. Günümüz mimarlık söylemlerinde giderek daha fazla önem kazanan doğa-tabanlı tasarım anlayışı ile dijital tasarım teknolojilerinin entegrasyonu, yalnızca biçimsel çeşitliliği değil; aynı zamanda disiplinler arası bir düşünce zemininde kavramsal süreklilik, bağlamsal bütünlük ve sürdürülebilir kültürel miras üretimi açısından da yeni olanaklar sunmaktadır. Bu bağlamda çalışma yalnızca bir form arayışı değil; deneysel mimarlık kavramının dijital yöntemlerle yeniden tanımlandığı, doğal verilerin tasarım girdisi olarak etkin biçimde kullanıldığı bir araştırma ortamı oluşturmayı hedeflemektedir. Özellikle jeomorfoloji ve mimarlık disiplinlerinin kesişiminde yürütülen bu araştırma, topoğrafyanın fiziksel ve morfolojik karakteristiklerini mimari tasarımın dinamik bileşenlerinden biri hâline getirerek, doğa-tabanlı bir mimari yaklaşım geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışma, tarihî yapıların barındırdığı kültürel birikimi, topoğrafya geometrisiyle ilişkilendirerek sürdürülebilir bir tasarım hafızası inşa etmeyi ve bu bağlamda yeni bir tasarım modeli oluşturmayı hedefler. Söz konusu model, hem kavramsal açıklamalara dayalı olarak mimarinin deneyselliği ile teorik bir bağ kurmakta; hem de dijital üretim yöntemleri üzerinden bu kavramı somutlaştırarak pratik tasarım süreçleriyle ilişkilendirmektedir. Bu genel amaç doğrultusunda aşağıdaki hedeflere ulaşılması beklenmektedir:

1. Gümüşhane İli Süleymaniye Mahallesi jeomorfolojik verilerini (yer şekilleri) ve tarihi yapıların konumlarını CAD ortamında işlemek.
2. Üretken tasarım yöntemlerinden öz-örgütlenme ile tasarım süreci boyunca form arayışına yönelik jeomorfolojik kural dizilimini hücrel özdevinim yöntemiyle belirlemek.
3. Deneysel araştırma sırasında asal geometri kullanmayan bir form arayışını bir modelle ortaya koymak.
4. 3D ve 2D olarak oluşturulan formdan, mimarinin deneysellik ürünü olan dijital örüntü önerileri geliştirmek.

Çalışmanın amacına ulaşılabilmesi için belirlenen hedeflere yönelik elde edilecek çıktılar Şekil 2’de gösterilmektedir. Bu hedeflere ulaşıldığında, 21. yüzyıl tasarım trendleri

kullanılarak pavyon tasarımıyla yeni formlar üretileceği ve deneysel mimarlık düşüncesinin pratiğe döküleceği öngörülmektedir.

Amaç	Hedef	Araştırma Soruları	Çıktı
Deneysel mimarlık düşüncesini, tarihi sit alanı olan Eski Süleymaniye mahallesi jeomorfolojik veriler kullanılarak hücrel özdevinim kuralını yeni form üretimleri ile açıklamak	21. Yüzyıl deneysel mimarlık kavramını tanımlamak	21. yüzyılda deneysel mimarlık düşüncesi teknoloji ile nasıl bir değişim geçirmiştir?	Deneysel mimarlığın kavramsal ilişki grafiği
	Gümüşhane İli Süleymaniye Mahallesi jeomorfoloji analizi yapmak	Jeomorfoloji kavramının mimarlık pratiğindeki yeri nedir?	Verileri CAD ortamında işlemek
	Üretken tasarım yöntemlerinden olan öz-örgütlenme ile tasarım süreci boyunca form arayışına yönelik topografik kural diziliminin hücrel özdevinim yöntemi ile belirlemek	Deneysel mimarlık ortamında dijital tasarım yöntemleri nasıl uygulanmalıdır ve bunların kapsamı ile forma etkileri nasıl olacaktır?	Form arayışı için hücrel özdevinim kuralını belirlemek
	Deneysel araştırma sırasında asal geometri olmayan bir form arayışını bir model ile ortaya koymak	Deneysel mimarlık anlayışında, dijital tasarım yöntemlerinden olan öz-örgütlenme sistemi, tasarım teorisi ve pratiği sorunlarına nasıl bir çözüm sunmaktadır?	Tasarım modelini oluşturmak (Rhino/Grasshoper)
	3d ve 2d olarak oluşturulan formun deneysel mimarlık ürünü olarak bir öneri geliştirmek	Yeninin, geçmiş deneyimlerle kurduğu ilişki bağlamında, Hücrel Özdevinim kuralı aracılığıyla nasıl bir form üretim modeli geliştirilebilir?	21. yy Deneysel mimarlık düşüncesini dijital örüntü önerisi ile oluşturmak

Şekil 2. Çalışmanın amacı, hedefi ve çıktı tablosu

1.4. Çalışmanın Araştırma Soruları

Literatür çalışması sonucunda oluşturulan araştırma soruları şu şekildedir:

-21. yüzyılda deneysel mimarlık düşüncesi teknoloji ile nasıl bir değişim geçirmiştir?

-Jeomorfoloji kavramının mimarlık pratiğindeki yeri nedir?

-Deneysel mimarlık ortamında dijital tasarım yöntemleri nasıl uygulanmalıdır ve bunların kapsamı ile forma etkileri nasıl olacaktır?

-Deneysel mimarlık anlayışında, dijital tasarım yöntemlerinden olan öz-örgütlenme sistemi, tasarım teorisi ve pratiği sorunlarına nasıl bir çözüm sunmaktadır?

- Yeninin, geçmiş deneyimlerle kurduğu ilişki bağlamında, Hücrel Özdevinim kuralı aracılığıyla nasıl bir form üretim modeli geliştirilebilir?

1.5. Çalışmanın Kapsamı

Farklı dönemlerde ve mimarlık pratiklerinde farklı biçimlerde tezahür eden deneysel mimarlık kavramını, 21. yüzyılın tasarım yaklaşımları ve teknolojik gelişmeleri bağlamında ele almayı amaçlamaktadır. Deneysel mimarlık, yalnızca fiziksel mekânın üretimiyle sınırlı kalmayan, aynı zamanda düşünsel, kültürel ve teknolojik boyutları kapsayan çok katmanlı bir araştırma alanı olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, söz konusu kavramın tarihsel gelişim çizgisi incelenecek; modernizmin rasyonel tasarım ilkelerinden, postmodern ve dijital çağın spekülative ve etkileşimli tasarım stratejilerine kadar uzanan dönüşüm süreçleri kapsamlı bir şekilde analiz edilecektir.

Araştırma kapsamında, deneysel mimarlığın tarihsel kökenleri, teorik alt yapıları ve çeşitli dönemlerdeki temsil biçimleri göz önünde bulundurularak kavramın anlam çerçevesi oluşturulacaktır. Özellikle 21. yüzyılın dijital teknolojileriyle şekillenen tasarım ortamında deneysel mimarlığın yeniden tanımlanma biçimleri, algoritmik düşünce, parametrik tasarım, biyomimikri, veri odaklı tasarım ve sayısal üretim teknikleri gibi yenilikçi yaklaşımlar üzerinden tartışılacaktır. Dijital tasarım araçlarının sunduğu esneklik, çeşitlilik ve öngörülemezlik, deneysel mimarlığın sınırlarını genişleterek yeni bir çalışma modelinin inşasına olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda çalışma, deneysel mimarlığın yalnızca biçimsel bir arayış değil, aynı zamanda tasarım süreçlerinin yeniden kurgulanması, yeni düşünme biçimlerinin inşası ve geleceğin yapıları çevresine dair alternatif senaryoların üretimi olarak ele alınabileceğini savunmaktadır.

Kuramsal tartışmalar, çağdaş örnekler ve dijital tasarım yöntemlerinin etkileşimli kullanımı yoluyla geliştirilecek olan bu araştırma modeli hem akademik ortamda hem de tasarım pratiklerinde deneysel mimarlığın güncel ve potansiyel rollerini irdelemeyi hedeflemektedir.

1.6. Çalışmanın Literatüre Katkısı

Çalışmadan elde edilecek veriler ve çıktılar doğrultusunda literatüre aşağıdaki katkıların sağlanması beklenmektedir:

- 21. yüzyıl mimari üretimlerini algılayabilmek ve tanımlayabilmek için bir altyapı oluşturulacaktır.
- Yeni tasarım düşüncelerinin üretimine, farklı disiplinlerle çalışma ortamlarının artmasına katkı sağlanacaktır.
- Geleceğe yönelik mimari araştırmalara, yeni deneysel düşüncelerle ışık tutulması beklenmektedir.
- Jeomorfoloji (yeryüzü şekilleri/topografya geometrisi) kullanılarak tarihi çevre içerisinde sayısal tasarıma dayalı yenilikçi tasarım alternatifleri sunulacaktır.
- Fiziki verilerin parametreleri değiştikçe yeni bir model geliştirilecektir. Bu model, doğa ve dijital tasarım temelli çalışmalara yol gösterici olacaktır.
- Deneysel mimarlığın sürekli güncel kalması ve somut dijital veriler sağlaması nedeniyle, daha önce yapılmamış bu araştırma modeli tasarım alanında literatüre kazandırılacaktır.

1.7. 21. Yüzyıl Mimarisinin Düşünsel Değişimi

Geleceğin yapıları ve yapılı çevresi, yaşam biçimleriyle şekillenecek ve mimarlık, teknolojiyi doğayla harmanlayarak hem doğadan öğrenen hem de doğaya saygılı bir şekilde kullanılan bir anlayışla mümkün olacaktır. Biyomimetik büyüyen sistemler, öz-organizasyon, evrim gibi doğa olguları hem günümüz hem de geleceğin mimarlığını yönlendirecek rehberler olacaktır (Yedekçi, 2015). Bu nedenle, “gelecekte mimarlık nasıl olacak?” sorusu, “gelecek nasıl olacak?” sorusuyla bağlantılıdır.

Mimarlık burada sadece bir araç değil, yaşamı şekillendiren ve yapı ile doğa arasındaki ilişkiyi kuran bir örüntü oluşturmaktadır. Mimarlık tanımı, geleceğe yönelik dönüşen ve gelişen teknoloji ile daha belirsiz ve muğlak hale gelmektedir. M.Ö. 33-14 yıllarında Vitruvius, mimarlığı; dayanıklılık, uygunluk ve güzellik kavramlarıyla açıklarken, yıllar içinde değişen mimarlık düşüncesi, geleceğe yönelik tasarım anlayışında da bir değişkenlik göstermektedir.

21. yüzyılda mimarlık düşüncesi nasıl değişmiştir? sorusu, mimarlığın en temel tanımını sorgulamaktadır: “Yapı yapma sanat ve bilimi.” 18. yüzyılda John Ruskin, mimarlığı, heykel tasarımıyla farklı olarak, belirli bir yer için tasarlanıp, yapı prensipleri dikkate alınarak inşa edilmesi gerektiğini söylemiştir. Christian Norberg-Schulz (1980) ise mimarlık tanımında, “mimarlığın somut bir gerçeklik olduğunu, peyzaj, yerleşmeler ve binalar ilişkisiyle meydana gelen yaşayan bir gerçeklik” olduğunu ifade etmiştir. Bu tanımda, Ruskin’in bahsettiği toprak parçası üzerine inşa edilmenin somut gerçekliğe dönüşümü vurgulanmaktadır. Schulz’un tanımındaki "yaşayan bir gerçeklik" kavramı, mimarlığın dinamik yönünü, canlı bir organizma gibi sürekli değişen bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Canlı kelimesi, mimarlık ürünü ile kullanıcı arasındaki etki-tepkiyi ifade etmesi açısından önemlidir, çünkü mimarlık ürününün insan yaşamındaki yerini ve etkisini yansıtmaktadır.

21. yüzyıl mimarlık düşüncesi, dijitalleşme, sürdürülebilirlik, sosyal sorumluluk ve deneysel yaklaşımların etkisiyle 20. yüzyıldaki modernist paradigmadan belirgin şekilde farklılaşmıştır. Bu dönüşüm sadece mimari biçimlerde değil, aynı zamanda tasarım süreçleri, üretim teknolojileri ve mimarlığın toplumsal rolü üzerinde de köklü etkiler yaratmıştır.

20. yüzyılda Mies Van der Rohe (1886-1968), mimarlığı, içinde bulunulan zamanın beklentilerinin mekânsal bir yansıması olarak tanımlamış ve “mimarlığın yaşayan, değişen ve yeni” olduğunu vurgulamıştır. Frank Lloyd Wright ise “Büyük mimarların aynı zamanda büyük birer şair ve zamanlarının iyi birer yorumcusu olmaları gerekir” diyerek, mimarlığın yalnızca teknik değil, sanatsal bir yönünü de ifade etmiştir.

Le Corbusier (1887–1965), mimarın yalnızca yapının ayakta kalmasını sağlamakla sınırlı bir görev üstlenmediğini, aynı zamanda bireyde estetik ve duygusal bir etki uyandıran, onu yönlendiren ve derin bir anlam katmanı sunan şiirsel bir gücü de ortaya koyması gerektiğini vurgulamıştır. Ona göre mimarlık; kütlelerin ışık altında "doğru, ehil ve harikulade bir oyun" içinde düzenlenmesidir. Bu tanım, mimarlığın yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda metafiziksel bir alanı da kapsayan çok katmanlı bir sanat ve düşünce disiplini olduğunu ortaya koymaktadır.

Louis Kahn (1901–1974) ise mimarlığın kendisinden ziyade, bir mimarlık ürününün varlığını ön plana çıkarmıştır. Kahn’a göre, bu ürün stil ya da teknik bir metotla değil, mimarlığın özü olarak tanımladığı ruhsal bir boyutla ilişkilidir. Mimarlığı “ölçülemez, yakalanması” olarak tanımlayan Kahn, mimarlık pratiğinin yalnızca niceliksel verilerle değil, sezgi, anlam ve zamansızlıkla da biçimlendiğini ifade etmiştir. Bu yaklaşım, mimarlığı

yalnızca bir yapı üretme süreci olarak değil, insanlık durumuna dair kavramsal ve ontolojik bir sorgulama alanı olarak görmektedir.

Rem Koolhaas, “Mimarlığın geleceği, sabit formlarda değil, değişken sistemlerde gizli.” İfadesini kullanmıştır. Koolhaas, mimarlığın artık sadece bina üretmekten ibaret olmadığını; medya, ekonomi, kent politikaları gibi faktörlerle iç içe, sürekli dönüşen bir alan olduğunu savunmaktadır.

Steven Holl, mimarlığın deneysel olması gerektiğini ve yeni düşüncelere, hayallere açık bir alan oluşturması gerektiğini savunur. Değişen yaşam biçimleri ve bilimsel-teknolojik gelişmeler, mimarlığı farklı boyutlara taşımıştır. Mimara düşen görev ise, geçmişin ve alışlagelmişin tekrarı yerine, yeniliklere açık ve deneysel olmaktır.

Bernard Tschumi, mimarlığı endüstri, sosyoloji, politika ve ekolojinin kesişimi olarak tanımlayan sistem teorilerini eleştirmekte ve mimarlığın, dışsal alanlarda anlam ve bağlam bulmadan var olup olamayacağını sorgulamaktadır.

Patrick Schumacher, parametrik düşünce ile, “hem Modernist monotonluğunun kalan kalıntılarıyla hem de Modernizmin çöküşünün ardından ortaya çıkan kentsel kaosu karmaşık bir süreci, doğanın kendi kendini organize eden süreçlerinden ilham alan alacalı düzen” olarak tanımlamaktadır (Schumacher, 2010).

Toyo Ito, “21. yüzyılda mimarlık, doğa ile insanın yeniden ilişkilendiği bir dildir.” Söylemi ile doğa temelli yaklaşımlara vurgu yapmıştır. Ito, teknolojinin doğayı taklit ederek değil, onunla simbiyotik bir ilişki kurarak kullanılmasını savunmaktadır.

Bjarke Ingels (BIG Architects) ise “Mimarlık, idealizm ve pragmatizmin buluştuğu yerdir.” ifadesini kullanmıştır. Ingels, mimarlığın sadece estetik değil, aynı zamanda ekonomik, sürdürülebilir ve eğlenceli olması gerektiğini savunmaktadır. “Hedonistik sürdürülebilirlik” kavramını geliştirmiştir (2009).

Weinstock’a (2004) göre, mimarlık ve tasarım disiplinde karmaşık, çözülemeyen ya da tahmin edilemeyen form ve hesaplamaların teknoloji yoluyla algılanıp çözülebilmesi ve yeniden oluşturulabilmesi, deneysel bir mimari anlayışın başlangıcını oluşturmuştur. 21. yüzyıl mimarlığı, yalnızca formel bir estetik üretmekle kalmaz; çevreyle, toplumla ve teknolojiyle yeni ilişki biçimleri kurar. Mimar, artık sadece “tasarlayan” değil; aynı zamanda “sistem kuran”, “veri işleyen”, “soru soran” ve “geleceği öngören” bir aktör hâline gelmiştir.

1.7.1. Deney ve Deneysellik Kavramı

Deneysellik, tarihsel süreçte şekillenmiş en önemli entelektüel paradigmlar arasında yer almaktadır. Kavramsal çerçevesi mutlak olarak belirlenemeyen ve sınırları net bir şekilde çizilemeyen bu yaklaşım, kimi zaman tartışmalı bir zemin üzerinde değerlendirilmektedir. Ancak tarihsel bağlamda deneyelliğin kökeni, düşünsel sorgulamalar ve zihinsel denemeler aracılığıyla biçimlenen bir dizi entelektüel pratiğe dayanmaktadır. Bu bağlamda deneyellik, yalnızca soyut düşüncenin değil, aynı zamanda bu düşüncenin somut eylemlere dönüştüğü bir evreyi ifade etmektedir.

Nitekim deneyellik, Isaac Newton, Arşimet ve Galileo Galilei gibi bilim insanlarının düşünsel düzlemde ortaya koydukları kuramları, gözleme ve uygulamaya dayalı biçimlerde test ederek bilimsel bilgiye dönüştürdükleri bir epistemolojik aşama olarak kabul görmektedir (Kuhn, 1977; Shapin, 1996). Bu çerçevede, deneyellik olgusunun kavramsal zeminini daha derinlemesine anlayabilmek için, öncelikle “deney” kavramının felsefi ve bilimsel bağlamda incelenmesi gerekmektedir. Deney, düşüncenin tamamlanması olarak nitelendirilir ve yalnızca insanlar tarafından yapılabilen bir eylem olarak kabul edilmektedir. Kavram olarak deney, gözlem, duyu ve bilincin bir araya gelmesiyle elde edilen algıların tümü olarak tanımlanmaktadır (Hançerlioğlu, 1976: 290). Woods’un (2010) tanımına göre, “deney, bir fikir ya da hipotezin gerçekte işleyip işlemediğinin test edilmesidir. Diğer bir deyişle, deney, hipotezin yaratılmasından farklıdır; bu, pratiğin alanında yer alır. Deney ise kuram ile pratik arasında bir ara alandır” (Şentürk, 2011).

Teknolojinin ilerlemesiyle, 20. yüzyılda dönemin mimarlık yaklaşımları tartışma konusu olmuştur. Archigram grubu, dönemin mimarlık anlayışına paralel olmayan bir yaklaşımla deneysel mimarlık ürünleri ortaya koymak amacıyla çalışmalarını artırmıştır. 1970 yılında, Archigram’ın kurucularından Peter Cook, "Experimental Architecture" adlı kitabında ilk kez “Deneysel Mimari” kavramını ortaya atmıştır (Dönmez ve Kalaycı, 2018).

Deneysel mimarlık üretim sürecinde mevcut durumlar analiz edilip, bilinen yöntemlerin dışına çıkılır; var olan mimarlık üretim süreçleri eleştirilir ve bu süreçlerin sunduğu geleneksel çözümler reddedilir. Bu bağlamda, tasarımın sonuçları değerlendirilerek, geri bildirim mekanizmaları sayesinde bir sonraki denemeler için yeni alternatifler ortaya çıkarılır (Şentürk, 2011). Deleuze’ün “oluş” (becoming) fikri, mimarlık pratiğini sabit formların ötesine taşımaktadır; yapıyı sürekli bir yaratım süreci olarak kavramaktadır. Bu yaklaşım, mimarının yalnızca bitmiş nesnel formlardan ibaret olmadığını,

aksine yeni mekânsal deneyimlere ve öznellik biçimlerine açılan bir süreç olarak ele alınmasını sağlamaktadır. Deleuze'e göre, mimari tasarım bir "oluş hattı"dır ve bu hat, yapısal ve zamansal akışların kesişiminde yeni biçimler doğurmaktadır (Deleuze & Guattari, 1980). Bu perspekti, gelecek odaklı deneysel mimaride sürekli dönüşen modüler sistemler, adaptif malzemeler ve parametrik formların kuramsal zeminini güçlendirmektedir. Tafuri mimarlık tarihini salt bir anlatı veya nostaljik bir kayıt olarak değil, üretim ilişkileri ve ideolojilerin yapı üzerindeki etkilerini deşifre eden bir eleştiri alanı olarak konumlandırmaktadır (Tafuri, 1976). Eleştirel tarih yöntemi, mimari pratiğin sosyo-ekonomik bağlamlardan bağımsız ele alınamayacağını vurgular; bu da deneyselliğin yalnızca teknolojik yeniliklerle değil, aynı zamanda ideolojik dönüşümlerle de şekillendiğini göstermektedir. Geleceğe yönelik deneysel mimaride, Tafuri'nin yaklaşımı, pavyon ve geçici yapıların politik ve ekonomik ekipman olarak nasıl okunabileceğine dair derinlemesine analiz imkânı sunmaktadır. Kwinter, mimari üretimi durağan nesneler yerine karmaşık, çok bileşenli sistemlerin etkileşimleri olarak okumaktadır (Kwinter, 2001). Dinamik sistemler kuramı, mimarlıkta kendini örgütleyen malzemeler, geri beslemeli yapısal düzenekler ve canlı benzeri süreçler üzerine odaklanmaktadır. Bu kuramsal çerçeve deneysel mimaride algoritmik tasarım, yapay zekâ destekli biçim üretimi ve sürdürülebilir adaptasyon gibi dinamik yaklaşımların temelini oluşturmaktadır. Sanford Kwinter (2001), mimarlığı yalnızca formel çözümlemelerle değil, bir entropik sistem, bir akış yapısı olarak düşünmektedir. Ona göre mimarlık, durağan bir nesne değil, kuvvetlerin ve etkilerin etkileşimiyle ortaya çıkan dinamik bir organizmadır. Deneysel mimarlık bu açıdan, yapıların yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda toplumsal, çevresel ve dijital girdilerle biçimlendiği çok katmanlı bir süreç olarak vurgulanmaktadır. Geçici yapılar ve pavyonlar, bu çoklu etkileşimin prova alanları olarak değerlendirilebilir. Özellikle dijital tasarım tekniklerinin (parametrik modelleme, yapay zekâ destekli tasarım, vb.) kullanıldığı pavyon örnekleri, Kwinter'in teorik çerçevesi içinde kendini uyarlayabilen, dönüşen ve bilgiyle evrilen bir mimarlık anlayışına işaret etmektedir.

1.7.2. 21. Yüzyılda Mimarinin Deneyselliği

Tanyeli'nin deneysellik her şeyden önce muhalefet demektir söylemi, geleneksel tasarım düşüncesine karşıt bir sınır çizmektedir (Dündar akt. Tanyeli, 2000). Bu söylem, geleneksel tabuları yıkarak, trendleri takip etmektense, muğlak ve özgün tasarımlar

üretmenin önemini vurgulamaktadır. Günümüz mimarlık ve tasarım alanlarının tartışma konularından biri, dijital entegrasyonun artmasıyla ortaya çıkan serbest, kontrolsüz ve bağlamsız tasarımlardır. Bu tür tasarımlar, tasarım düşüncesinin farklı perspektiflerle olgunlaşmasını sağlasa da çeşitliliğin artması işlevsizlik gibi istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Buna rağmen teknolojinin ilerlemesi, daha önce imkânsız veya hayal bile edilemeyen tasarımlara olanak tanımaktadır. Geleneksel yaklaşımlardan saparak inşa edilen yaşam alanlarının nasıl kullanıldığı, yapıların hangi malzeme ve tekniklerle üretildiği ve üretilen çıktıların nasıl bir araya getirildiği gibi konular, geleceğe yönelik tartışmaların odağını oluşturuyor. Yeni bir düşüncenin ortaya konması zamanla toplum tarafından kabul gördüğünde, bu düşünce deneysel bir yaklaşımdan çıkarak sorgulanan ve karşıt görüşlerin doğduğu geleneksel bir duruma dönüşebilir. Bu süreç, geçmiş ve gelecek arasında tasarım ve mimaride deneyselliğin gelişerek sürekli bir evrim geçirmesine neden olmaktadır.

Deneysel mimarlık, mimarlık ve araştırma pratiğinin vizyoner bir dalıdır. Değişim yaratmayı ve daha önce görülmemiş biçimleri araştırmayı amaçlayan bu alan, teknolojinin gelişmesiyle sürekli olarak dönüşmektedir. Yerleşik mimari gelenekleri sorgulamak ve değiştirmek hedeflenmektedir. Deneysel Mimari Grubu (EAG), yaşam dünyasını simgeleyen çeşitliliği güçlendirmeyi ve zorlu, "kötü" mimari bağlamların potansiyelini keşfetmeyi amaçlayarak prototipler kullanır ve etik olarak bilgilendirilmiş bir "ekolojik" çerçeve benimsemektedir (URL 1).

SA Rogers'ın "Deneysel Mimari: Yaşayan Laboratuvarlarda Yeni Fikirleri Test Etme" başlıklı makalesi, deneysel mimarinin yenilikçi özelliklerini malzeme, kullanım ve üretim başlıkları altında incelemektedir. Rogers'a göre deneysel mimari, insanların doğa ile ilişkili ihtiyaçlarını ve zorluklarını karşılamak için yeni yollar keşfederek düşsel bir yol inşa etmektedir. Bu süreç, dünya trendlerinin değişimiyle mimarlık ve tasarım alanında da etkisini gösterir; geleneksel görünüm ve işlev, bu değişimden büyük ölçüde etkilenmektedir (URL 2).

Tarihsel süreç içerisinde deneysel mimarlık, yaşam trendlerinin değişmesine rağmen aktif bir rol üstlenmeye devam etmiştir. 1990'larda post modern mimarlık anlayışı, Dekonstrüktivist Mimarlık sergisi ile yerini dekonstrüktivizme bırakmıştır. O dönemde "yeni modernizm" olarak görülen bu anlayış, "form, fanteziyi izler" söylemiyle güçlenmiştir (Gympel, 2018). Bu dönemde, malzeme, biçim ve tekniğin farklı, yeni ve doğrudan kullanımı ile şekillenen mimari yapılar oluşturulmuş ve geleneksel mimari anlayışları sarsarak sorgulanmıştır.

Zaha Hadid, tasarım anlayışında bütünsel bir yaklaşım benimseyerek, düşsel estetik ile yeni uzamsal konseptlere dayalı deneysel tasarımlar üretmektedir (Borden, D.; Elzanowski, J.; Lawrenz, C.; Miller, D.; Smith, A. ve Taylor, J., 2015). Hadid'in bu yaklaşımı, geleneksel olmayan yöntemler ve farklı malzemeler kullanarak keşif duygusunu uyandıran karmaşık ağlar oluşturmaktadır. Tasarımlarında çoklu perspektif noktaları ile biçimi görünür kılarak, deneysel mimarının biçimsel ve tasarım araçları üzerinde gelişim sağlamaktadır. Bu sayede, izleyiciler için dinamik ve çığır açan bir mimari deneyim sunmaktadır.

Geleceğe yönelik tasarım tartışmalarında, sürdürülebilirlik ve doğa ile uyum içinde olmayı hedefleyen yeni malzeme arayışı önemli bir yer tutmaktadır. Bu süreç, doğayı koruma, kirliliği azaltma ve çevresel etkileri en aza indirme gibi amaçlarla paralel bir yol izlemektedir. Teknolojik yeniliklerin sağladığı imkanlar doğrultusunda multidisipliner bir çalışma alanı geliştirilerek, yeni malzemelerle mimari formlar, üretim teknikleri ve tasarım süreçleri yeniden şekillendirilmektedir. Atık malzemelerden üretilen nano selüloz, 3D baskı ile yapılan kumtaşı, atmosferdeki CO₂ gazını emen çimento gibi yenilikçi malzeme üretimleri, bu süreçte etkili bir rol oynamaktadır.

Deneysel mimari süreci, birçok parametre ve farklı ölçekteki üretimlerle geliştirilmektedir. Şekil 3'te gösterilen örnekte Singapur'daki doğadan ilham alınarak tasarlanan projede, güneş enerjisi ile enerji üretimi sağlanırken, aynı zamanda yağmur suyu toplanıp kullanıma sunulmaktadır. Bu projede, biyomimikri tasarım anlayışı doğrultusunda ağaçlardan esinlenilen formlar ve işlevler kullanılmıştır. Bu tür projelerde, sadece biçimsel tasarımlar değil, doğadan öğrenilen bilgi ile doğa unsurlarının tasarıma entegre edilmesi de büyük bir öncelik kazanmıştır. Bu bağlamda, doğa ile uyumlu sürdürülebilir tasarımlar geleceğe yönelik araştırmaların temelini oluşturmakta ve çevre dostu çözümler geliştirmektedir. Bu süreç, sadece mimari biçimleri değil, aynı zamanda mimarlık pratiğinin temel anlayışlarını yeniden şekillendiren ve doğaya dayalı sürdürülebilir tasarımlar oluşturan bir paradigma dönüşümünü işaret etmektedir.



Şekil 3. Singapur'daki Pavyon Tasarımı (URL 2)

Deneysel mimarinin gelişiminde, malzeme formunun yanı sıra üretim teknik ve süreçlerinin de önemli bir rolü vardır. Stuttgart Üniversitesi'nin öğrencileriyle iş birliği içinde gerçekleştirdiği pavyon tasarımları, bu sürecin somut örneklerindendir. Her yıl farklı malzemeler ve bu malzemelere uygun üretim araçları ile yapılan tasarımlar, deneysel form arayışlarını özgün ve farklı çalışmalarla ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, malzemenin özelliklerini ve ona uygun üretim tekniklerini kullanarak, mimarlıkta inovatif ve yenilikçi sonuçlar elde etmeyi hedeflemektedir. Örneğin Şekil 4'teki çalışmada, örümcek ağlarının fiziksel özellikleri incelenmiş ve örümceklerin ağ örme süreci robotik araçlarla taklit edilmiştir. Bu tür çalışmalar, mimaride deneysellik niteliği kazandırarak form arayışlarını yeniden şekillendirmektedir.



Şekil 4. Stuttgart Üniversitesi Pavyon Tasarımı (URL 2)

Deneysel mimarlık, tarihsel süreçler boyunca varlığını sürdürmüş olsa da kavram olarak 1970'li yıllarda Peter Cook'un "Experimental Architecture" kitabı ile daha belirgin bir hale gelmiştir. Peter Cook'un içinde bulunduğu Archigram firması, deneysel mimarlığı benimsemiş ve kullanmıştır. Archigram, geleneksel mimarlık anlayışına karşı çıkmış, teknolojinin sunduğu imkanları kullanarak yenilikçi ve sıra dışı tasarımlar üretmiştir. Bu yaklaşım, mimarinin sabit kurallarına meydan okuyarak, farklı malzeme, form ve yapım tekniklerinin birleşiminden yeni mimari üretim süreçlerinin doğmasına öncülük etmiştir. Bu, mimarlıkta hem düşünsel hem de pratikte bir devrim niteliğindedir.

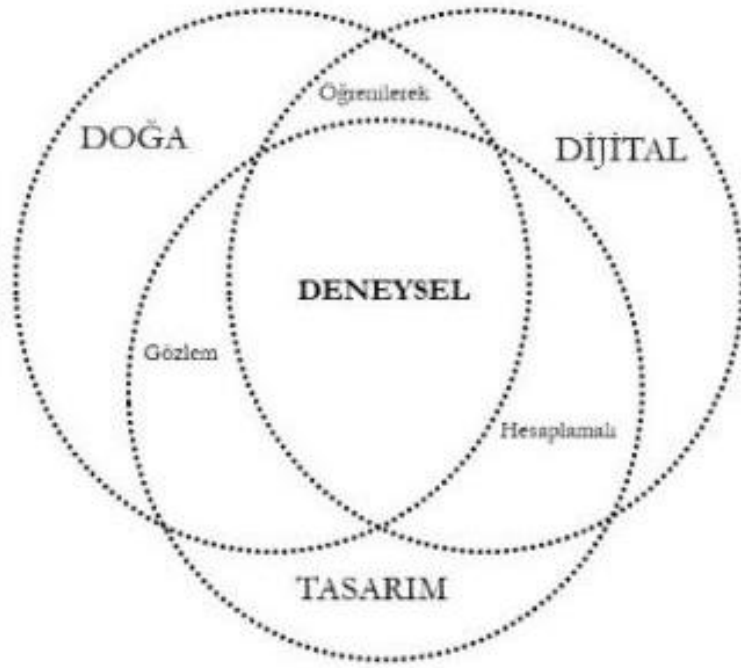
Deneysel mimarlık, tarihsel olarak mimari üretimlerde yer almış olsa da kavram olarak 20. yüzyıldan itibaren daha net bir şekilde kullanılmıştır. 20. yüzyılda, dönemin yaşam şartlarına bağlı olarak, mimari anlayış standartlaşan ve sadece biçime dayalı mimari üretimlere karşı çıkmıştır. Bu dönemde sanattan ilham alan mimarlar, donuk ve tek tip olan mimari tasarımlara yenilikçi ve yaratıcı yaklaşımlar getirmek amacıyla teknolojiyi kullanmışlardır. Teknolojinin ilerlemesi, özellikle bilgisayarın kullanım alanlarının artması ve tasarım araçlarının gelişmesi, malzeme, biçim ve üretim tekniklerinde yeni olanaklar tanımıştır. Bu sayede, ütöpik, distöpik ve düşsel mimari tasarımlar ortaya çıkmıştır. Teknolojinin mimaride sunduğu bu sınırsız olasılıklar, bazı mimarlık toplulukları tarafından tepkiyle karşılanırken, diğerleri ise heyecan ve merakla deneysel tasarımları keşfetmeye başlamıştır.

Deneysel mimarlık, fiziksel olarak inşa edilemeyen yapılar üzerinden geleceğe yönelik düşünsel kurgular inşa etmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, mimarlık disiplininde süreklilik, değişkenlik ve dönüşüm ilkelerini temel alarak her yeni tasarımın, kendisinden öncekiyle karşılaştırıldığında özgün bir yorum ve farklılaşma içerdiği dinamik bir süreci temsil eder. Bu bağlamda, tasarım sürecinde karmaşık sonuçlara ulaşmak amacıyla basit kuralların uygulanması, çıktılarda öngörülemezliğe neden olmakta ve bu durum araştırmacılar için önemli bir deneysel alan açmaktadır. Dolayısıyla, deneysel mimarlık yalnızca form üretimi değil, aynı zamanda günümüz tasarım düşüncesinin yeniden inşası için kritik bir çerçeve sunmaktadır.

Dijital ortamda gerçekleştirilen tasarım süreçlerinde belirli parametreler doğrultusunda biçimlenen bu kurgu, teknolojiyi yalnızca bir araç olarak değil, aynı zamanda tasarım düşüncesini yapılandıran ve organizasyonu şekillendiren etkin bir sistem olarak kullanmaktadır. Verilerin seçimi, düzenlenmesi ve algoritmik süreçlerle yeniden

yapılandırılması, tasarımda sonsuz olasılıkların ortaya çıkmasına imkân tanır. Bu süreç, doğa temelli düşünce yaklaşımlarından beslenir ve "büyüme, yenilenme, gelişim, değişim ve dönüşüm" gibi kavramsal alt temalar etrafında şekillenmektedir. Böylece tasarıma kimlik kazandıran bu kavramlar, mimari üretimi canlı, davranışsal ve çevresel uyarıcılara tepki verebilen bir yapıya dönüştürmektedir.

Deneysel tasarım yaklaşımları, disiplinler arası sınırları geçirgen hâle getirerek yeni epistemolojik alanların açılmasına olanak sağlamaktadır. Bu geçişken yapı, doğa ile dijital teknolojiler arasındaki kesişim noktasında alternatif tasarım senaryolarının geliştirilmesine imkân tanımaktadır. Bu bağlamda deneysel yaklaşım, tasarımın potansiyelini artıran ve mimarlık düşüncesinin evrimsel seyrine katkı sunan güçlü bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Mimarinin Deneysellliği Grafiği (Çelenk, 2021)

Deneysel mimarinin, dünyadaki problem oluşturan nedenlere karşı sunduğu çözümler, genellikle dijital mimari ve biyoteknolojilerin kesişiminde şekillenmektedir. Bu alandaki yeni gelişmeler, daha önce imkânsız görünen çözümleri mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte, deneysel mimarinin sınırlarının belirsiz olması ve ölçülebilirlik eksiklikleri, sürdürülebilir bir gelişmenin önündeki engellerden biridir. Özellikle son yıllarda üniversitelerdeki laboratuvarlarda yapılan deneysel üretimler artmış, doğa ve teknoloji

kesitinde geliştirilen yeni tasarım yaklaşımları ve üretim tekniklerine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Doğadaki biyolojik, hayvansal, genetik ve topografik sistemlerden ilham alınarak yapılan bu çalışmalar, tasarım süreçlerine yenilikçi ve organik çözümler sunmaktadır. Bu bağlamda Biyo-dijital tasarım yaklaşımı öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, topografik veriler ve üretken tasarım yöntemleri kullanılarak tasarım kuralları oluşturulmasını ve bu kurallar doğrultusunda iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesini hedefler. Bu süreç, deneysel mimarinin doğaya dayalı sistemlerle olan ilişkisini vurgulayarak tasarım dünyasında önemli bir dönüşüm yaratmaktadır.

Lebbeus Woods'un *Radical Reconstruction* (1997) adlı eseri, deneysel mimarlık kavramının teorik zeminde biçimlenmesini ve mimari uygulamalarla somutlaştırılmasını sağlayan önemli bir kaynak niteliğindedir. Woods, mimarlığın yalnızca fiziksel mekân üretimiyle sınırlı olmayan, aynı zamanda toplumsal, politik ve bireysel travmalarla ilişkili yeni mekânsal tahayyüller geliştiren bir düşünce pratiği olduğunu savunur. Bu bağlamda *Radical Reconstruction*, geleneksel mimarlık normlarının ötesine geçerek, savaş sonrası yıkım, travma ve yeniden inşa süreçlerine odaklanan deneysel projeleri aracılığıyla mimarlığın dönüştürücü gücünü tartışmaya açmaktadır.

Woods'un 1988 yılında kurduğu *Institute for Research in Experimental Architecture* (Deneysel Mimarlık Araştırma Enstitüsü), bu dönüşümsel yaklaşımın kurumsal bir temsili olarak faaliyet göstermiştir. Enstitü bünyesinde geliştirilen projeler, mimari biçim ve mekân üretiminin sınırlarını zorlayan, yenilikçi ve spekülasyon tasarımlarını temel alan çalışmalar olarak dikkat çekmektedir. Bu projeler arasında yer alan *Underground Berlin*, yeraltı yaşam biçimlerine ilişkin alternatif bir kentsel senaryo sunmaktadır. Proje hem yeraltı mekânlarının potansiyelini araştırmakta hem de mimarlığın geleceğe yönelik, varsayımsal yaşam kurguları yaratma gücünü ortaya koymaktadır. Bu yönüyle *Underground Berlin*, deneysel mimarinin yalnızca mevcut koşulların eleştirisini yapmakla kalmayıp, aynı zamanda alternatif yaşam alanları üretme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Woods'un çalışmaları, mimarlığın deneysel bir araç olarak kullanılması yoluyla, belirsizlik, değişim ve kriz anlarında bile yaratıcı çözümler üretebileceğini savunmaktadır.

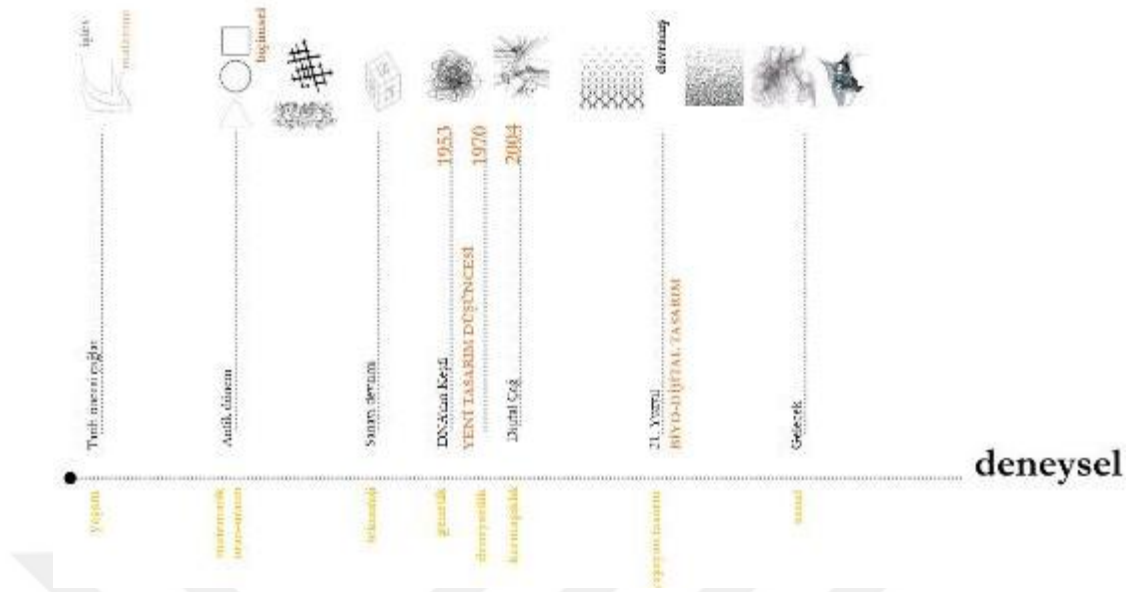
Dönmez ve Kalaycı'nın (2018) yaptığı çalışmada, *Serpentine Pavilyonları* örneği üzerinden deneysel mimarinin Vitruvius'un üç temel ilkesine (*venustas*, *firmitas*, *utilitas*) nasıl uyduğuna bakılmıştır. Yazarlara göre, deneysel mimarinin ölçülemez olmasına rağmen, mimarlıkta deneyselliği ölçülebilir araçlarla değerlendirmek, düzensizliğin

rastlantısallığından kaçınmak açısından önemlidir. Deneyselliğin sınırsız sınırlarında yarattığı yaratıcı potansiyel, özellikle olumlu sonuçlar doğurabilmektedir.

Bir diğer deneysel mimarlık araştırmacısı olan Rachel Armstrong, 2019 yılında yayımladığı *Experimental Architecture: Designing the Unknown* adlı kitabında, deneysel mimariyi "canlı mimari" olarak adlandırdığı yeni bir tasarım anlayışı ile açıklamaktadır. Armstrong, doğadaki canlı organizmaların özelliklerini binalara entegre ederek, yaşayan bir yapı oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, geleneksel tasarım ilkelerine karşı çıkarak özgün ve özgür bir mimari düşünce pratiği ortaya koymaktadır.

Deneysel mimarlık kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar, çoğunlukla belirli bir probleme odaklanan araştırmalara dayanmaktadır. Bu problem temelli yaklaşımlar, yalnızca fiziksel çözümler üretmeyi değil, aynı zamanda yaratıcı ve düşünsel süreçleri de kapsayan deneysel öneriler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle her çözüm önerisi, deneysel sürecin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilir ve sürecin kendisi kadar sonucu da sorgulayıcı ve yenilikçi bir nitelik taşımaktadır. Bu durum, deneysel mimarlığın yalnızca teknik bir faaliyet alanı olmadığını; aynı zamanda yaratıcı problem çözme, eleştirel düşünme ve alternatif üretim biçimleri içeren bir düşünce pratiği olduğunu ortaya koymaktadır (Schön, 1993).

Deneysellik kavramı, mimarlık disiplininde dönemsel eğilimler doğrultusunda alışılmadık, öngörülemeyen ve yenilikçi çıktılar üretme olanağı sunarak normatif tasarım anlayışlarını sorgulayan bir çerçeve oluşturmuştur. Tarihsel süreçte doğadan ilham alınarak üretilen mimari formlar genellikle geometrik açıdan daha belirgin, tanımlı ve sade iken; günümüz tasarım ortamına dijital teknolojilerin entegre edilmesiyle birlikte bu formlar daha belirsiz, karmaşık ve muğlak bir karakter kazanmıştır. Bu biçimsel dönüşüm, yalnızca görsel düzeyde değil, aynı zamanda mimarlığın doğasına ve tasarım süreçlerine dair ontolojik bir değişimi de yansıtmaktadır (Şekil 6). Deneysel mimarlığın geçirdiği bu evrim, gelecekte tasarım ve üretim süreçlerinin nasıl şekilleneceğine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Teknoloji ile doğa temelli düşüncenin kesişiminde gelişen bu yaklaşım, mimarlık disiplinine yalnızca biçimsel yenilikler değil, aynı zamanda metodolojik ve düşünsel açılımlar da kazandırmaktadır.



Şekil 6. Tarihsel süreçler boyunca deneysel kavramının yeri (Çelenk, 2021)

Gelişen teknoloji, deneysellik kavramının tasarımdaki yerini derinden değiştirmiştir. Bu değişim, geleneksel tasarım anlayışlarından farklı olarak, tasarım süreçlerinin dinamik, etkileşimli ve gelişen bir yapıya dönüşmesine olanak tanımaktadır. Bugün, deneysel tasarım çalışmalarında ortaya çıkan sonuçlar, çoğunlukla muğlak sınırlar ve belirsizlikler ile değerlendirilmektedir. Bu tür çalışmalar, enstalasyonlar, prototipler, modeller, çizimler ve dijital üretim araçlarıyla desteklenen deneysel çıktılar sunmaktadır. Tasarım sürecinde kullanılan farklı araçlar birbirini destekleyerek geri besleme mekanizmaları oluşturur, böylece tasarımcılar yanlıgıları azaltarak daha verimli bir sonuca ulaşabilmektedir.

Deneysel tasarım süreçlerinde, ilk fikirlerin ortaya atılmasından sonrasına kadar devam eden bir bilgi birikimi süreci söz konusu olmaktadır. Bu süreç boyunca tasarımcılar, sürekli öğrenme, deneme ve yanılısama ile birbirini besleyen fikirler geliştirebilirler. Deneysel çalışmalar, farklı tasarım araçlarını tanımayı ve mevcut problemlere yönelik alternatif çözüm yolları geliştirmeyi mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, tasarımın doğrusal olmayan, çok yönlü ve dinamik bir süreç olarak gelişmesini sağlamaktadır. Tasarımcılar, deneysel süreçler boyunca sadece sonuca ulaşmakla kalmaz, aynı zamanda süreçle ilgili deneyim kazanarak, daha sonraki adımlar için daha sağlam temellere sahip olmaktadır.

Dewey'in (2007) tanımında vurgulanan "deneyim içerisinden, deneyim yoluyla ve deneyim için bir gelişim süreci" kavramı, deneysel tasarım sürecinin ne denli önemli olduğunu gösterir. Bu süreçte, her aşama bir önceki aşamadan öğrenilen bilgilerle şekillenir

ve sürekli bir etkileşim halindedir. Sezgisel, kurgusal ve deneysel işleyişin bir arada olduğu bu süreç, beklenmedik durumların ortaya çıkmasına ve yeni, yaratıcı çözümlerin gelişmesine olanak tanır. Deneysel tasarım süreci bu nedenle, katmanlı ve belirsizliği yüksek bir alan olarak, tasarımcıların yenilikçi ve özgün fikirler üretmelerini sağlamaktadır.

Sanford Kwinter, çağdaş mimarlık kuramında biçim, zaman ve madde ilişkisini yeniden düşünmeye çağıran önemli kuramcılardan biridir. Kwinter'in ortaya koyduğu dinamik sistemler kuramı, mimari üretimi statik ve tamamlanmış bir nesne olarak değil, sürekli değişen, etkileşim hâlindeki süreçlerin sonucu olarak kavrar. Bu yaklaşım, özellikle deneysel mimarlık pratiklerinin kavramsal temellendirilmesinde önemli bir kuramsal altyapı sunmaktadır.

Kwinter'in düşüncesi, kısmen fiziksel sistem kuramları ve Deleuze-Guattari'nin "oluş" felsefesi ile paralel olarak şekillenmektedir. Ona göre, bir mimari yapı, yalnızca geometrik bir düzenleme değil; enerji, madde, bilgi ve zamanın etkileşimli bir sistemidir (Kwinter, 2001). Bu doğrultuda üç temel kavram ön plana çıkmaktadır:

Zamansallık, mimari yapının lineer bir tasarım sürecinden çok, zaman içinde evrilen olay-biçimlerinin toplamı olduğunu ifade etmektedir. Kwinter bu durumu, "Architecture is... the choreography of event-forms distributed across time" (2001) sözleriyle açıklamaktadır. Karmaşıklık, biçimin sabit geometrik normlar yerine, etkileşim hâlindeki kuvvetler ve etkilerin sonucu olduğunu belirtmektedir. "Form is the result of complex interactions of force, not of abstract geometries" (Kwinter, 1996) diyerek bu düşüncüyü desteklemektedir. Adaptiflik kavramı, yapıların yalnızca statik nesneler değil; çevresel, toplumsal ve teknolojik değişkenlere yanıt verebilen dinamik sistemler olması gerektiğini öne sürmektedir. Bu bakış açısı, sabit ve öngörülebilir tipolojiler yerine, dönüşebilen ve değişime açık mekânsal kurguların gerekliliğini vurgulamaktadır (Kwinter, 2004). Adaptif sistemler, mimarlığın yalnızca fiziksel bir çevre üretimi olmadığını, aynı zamanda değişken koşullarla etkileşim kurabilen bir organizma gibi işleyebileceğini ortaya koymaktadır.

1.7.3. Deneysel Mimari ve Jeomorfoloji Kavramı

Topografya, mekân ve yerle ilgili önemli bir kavram olarak hem fiziksel hem de kültürel anlamda bir yerin nasıl şekillendiğini, bu yerin insanla ve doğayla ilişkisini anlamamıza yardımcı olur. Topografyanın kökeni, Yunanca "topos" (yer) ve "graphein" (yazmak) kelimelerinden türetilmiştir ve bu, yerin özelliklerini harita üzerinde gösterme

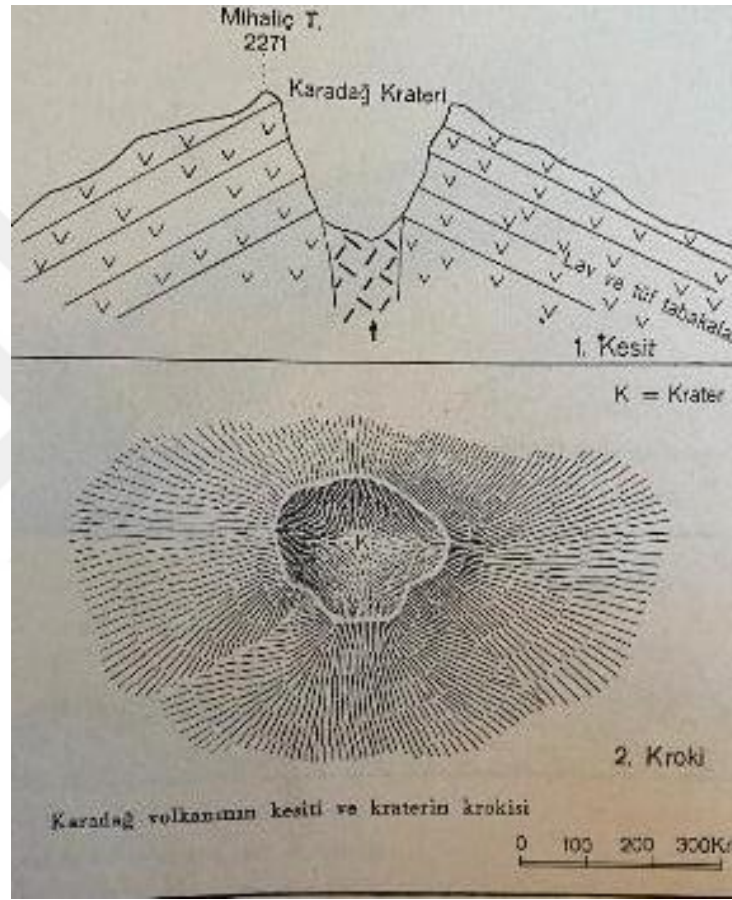
süreci olarak tanımlanabilir. TDK'ya göre, topografya bir kara parçasının doğal engelleri ve özelliklerini çizgilerle gösterme işi olarak ifade edilir. Ayrıca Longman Dictionary of Contemporary English'e göre, topografya bir alanın, özellikle arazi şekil ve yüksekliklerinin tanımlanıp harita haline getirilmesi bilimi olarak yer almaktadır.

Topografya kavramı, zaman içinde farklı düşünsel ve bilimsel bakış açılarıyla evrilmiştir. Örneğin, M.S. 2. yüzyılda Ptolemaios'un (Batlamyus) "coğrafya," "topoğrafya" ve "khorografya" terimlerini ayrıştırarak, topografyanın yerin geometrik esaslarla tanımlanan nesnel bir bilgi olarak ele alınması, Batı'nın Rönesans dönemi temsil anlayışının temellerini atmıştır. Burada, topografya insan dışı, soyut bir yer bilgisi olarak kabul edilirken, "khorografya" yani mekân, insana tabi olan bir yapıyı ifade ederek doğrudan insanın yerle ilişkisini, ona dair deneyimlerini ortaya koymaktadır.

Topografyanın, mekân tasarımında nasıl bir öneme sahip olduğu da vurgulanmalıdır. Mimari tasarım, coğrafi, fiziksel ve sosyal verilerle şekillenmektedir. Tasarımcılar, harita ve topoğrafya verileri gibi temel bilgileri kullanarak, fiziksel özelliklere göre yerin şekil ve özelliklerini belirlemektedir. Bu bilgiler, tasarım sürecinde sadece analiz yapmakla kalmaz, aynı zamanda bu veriler üzerinde yapılan çalışmaların uygulamaya dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda harita, tasarımcılar için bir temel oluşturmakta ve üzerinde yapılan hesaplamalar, analizler ve çalışmalara dayalı olarak gerçek bir tasarım çözümü ortaya çıkarmaktadır.

Topografyanın, yeryüzü şekillerinin incelenmesi açısından jeomorfoloji ile kesiştiğini de söylemek mümkündür. Jeomorfoloji, yeryüzü şekillerini ve bu şekillerin nasıl oluştuğunu, evrimlerini araştıran bir bilim dalıdır. Bu bilim dalı, özellikle yer şekilleri üzerindeki morfometrik özellikleri, oluşum süreçlerini ve bu şekillerin zaman içindeki değişimlerini incelemektedir. Jeomorfolojinin, topoğrafyanın gelişimi ve değerlendirilmesinde önemli bir yeri vardır çünkü topografya, jeomorfolojik verilerle şekillenir ve bu veriler ışığında doğal sistemlerin nasıl organize olduğu anlaşılabilmektedir. Bununla birlikte, yeryüzü şekillerinin düzensizliği, doğanın fraktal yapısını yansıtan bir özellik göstermektedir. Fraktal geometrisi, doğadaki dağlar, nehirler ve kıyılar gibi şekillerin tekrarlar sonucu oluşan karmaşık formlarını açıklamak için kullanılmaktadır. Bu anlayışa göre, her bir dağ veya nehir yüzeyi, büyüklük farklarıyla birlikte aynı geometrik yapıyı içermektedir. Bu fraktal yapı, topografyanın doğanın kendine has düzensizliğini ve bu düzensizliğin zamanla nasıl tekrar eden ve değişen bir düzen oluşturduğunu anlamamıza yardımcı olmaktadır.

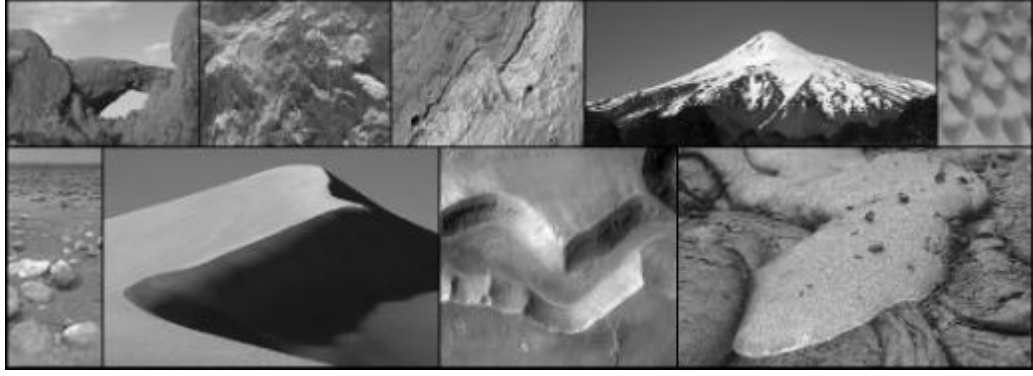
Topografya, mekânın fiziksel biçimlerini anlamamıza yardımcı olan bir bilim dalı olmasının yanı sıra, tasarım süreçlerinde de temel bir araç olarak önemli bir rol üstlenmektedir. Yerin şekil ve özelliklerini kavramaya yönelik bu disiplin, jeomorfoloji ve fraktal geometri gibi bilimsel yaklaşımlarla desteklendiğinde, mekânın daha derinlemesine analiz edilmesini mümkün kılmaktadır (Şekil 7). Bu sayede, tasarım sürecinde daha anlamlı, bağlamsal ve etkili sonuçlara ulaşılmasına katkı sağlanmaktadır.



Şekil 7. Dağ Jeomorfolojisinin Plan ve Kesit Krokisine ait çizimler

Uzay araştırmaları üzerine araştırma yapan IAG – International Association of Geomorphologists grubu gezegenlerdeki jeomorfolojik değişimler ve alternatif yaşam alanları üzerine yaptıkları çalışmada jeomorfolojik süreçleri ve gezegen yüzeylerindeki süreç ve form arasındaki bağlantıları ortaya koymaktadır.

Dünya üzerindeki analog yaklaşımlarından yola çıkarak deneysel modelleme çalışmaları yaparak gezegen yüzeyindeki oluşumları tanımlayamaya çalışmaktadır (Şekil 8).

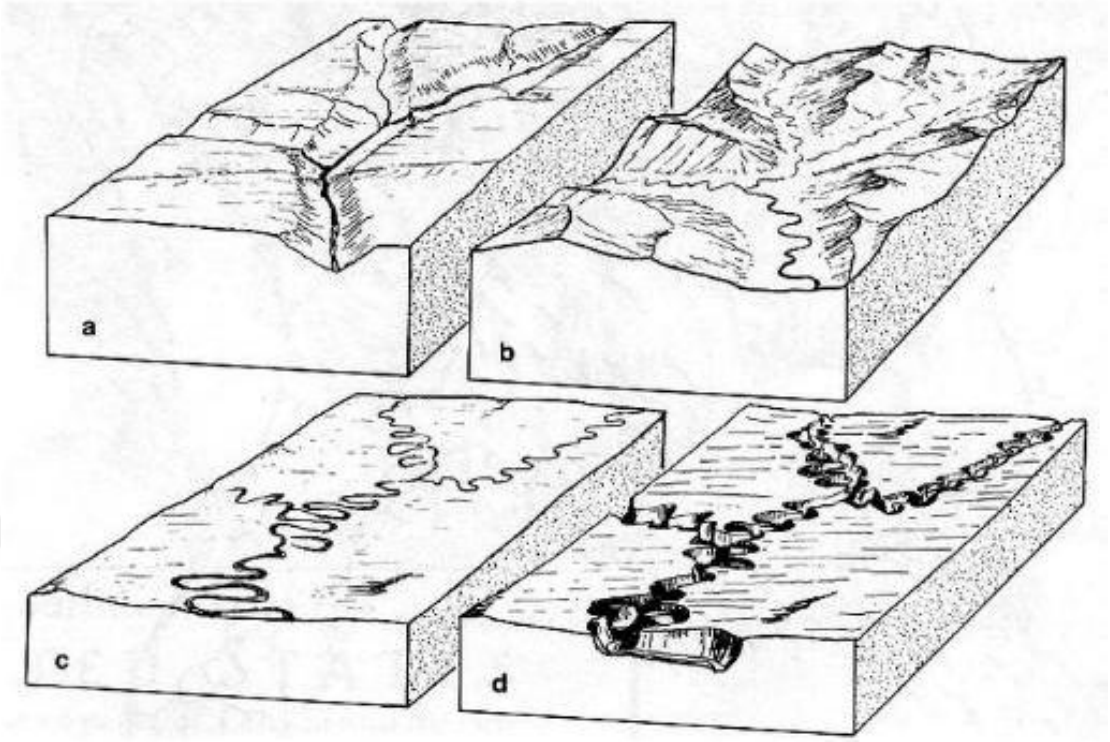


Şekil 8. Gezegen yüzeylerindeki Jeomorfolojik Oluşumlar (URL-18).

Jeomorfolojide, şekil veya morfoloji; üç değişkene bağlıdır. Bünye, biçim ve kütle akışı bu değişkenlerdendir. Jeomorfolojik süreçler bu değişkenlerle oluşmaktadır ancak biçim ve süreç arasındaki karşılıklı etkileşimler jeomorfolojik araştırmanın merkezinde yer almaktadır. Çünkü süreç şekli, şekil ise süreci etkilemektedir (Huggett, 2019:6). Bu temelde araştırmacılar jeomorfoloji çalışmalarını zaman parametresi sebebiyle kültürel, toplumsal ve bilimsel veriler ışığında ayırtmışlardır. Jeomorfoloji çalışmaları günümüzde ise Şekil 9’da gösterildiği gibi en az dört yaklaşım kullanarak açıklanmıştır (Huggett akt. Slaymaker, 2009; baker ve Twidale 1991).

- Bir süreç- tepki (süreç-şekil) veya kimya ve fizik temel alan ve bir sistemler metodolojisinden faydalanan işlevsel yaklaşım.
- Köklerini tarihsel jeoloji biliminden alan yer şekli evrimi yaklaşımı
- Yer şekillerini ve arazi sistemlerini karakterize etme üzerine odaklanan ve coğrafik mekân biliminden kaynaklanan bir yaklaşım
- Yer şekillerine ve yer şekilleri sistemlerine ve bölgeselden küresel ölçeğe kadar görülebilen arazilere, bir çevresel duyarlılık yaklaşımı

Peitgen’e (1992) göre, fraktallar ile kaos teorisi arasındaki temel ortaklık, bu alanlardaki araştırmaların ancak bilgisayar teknolojisinin olanaklarıyla görünür hâle gelmiş olmasıdır. Söz konusu keşifler, doğada gözlemlenen karmaşık yapı ve örüntülerin anlaşılmasına katkı sunarken, ekoloji, iklim sistemleri ve diğer küresel sorunlara yönelik daha etkili çözüm yaklaşımlarının geliştirilmesini de mümkün kılmaktadır. Özellikle bilgisayar destekli analiz ve simülasyonlar, bu tür karmaşık süreçlerin gözlemlenmesi, modellenmesi ve yeniden yapılandırılmasında kritik bir rol üstlenmektedir. Bu perspektif, doğa olaylarının ve jeomorfolojik sistemlerin anlaşılmasında önemli bir paradigma değişimini temsil etmektedir.



Şekil 9. Davis ekolü a) gençlik evresi, b) olgunluk evresi, c) yaşlılık evresi, d) gençleşme evresi (URL-14)

Jeomorfoloji alanında ise, Davis Ekolü, topografik şekillenmenin zaman içinde gelişen bir süreç olarak ele alındığı ekollerden biridir. Davis Ekolü, yeryüzü şekillerinin tıpkı bir canlı organizma gibi belirli aşamalardan geçtiğini ileri sürmektedir. Bu aşamalar şunlardır:

- Başlangıç (Doğum): Yeni oluşan yer şekillerinin ilk evresi.
- Gençlik: Şeklin hızlı bir şekilde şekillenmeye ve gelişmeye başladığı evre.
- Olgunluk: Şeklin en olgun halini aldığı, daha dengeli ve gelişmiş bir evre.
- İhtiyarlık: Şeklin aşındığı ve zamanla yıprandığı son evre.

Bu ekol, yer şekillerinin belirli bir evrimsel döngüden geçerek, zaman içinde "normal" bir biçim aldığını savunmaktadır. Davis'e göre, akarsu aşındırması sonucu meydana gelen yer şekilleri, "normal topoğrafya"yı oluşturmaktadır. Diğer topoğrafya türleri ise geri planda kalmaktadır. Bu döngü, "morfolojik dönem" (cycle) kavramı ile açıklanır ve zamanın rolü üzerinde önemli bir vurgu yapılmaktadır. Eğer zaman yeterli olursa, topoğrafya şekilleri belli bir sıraya göre gelişir ve şekil değişim süreçleri anlaşılabilir hale gelmektedir.

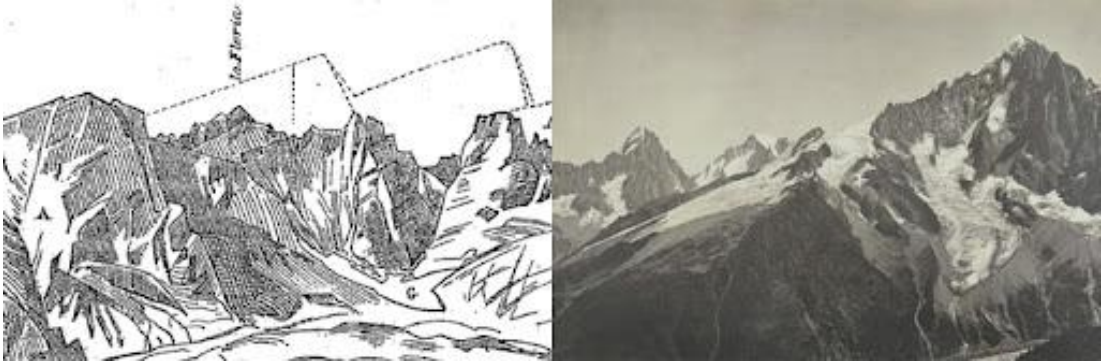
Davis Ekolü'nün savunucuları, başta William Morris Davis olmak üzere, Johnson, de Martonne, Cotton, Worcester ve Strahler gibi isimlerdir. Bu araştırmacılar, jeomorfolojiyi

açıklarken zamanın ve doğal süreçlerin topografya üzerindeki etkisini vurgulamış ve akarsu aşındırması gibi faktörleri topoğrafyanın "normal" evrimi olarak tanımlamışlardır.

Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc (1814–1879), Fransız bir mimar ve teorisyen olarak, dağ morfolojisi ve mimarlık arasındaki ilişkiyi keşfeden önemli bir araştırmacıdır. Viollet-le-Duc, doğanın ve dağların geometrik yapıları ile mimarlık arasındaki paralellikleri inceleyerek, mimarinin ve doğanın düzeni arasında derin bağlar kurmuştur.

Viollet-le-Duc'un çalışmaları, Mont Blanc dağ masifinin morfolojisini düzenleyen geometrik yapıyı gösteren mürekkep çizimleri ile dikkat çekmektedir. O, doğadaki kaotik ve amorf yapıları, aslında doğal bir düzen içinde olan çokyüzlü, simetrik ve geometrik bir yapıya dönüştürmektedir. Bu bağlamda, dağın yapısal olarak eşkenar dörtgenlerden oluşan bir kristal sistemini takip ettiğini ileri sürmektedir. Eşkenar dörtgenler, özellikle eğik eksen tarafından oluşturulan ve simetrik bir yapıyı oluşturan en basit kristal sistemleri olarak kabul edilmektedir

Viollet-le-Duc, bu kristal yapının, dağların soğuma ve aşındırma süreçlerine bağlı olarak evrimleştiğini savunulmaktadır. Örneğin, Alp kütlesinin giderek küçülmesi ve aşındırılması (özellikle buzul hareketleri nedeniyle) sırasında, daha yüksek ve güçlü çıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Bu çıkıntılar, dağ yapısını ve yer şekillerini şekillendiren eşkenar dörtgen prizmatik kristal desenini oluşturmaktadır. Viollet-le-Duc'un bu çalışmaları, doğadaki morfolojik yapıları anlamada ve bunları mimarideki yapısal sistemlerle ilişkilendirilmede önemli bir referans oluşturmaktadır.

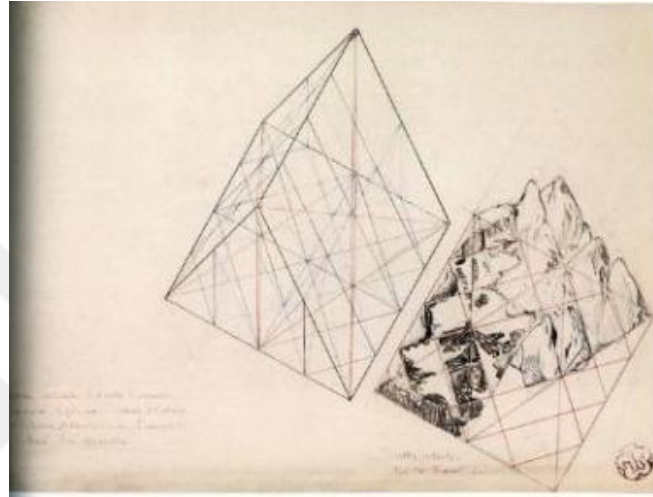


Şekil 10. Mont-Blanc, Viollet-le-Duc, Aiguille d'Argentières ve Aiguille Verte'nin çizimi, 1860, Frères Bisson (URL-13)

Şekil 10'da soldaki diyagramda, dağ morfolojisinin eşkenar dörtgen kristal sistemine dayalı olarak ana düzlemlerinin ve alt bölümlerinin düzeni özetlenmiştir. Sağdaki çizim ise bu yapıyı daha somut bir örnekle açıklayarak, doğadaki karmaşık geometrik yapıyı mimari anlayışla nasıl ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. Viollet-le-Duc'un bu yaklaşımı,

doğanın yapısal öğelerinden ilham alarak, mimarlığın form ve organizasyonuna dair yenilikçi bir bakış açısı sunmuştur.

Viollet-le-Duc, “Hayal gücünün yeniden inşa etmeye çalıştığı devasa harabeler” olarak ifade ettiği çalışmalarında doğa temelli bir anlayış sergilemektedir. Dağı restore etme hedefi olan mimarın 1878 yılında açmış olduğu sergide harita, çizim ve görsellerle mimarlık ve jeoloji alanında ortak bir çalışma yürütmüştür (Şekil 11).

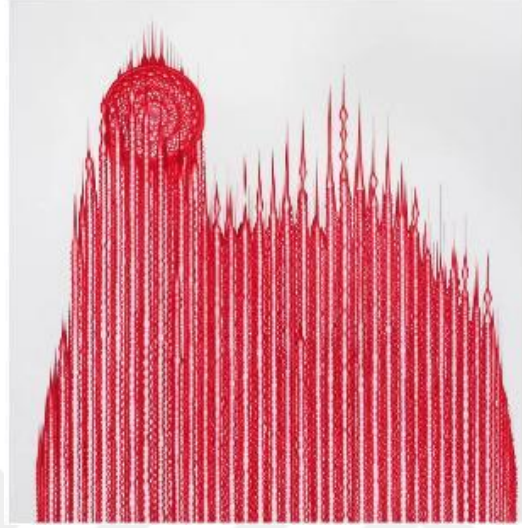


Şekil 11. Mont-Blanc'ın eşkenar dörtgen sistemi, sd Viollet-le-Duc, (Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine, Charenton-le-Pont) (URL-13)

20. yüzyıl sonuna doğru ortaya atılan ve literatüre girmiş kavramlardan biri olan “biyomimesis”, doğada milyonlarca yıllık süreçte gelişerek en iyi hale gelmiş olan bitki, hayvan gibi organizmaları inceleyerek mühendislik ve mimarlık alanlarına uyarlanması için yürütülen bilimsel çalışmaları kapsamaktadır (Coyne; 2023:103). Bu bağlamda ortaya atılan doğa temelli kavramlardan olan biyo-dijital kavramı tüm canlıların birbiri ile bağlantılı olduğunu savunarak sadece bitki ve hayvan değil aynı zamanda jeoloji ve genetik organizmaları da kapsayan bir çerçeve oluşturmaktadır. Özellikle antik dönemden günümüze kadar olan süreçler günümüze ulaşan doğal yapılar jeolojik malzemelerden ve şekillerden oluşan dağ, mağara, kayalar olarak gösterilmektedir.

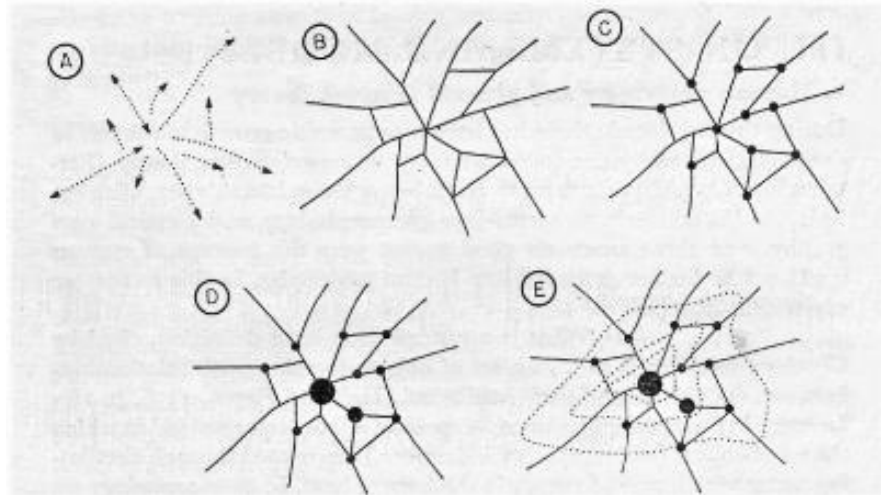
Jamie Davies organizmaların süreçleri incelediği çalışmalarında aşağıdan yukarıya parça parça gelişen organizmaların dönemin deneysel mimarlık anlayışı ile uyumlandığını ifade etmektedir (Coyne: 2023:104). Bu organizmaların küçük etkileşimsel yollarla birbiri ile iletişim kurduğunu daha sonra geri bildirimlerle etkileşimin yayıldığını savunmaktadır.

Jeoloji, doğa ve mimarlık disiplinleri arasında bağ kurarak sanat ürünleri de üretilmektedir. 2018 yılında Jeomorfolojik Katedral 4 (Yer Şekli Yapıları) adlı eseri ile Erol Eskici mimarlık ve jeoloji ilişkisini ortaya koymaktadır (URL-15) (Şekil 12).



Şekil 12. Jeomorfolojik Katedral 4 (Yer Şekli Yapıları), Erol Eskici 2018 (URL- 15).

Jeomorfolojik birimlere ait bilgilerin sayısal olarak analizini yapılabilmesi için fiziksel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Haggett'in jeomorfolojik şekillerin oluşum süreçlerini açıklayan ve yeryüzü şekillerinin niteliklerini tanımlayan mekânsal sistem kuramı (Şekil 13) ile dijital üretimler biçimsel olarak ele alınan çalışmalar yapılmaktadır.



Şekil 13. Mekânsal sistem kuramı a.hareket, b.kanal, c.düğüm, d.hiyerarşi, e.yüzey

Mekânsal sistem kuramına ait hareket, kanal, düğüm, hiyerarşi ve yüzey başlıkları ile incelenecektir. Bu sebeple çalışma kapsamında dijital analizler yardımıyla elde edilen verilerle oluşturulan modellerin jeomorfolojik evriminin anlaşılmasında ve tasarlanan örüntü modellerinden hangisinin daha uygun olduğunu tanımlamak amacıyla kullanılabilmektedir (Haggett, 1977:7).

Mimarlık birçok farklı disiplin ile iş birliği içinde çalışmaktadır. Bir anlatı aracı olarak kullanılan mimari biçimlenme yeri gelince doğayı tasvir etmektedir. Pietil'in Malmi'de tasarladığı kilise de doğa ve mimarlık ilişkisini ortaya koymaktadır. Pietil bir söyleminde kilise yapısı için "Ormanda yükselen bu beton kayayı sanki diğer doğal mineral oluşumlarına benzeterek böyle bir his yaratmaya çalıştım ve jeomorfolojik mimarisinde hayvanların bazı özelliklerini de kullandım" demektedir. Jeomorfoloji ve mimarlık ilişkisini biçimsel olarak ele almış ve doğanın bir devamlılığı olarak tasarlamıştır (Şekil 14).

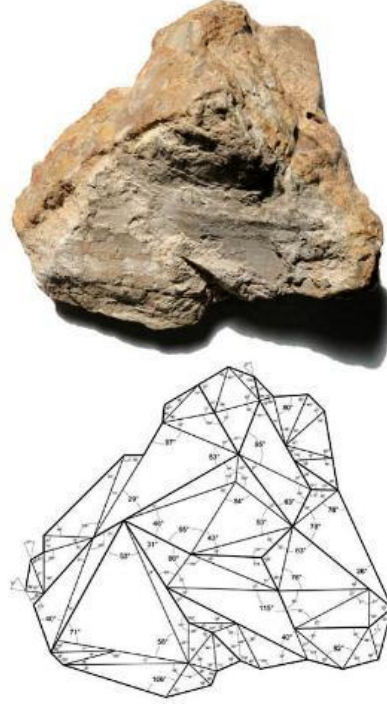


Şekil 14. Reima ve Raili Pietilä'nın tasarladığı Malmi'deki kilise (URL-16)

Batının mimarlık tartışmaları, işlev ve biçim arasındaki karşıtlıklarla şekillenen bir anlayışa dayanmaktadır. Özellikle işlevselciliğin ön planda olduğu dönemlerde, biçimsel arayışlar çoğunlukla geri planda kalmıştır. Bu çerçevede, Wilhelm Worringer'in 1908 yılında yayımladığı Soyutlama ve Empati adlı eseri, bu durumu eleştiren önemli bir çalışmadır. Worringer, dönemin trendi olan doğayı taklit eden formların aksine, asal geometrik formlar ve jeomorfik biçimlerin soyutlamanın bir parçası olarak modernizme katkı sağladığını savunmaktadır. Bu soyutlamaya dayalı biçimler, doğadan ilham alarak ancak doğanın

biyomorfik formlarından uzaklaşarak mekânsal üretimlerin şekillendirilmesi gerektiğini ifade eder. Jeomorfolojik üretimler ise, biçimsel anlamda deneysel bir yaklaşımla oluşturulmuş ve mimarlıkta asal geometri kullanılarak parçalanmış, ancak bu parçaların bir bütün oluşturduğu bir süreçle şekillendirilmiştir.

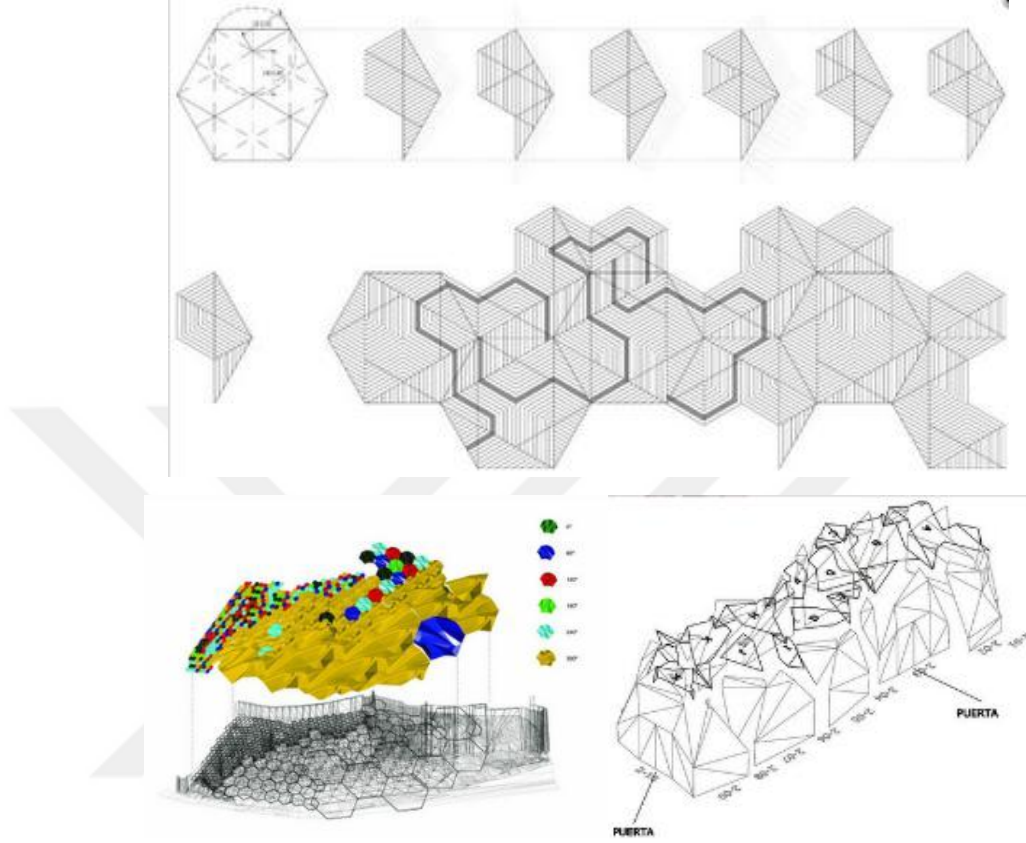
David Thomas Ansted'in *The Great Stone Book of Nature* adlı eseri de önemli bir perspektif sunmaktadır. Ansted, jeolojik süreçlerin yer kabuğundaki hareketlerle, oluşan katmanlar ve doğal afetler aracılığıyla yeryüzü şekillerinin ortaya çıktığını ve bu şekillerin iletişim aracı olduğunu belirtmektedir. Yeryüzü şekillerindeki kıvrımlar, başkalaşım, hatlar ve kırılmalar, doğanın karakterini oluşturan unsurlar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 15). Ansted'in bakış açısına göre, topografya bir anlamda doğanın dili olarak kabul edilebilir, çünkü yer şekilleri doğal süreçlerin bir yansıması olarak görülmektedir.



Şekil 15. Topografya Geometrisi, Vicente Guallart (URL-4)

Topografyaya uyumlu yapı tasarımları mimarlıkta önemli konulardan biridir. Ancak topografya geometrisi analiz edilerek yeni dijital tasarım araçları ile yeni tasarım üretimleri geliştirmek geleceğe yönelik mimari araştırmalarda yeni yaşam alanlarına çözüm olarak ortaya koyulmaktadır. Bu sebeple topografya geometrileri, dünya dışı yaşam alanlarında yeni topografya oluşturmak, deneysel mimari için veri sağlamak, yeni yaşam biçimleri ile

uyum sağlamak adına kullanılmaktadır. Bu alanda çalışan isimlerden biri olan Vicente Guallart; topografya verileri üzerine projeler (Şekil 16) geliştirmektedir.



Şekil 16. Topografya Geometrisi üzerine projeler, Vicente Guallart (URL-5)

Barselona merkezli mimar Vicente Guallart, 1998 yılında dile getirdiği “Mimarlık peyzajsa, binalar da dağlardır” aforizmasıyla, mimarlığın doğayla kurduğu temel ilişkiye dikkat çekmektedir. Bu ifade, yalnızca metaforik bir yaklaşımı değil, aynı zamanda Guallart’ın mimarlık anlayışının temelini oluşturan doğa-mekân ilişkisini de yansıtmaktadır. Guallart’a göre mimarlık, statik ve izole bir yapısal üretim değil; doğanın morfolojik, biyolojik ve jeolojik sistemlerinden ilham alan dinamik bir süreçtir. Doğayı sadece bir arka plan olarak değil, tasarımın asli bileşeni olarak gören bu yaklaşım, topografik biçimlenmelerin ve çevresel sistemlerin yapı üretim süreçlerine entegrasyonunu esas almaktadır.

Guallart’ın tasarımları, doğadaki yapısal mantığı ve organizasyon prensiplerini araştırarak, bu ilkeleri en güncel teknolojiler, dijital üretim teknikleri ve toplumsal ihtiyaçlarla buluşturmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda mimari ürün, yalnızca bir barınma

birimi değil; aynı zamanda ekolojik, teknolojik ve kültürel bir sentez olarak değerlendirilmektedir. Guallart, projelerinde jeolojik katmanlar, topografik hareketler, biyolojik örüntüler ve sayısal sistemler gibi doğadan türetilen çok katmanlı verileri mimari form üretiminde etkin bir araç olarak kullanmaktadır. Bu yöntem, mimarlığın doğayla rekabet eden değil, doğanın mantığıyla uyumlu bir üretim süreci olarak yeniden tanımlanmasına olanak tanımaktadır.

Guallart'ın "binalar da dağlardır" söylemi, mimarlığın doğanın sürekliliği içinde yeniden konumlandırılması gerektiğini ve yapılı çevrenin doğayla bütünleşik bir organizma gibi ele alınması gerektiğini savunan bütüncül bir tasarım paradigmasına işaret etmektedir. Bu yaklaşım, sürdürülebilir ve yaşanabilir kentler inşa etme sürecinde doğa temelli dijital tasarım stratejilerinin önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda Şekil 17'deki maket çalışmasında mimarlık ve yer yüzü şekillerinin entegrasyonunu çalıştığı görülmektedir.



Şekil 17. Topografya Geometrisi üzerine maket çalışması, Vicente Guallart (URL-5)

Dağlar, yeryüzü şekillerinin yüksek ve geniş ölçülü kabartılarıdır. Dağların çoğu grup şeklindedir. Dağ fizyolojisi incelendiğinde üç şekil unsurundan meydana geldiği görülmektedir. Bunlar doruk, yamaç ve etek olarak adlandırılmaktadır. Vadiler ise devamlı inişleri bulunan uzun çukur olarak tanımlanmaktadır (Haggett, 1977).

Davis jeomorfolojiyi yeryüzü şekillerinin izahlı bir tasviri olarak tanımlamaktadır. Machatschek yeryüzünde işleyen kuvvetler ve bunların tesiriyle meydana gelen şekillerden bahseden ilim olarak açıklamaktadır. Jeomorfoloji coğrafyanın temeli olarak görülmüş ve yer şekillerinin kavrayışı mo açıklamaktadır (Haggett, 1977). Yeryüzündeki şekiller

incelendiğinde kabartı ve çukurlardan oluştuğu görülmektedir. Çukur şekiller (hohlformen) kabartı şekilleri vollformen olarak adlandırılmaktadır.

Günümüzde ise 21. yüzyılda teknolojik gelişmelerin etkisiyle topografya ve mimarlık anlayışları değişime uğramıştır. Geleneksel mimarlık anlayışlarında topografya, doğal bir süreç olarak yaşam alanlarını şekillendiren bir olgu iken, bugünün mimarlık anlayışında, özellikle deneysel yaklaşımlar ile topografya daha değişken ve yapay bir rol üstlenmiştir. Teknolojinin olanaklarıyla, doğal topografya yerini yapay, biçimsel etkilerle şekillenen yeni bir topografyaya bırakmıştır.

Deneysel mimarlık anlayışında topografya, geleneksel formlardan sıyrılarak daha yenilikçi bir model olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal topografyanın gelişim süreci, kıvrılma, faylanma ve aşınma gibi doğal olaylarla şekillenirken, 21. yüzyıl topografyası insan etkenli, dijital araçlarla oluşturulan ve şekillendirilen bir yapıya dönüşmektedir. Bu bağlamda, deneysel mimari anlayışı, topografyayı jeomorfoloji kavramıyla açıklayarak, biyo-dijital tasarım alt kavramlarıyla ilişkilendirilmektedir.

Tarihsel süreçlerde topografya, toplumların kimliğini oluşturan bir öge iken, günümüzde dijital teknolojilerin etkisiyle bu kimlik bozulmuş ve değişen yaşam biçimlerinin etkisiyle topografya, yapay ve biçimsel bir hal almıştır. Bu dönüşüm, mimarlık disiplininde de kendini göstermekte ve doğal topografyanın yerini, yapay topografya oluşumları almaktadır. Bu yeni topografya, doğa ile ilişkisiz, ancak kendi içinde düzen kuran ve özgün formlar üreten bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yabancılaşma, yok olma veya muğlak döngüler gibi olgular, yapay topografyanın karakteristik özellikleri olarak öne çıkmaktadır.

21.yüzyılda topografya ve mimarlık arasındaki ilişki daha da derinleşmiş ve teknolojiyle şekillenen yeni sistemler, doğal topografyanın geometrilerinden ilham alarak yenilikçi tasarım yaklaşımları yaratmaktadır. Bu, topografya-mimari ilişkisini ele alan güncel tartışmaların temelini oluşturan önemli bir unsurdur. Doğal topografya geometrileri, doğayı öğrenerek esinlenme ilkesiyle örtüşse de modern dünyada bu ilişki teknoloji ve dijital araçlarla şekillendirilen yeni formlar ve yapılarla zenginleşmiştir.

1.7.4. Deneyisel Mimari ve Sayısal Düşünme

Teknolojinin gelişimi, özellikle mimarlık alanında tasarım süreçlerini köklü bir şekilde dönüştürmüştür. Sayısal tasarım ve fabrikasyon süreçlerinin artan önemi, bu değişimi belirgin bir şekilde göstermektedir. Bu değişim, tasarım sürecinin dijital araçlarla uyumlu hale getirilmesini ve sayısal bir düzen içerisinde planlanmasını gerektirmektedir. Sayısal düşünme, tasarım sürecinin her aşamasını, belirli amaçlarla açıklanabilir bir şekilde yapılandırmayı hedeflemektedir. Bu noktada, algoritmik sistemler, sayısal düşünmenin temelini oluşturarak tasarım sürecine yön vermektedir.

Watson (1985), sayısal teknolojilerle deneyim arasındaki kopukluğu ele alarak, özne ile nesne, şeyler ve düşünceler arasındaki etkileşimi önceleyen bir bakış açısının potansiyelini vurgulamaktadır. O, sayısal teknolojilerin henüz üretilmemişi üretebilecek tasarımları gerçekleştirme noktasında kısır döngüye girdiğini, ancak bunun sona erdirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu bağlamda, "dijital" teriminin yerine kullanılan "sayısal" kavramının anlamını açıklamak faydalı olacaktır. İngilizce "digital" kelimesi, "digit" yani 1 ile 10 arasındaki tam sayılarla doğrudan ilişkilidir. Etimolojik olarak "digitus" (Latince), parmak anlamına gelir ve bu terim ilk başta bedensel deneyimle, sayma eylemiyle ilişkilendirilmişken, günümüzde soyut bir şekilde sayıları temsil etmeye başlamıştır.

Sayısal düşünmenin soyut yapısıyla bedensel deneyim arasındaki ilişki, mimari tasarım sürecinde önemli bir gerilim alanı oluşturmaktadır. Bu gerilim, sayısal düşünmenin yaratıcı potansiyelini anlamak ve geliştirmek açısından değerli ipuçları sunmaktadır. Mimarlık pratiğinde dijital araçların giderek yaygınlaşması, yalnızca hesaplamaya dayalı üretim süreçlerini değil, aynı zamanda tasarımın deneyimsel boyutunu da yeniden tartışmaya açmaktadır. Bu bağlamda, Reinhard Giesemann ve Oswald Mathias Ungers'in 1960 yılında yayımladıkları Yeni Bir Mimarlığa Doğru başlıklı manifestoları dikkat çekicidir. Her iki mimar da teknolojiyi yalnızca araçsal bir unsur olarak değil, bilgi ve deneyimin maddi dünyadaki bir uygulaması olarak değerlendirmiştir. Bu yaklaşım, teknolojinin mimarlıkta yalnızca sayısal araçların kullanımıyla sınırlı kalmaması gerektiğini; aksine teknolojinin, deneyimsel, kültürel ve kavramsal bağlamları da içeren daha geniş bir uygulama alanı olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Mimarlıkta sayısal düşünme ve algoritmaların kullanımını tartışırken, bu pratiklerin bilgisayardan başlaması gerekmeyebilir. Tasarım süreçlerinin daha radikal bir sorguya dayalı olması, önceden tanımlı olmayan algoritmaların keşfiyle başlayabilmektedir. Deneye,

gözleme ve deneyime dayalı yaklaşımlar, algoritmik düşünmenin daha geniş bir perspektifle geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu tür bir yaklaşım, mimarlıkta yeni yaratıcı yolların açılmasını sağlayabilmektedir.

Algoritmik düşünce, karmaşık problemleri küçük birimlere bölerek çözmeyi ve bu birimlerin yaptığı basit işlemleri incelemeyi hedeflemektedir. Bu yöntem, fonksiyonel ayırıştırma, kendini tekrar etme, basit bilgi organizasyonu ve parametrikleştirme gibi kavramları içermektedir. Harel'in (1992) vurguladığı üzere, algoritmik düşünce, mimari tasarımda farklı seviyelerde analizler yaparak çözüm önerileri üretmektedir. Bu yaklaşım, tasarımın her aşamasını daha verimli ve anlamlı hale getirebilir. Rivka Oxman (2017) ise algoritmik düşünmeyi, sayısal tasarım sürecini başlatan ve dijital formların üretildiği bir dizi kuralların belirlenmesi olarak tanımlamaktadır. Bu süreç, mimarlık pratiğine entegre edilecekse, algoritmaların sadece sayısal değil, aynı zamanda estetik ve fonksiyonel açıdan da tasarıma entegre edilmesi önemlidir.

Dijital ve sayısal düşünme pratikleri mimarlık alanında yaratıcı süreçleri dönüştürme potansiyeline sahiptir. Sayısal tasarım, algoritmik düşünce ve dijital araçların kullanımı, mimarinin geleceğini şekillendiren önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu dönüşüm, mimarlıkta daha yenilikçi ve etkili tasarımlar için zemin hazırlamaktadır.

1.8. Deneyisel Mimaride Doğadan Esinlenilen Üretken Tasarım Yöntemleri

İnsanoğlu tarihsel süreçler boyunca yeniyi aramış ve yeni olan her şeyi yaşamlarına dahil etmişlerdir. Özellikle Sanayi Devrimi ile değişen yaşam ritüelleri, teknoloji ve bilim geliştikçe daha hızlı bir evrim geçirmiştir. Mimarlık ise bu değişimleri gözle görünür hale getiren, değişim ve trendleri yakından takip eden ve tasarım sürecine hızla uyarlayan disiplinlerden biri olmuştur. Bu süreçler içerisinde teknolojinin getirisi olan dijital araçlar, mimarlık disiplininde; bilinmemelik, yeni ve tahmin edilememelik etkisi yaratmıştır. Bu bağlamda mimarlık düşüncesi; özellikle bilgisayar gibi problem çözme ve hesaplama hızı yüksek olan araçlar ile doğadaki ilkelerin kurallarıyla yeni paradigmalar sunmaktadır. Yeni paradigmalar ile tasarım ve teknoloji kesişiminde birçok farklı yöntem ortaya çıkmıştır.

Hesaplamalı yaklaşımlar, tasarımın düşünsel, deneyimsel ve görsel boyutlarını kapsayan çok katmanlı bir süreci; hüristik, analitik ve eniyileme (optimizasyon) yöntemleriyle bütüncül bir yaklaşıma dönüştürmektedir. Matematiksel, mantıksal ve ilişkisel temellere dayanan bu yaklaşımlar, parametrik, üretken ve performans dayalı

Geleceğin yaşam biçimleri ve mimarlık; doğal fenomenlerden ortaya çıkan ve üretilen kurallardan yola çıkarak, davranış, öz organizasyon gibi doğa olaylarıyla ilişkili mekânsal özellikler ve teknolojik ilerlemelerden meydana gelecektir. Mimarlık alanında yapılan geleceğe yönelik söylem, araştırma ve deneysel çalışmalar; doğaya uyumlu yeni tasarım ilke ve yöntemlerini oluşturacaktır. Üretken tasarım yöntemleri, farklı kuramsal yaklaşımlar, yöntemler ve teknikler doğrultusunda, çeşitli problem alanlarında ve farklı ölçeklerdeki karar verme süreçlerinde; planlama, tasarım ve modelleme amaçlarıyla etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu yöntemler, tasarım sürecine çok katmanlı bir esneklik ve çeşitlilik kazandırmakta hem biçimsel araştırmalarda hem de işlevsel organizasyonlarda yeni olanaklar sunmaktadır. Literatürde bu yaklaşımlar; Biçim Gramerleri, Fraktal Geometri, Lindenmayer Sistemleri (L-Sistemleri), Genetik Algoritmalar, Evrimsel Tasarım, Hücresel Özdevinim, Özörgütlenme, Sürü Zekâsı ve Çoklu Etmen Sistemleri başlıkları altında sınıflandırılmaktadır (Singh & Gu, 2011; Kotnik, 2010). Her bir yaklaşım, tasarım sürecinde farklı düzeylerde karmaşıklık üretme, alternatif senaryolar oluşturma ve çevresel verilerle ilişkilendirme potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda üretken tasarım, yalnızca biçim üretimiyle sınırlı kalmayan, aynı zamanda karar süreçlerini yönlendiren dinamik ve etkileşimli bir tasarım stratejisi olarak değerlendirilmektedir.

Gehry, Deneysel Müzik Merkezi projesini önce fiziksel maketler üzerinden tasarladı, sonra dijital modeller üzerinden çalışmıştır (Şekil 19). Üç boyutlu dijital ortam ile, yapı kabuğunun eğrisel yüzeyini hem kavramsal hem de pratikte deneyimleyerek tasarım modeli oluşturulmuştur (Gehry, 2000).



Şekil 19. Gehry'nin Deneysel Müzik Merkezi ve H-OUSE (URL-11 ve URL-12)

H-ouse projesi ise, deneysel olarak tasarlanan bir alternatif mekân arayışına yönelik çözüm çalışmasıdır. Yeni mekân sorununa, dönüştürülebilen ve çoğaltılabilen malzeme ve biçim araştırmasına yönelik üretimler gerçekleştirilmiştir (Avellino, vb 2001).

Çalışma kapsamında, doğadan esinlenen üretken tasarım yaklaşımlarından öz-örgütlenme ve hücrel özdevinim (HÖ) tasarım mantığı kuramsal çerçevede ele alınmıştır. Hücrel özdevinim, belirli bir zaman aralığında ve önceden tanımlanmış bir ızgara yapısı içerisinde, her hücrenin kendi komşu hücrelerinin durumuna göre değişim gösterdiği, kurallara dayalı bir sistemdir. Her hücre, sınırlı ve ayırık bir durum kümesine sahiptir ve zamanla bu durumlar, sistemin genel davranışına etki edecek şekilde evrilmektedir (Terzidis, 2006). Bu yönüyle HÖ, L-sistemler ve fraktal sistemlerle karşılaştırıldığında, merkezi bir kontrol mekanizması yerine merkeziyetsiz (decentralized) bir işleyişe sahiptir. Süreç, her hücrenin yalnızca yerel çevresiyle olan etkileşimi üzerinden ilerlemekte; bu da sistemin kendiliğinden organizasyonunu, yani öz-örgütlenmesini mümkün kılmaktadır.

De Landa'nın (2019) ifadesiyle, bu tür sistemler; çevresel koşulları algılayabilen, kendi konumlarını değiştirebilen ve çeşitli durumlara tepki verebilen yazılım varlıkları (software agents) olarak düşünülebilir. Bu bağlamda hücrel özdevinim, parçalar arasındaki ilişkilerin, bütünsel bir düzen içinde etkileşimli biçimde yapılandığı bir sistem modeli olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşım, doğadaki organizmaların büyüme, adaptasyon ve evrim süreçlerinden esinlenen, alt bileşenler üzerinden türeyen yapısal bir organizasyon anlayışını mimari tasarım süreçlerine taşımaktadır.

1.8.1. Öz-Örgütlenme (Self Organized) Tasarım Yöntemi

Dijital tasarım yöntemlerinden olan Öz-örgütlenme; sistemin iç düzeni ve işleyişinde herhangi bir dış etki ya da yönlendirme olmaksızın gerçekleşen bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Hensel ve Menges, 2017). Öz-örgütlenme, hücreden tüm ekosistemi kapsayan canlı ve cansız organizmaları kapsayarak sistemin temelini oluşturmaktadır.

Öz-örgütlenme organizmanın süreçlerini etkilemektedir. Organizma bütün olarak incelendiğinde farklı form ve özelliklere sahip olmaktadır, ancak organizma parçaları birbiri ile etkileşime girerek parça ve bütün olarak farklı performans göstermektedir. Bu durumda organizmaların davranış ve biçimlenme olarak çevresel faktörlere göre sınırlanarak sınırsız form arayışına imkân tanınması ve çevresel bağlamda uyum göstermesi alternatif üretim süreçlerine destek olmaktadır.

Öz-örgütlenme; karmaşıklık form ve oluşumlara imkân tanıyarak veya karmaşık form ve süreçlerin algılanmasını kolaylaştırması sebebiyle teknolojiden yararlanmaktadır. Öz-örgütlenme, evrensel olarak ele alınmalıdır. Geri besleme, rastlantısallık ve etkileşimlere bağlı olarak alt bileşenlerle bağ kurmaktadır.

Karmaşıklığı ve öz örgütlenmeyi anlamak için bilgisayar donanımı ve yazılımının temel önemi, "öz-örgütlenme"de rol oynayan "kurallar" için ana kaynak olarak hizmet etmesi açısından yalnızca tanımsal değil, aynı zamanda tarihseldir. Kant; "O, yalnızca kendi kendini düzenleme, kendi kendini yönetme yeteneğine sahip değil, aynı zamanda ve belki de en önemlisi, kendi kendini oluşturma ve üretme yeteneğine sahip, sınırlı bir bedendir hem organize hem de kendi kendini organize eden bir varlıktır." ifadesi ile organizma tanımını açıklamaktadır.

İkinci Dünya Savaşı sırasında teknolojinin gelişmesi ve ilk bilgisayarların yaratılmasıyla birçok fikir ve olay karmaşıklık olarak bilinmeye başlanan noktada birleşmiştir. Öz-örgütlenme kavramı ve teriminin kullanımı da bu dönemde önemli ölçüde arttı. Karmaşıklık teorisi, evrimsel hesaplama ve mimarinin kesişmesi ile geçirgen bir araştırma alanı ortaya çıkmıştır. 1950'lerin sonları ve 1960'ların başlarından başlayarak Londra, Cambridge (Massachusetts) ve New York'taki üniversitelerde bu geçirgen alan mimarinin deneysel-dijital bir süreç geliştirilerek geleneksel tasarım anlayışından farklı yeni yaklaşımlar ortaya koyulmuştur.

O dönemde pek çok değişkeni olan, ancak sırayla süreçlerini bir parçası olarak modeller üreten ve basit kuralları olan sistemler, "organize karmaşıklık" olarak adlandırılmaktadır. Johnson'ın verdiği organize karmaşıklık örneğinde, "topların belirli kuralları takip ettiği ve çeşitli etkileşimleri aracılığıyla kendilerini belirli bir şekilde düzenleyerek veya zaman içinde belirli bir model oluşturarak belirgin bir makro davranış oluşturduğu mekanize bir bilardo masasıdır. Johnson; organize karmaşıklıkta sorunları çözmek için sunduğu öneri ise; "Saniyede milyonlarca olmasa da binlerce hesaplamayı çalkalayabilen bir makine" ile olabileceğini ifade etmektedir. Karmaşık sistemleri, doğada yer alan uyarlanabilir sistemler olarak nitelendirilmektedir.

İlk "kendini kopyalayan hücrel otomata" bilgisayar modelleri 1979'a dayanmaktadır. "Kendini organize eden" ve "kendini kopyalayan hücrel otomata" terimlerini kullanması, o zamanlar geçerli olan biyolojik ve hesaplamalı teoriler hakkındaki bilgilere dayanmaktadır (Heylighen, 2001). Mimarlıkta bu durum; temek biçim üretme sistemi olarak araştırılmaktaydı.

Teknolojinin gelişmesi; karmaşık sistemler, kendi kendini örgütlenme ve emergence (ortaya çıkma) kavramlarını ve birbiri ile ilişkilerini ilk olarak ortaya koymaktadır. Bilgisayar bilimcisi Melanie Mitchell, *Complexity: A Guided Tour* adlı kitabında, doğrusal olmayan karmaşık uyarlanabilir bir sistemi, "merkezi kontrole sahip olmayan ve basit çalışma kurallarına sahip geniş bileşen ağlarının karmaşık, kolektif davranışa, karmaşık bilgi işlemeye ve uyarlamaya yol açtığı" bir sistem olarak tanımlamaktadır.

Biyolog ve hekim Scott Camazine ve diğerleri, *Self-Organization in Biological Systems* içinde (2001), kendi kendini örgütlemeyi "bir sistemin küresel seviyesindeki örüntünün, yalnızca sistemin alt seviye bileşenleri arasındaki sayısız etkileşimden ortaya çıktığı bir süreç" olarak tanımlamaktadır.

Öz-örgütlenme, Aristoteles'e atfedilen, ancak o kadar çok kez tekrarlanan, genel bir bilgi haline gelen, genellikle "bütün, parçalarının toplamından daha fazladır" şeklinde anlaşılan emergence (ortaya çıkış) kavramıyla yakından ilişkilidir.

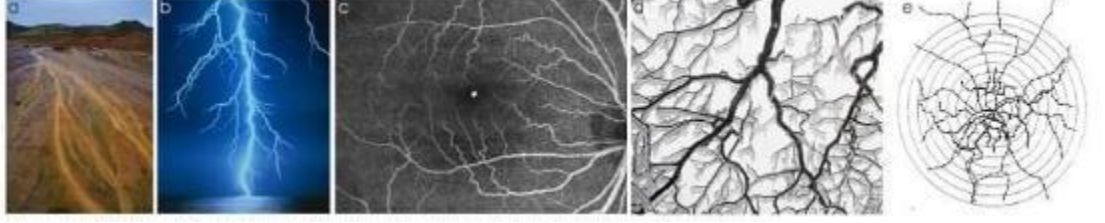
Steven Johnson'ın *Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software* adlı kitabında, karmaşık sistemlerin bal arısı kolonilerini, interneti ve şehir içi ulaşım sistemlerini örnekleyerek belirme (emergence) kavramını açıklamaktadır.

Kendi kendine örgütleyebilen sistemler; mimar ve tasarımcılar için doğadaki canlı ve cansız sistemlerin nerede ve nasıl ortaya çıktığını açıklamaktadır. Canlı sistemlerle ilgili olarak, kendi kendine örgütlenme genellikle bireysel organizmaların ve bir höyükteki termitler gibi toplu grupların vücutlarında meydana gelen homeostaz ile yorumlanmaktadır.

Kendi kendini örgütleyebilen malzemeler sonucu biçim ve malzeme arasındaki farkın ortadan kalkarak bütüncül bir tasarım anlayışı geliştirerek formun üretilmesine katkı sağlamaktadır. Dijital tasarım düşüncesinin bir parçası olan deneysel yöntemler zaman ve mekân kavramını silikleştirmektedir. Bu bağlamda form; doğal seleksiyon ilkesine bağlı olarak güçlü ve kalıcı olarak oluşturulmaktadır.

Dijital ortam ile ilişkisine bakıldığında genetik algoritmaların kullanılmasına yardımcı olan kendi kendine organize olan ve farklı sonuçların ortaya çıkmasına destek veren programlar kullanılmaktadır. Bu programların yardımı ile seçenekler arasından elenerek ortaya çıkan form yine dijital üretim teknikleri ile somutlaştırılır. Biçimsel gelişimi ise, biyoloji ve geometri gibi disiplinlerden yararlanılarak teknolojinin imkanlarıyla sağlanır. Canlı sistemler, davranış kazanan ve tepki veren tasarımlar ve kendi kendini örgütleyebilen ağlar kurma yoluyla doğaya uyumlu, doğadan beslenen yapay bir canlı mimari hesaplamalı

tasarım ve fabrikasyonun kesişimi ile doğa ve dijital bir tasarımda yeniyi bulma arzusunu taşımaktadır.



Şekil 20. Doğada yer alan organizmaların biçimsel benzerlikleri (URL-3)

Heylighen için bazı bileşen etkileşimleri (organizmaları gruplar halinde veya ekolojilerdeki türleri düşünün), "doğal olarak seçilmiş bütünler oluşturmak için hayatta kalan, diğerleri ise daha fazla evrim geçirmek için çöken" "düzenlemeler" olarak birlikte gelişir. Bu süreç daha yüksek seviyelerde tekrar eder", "bir seviyede ortaya çıkan bir bütünün" "daha yüksek bir seviyede ortaya çıkan bir sistemin bir bileşeni" haline gelmesi etkisini üretir. Bu durumu açıklamak ve daha net sınırlar çizebilmek adına hücresel özdevinim tanımı geliştirilmiştir.

1.8.2. Hücresel Özdevinim (Cellular Automa) Tasarım Yöntemi

Doğa ve dijital arasındaki bağlantılar arasında hücresel büyümenin adım adım sürecinin takip edildiği sistemler geliştirilmiştir. Hücreler bölünür, çoğalır, birbirine eklenir ve ölür. Dijital tasarım araçları ile bu doğa temelli organizmalar benzer şekilde işleyen algoritmalarla yeniden canlandırılmıştır. Doğadaki süreçleri öğrenerek kullanan bu yaklaşımlar evrim, genetik, mutasyon, rekabet ve zindelik kavramları ile sürüm, arama, kısıtlama, kural ve hedef kavramları ile eş zamanlı çalışan bir tasarım mantığı geliştirilmektedir. Bu yaklaşımlardan biri olan Hücresel Özdevinim, doğanın kendi kendini yaşatan, kendi kendini yaratan özelliklerinin izinden giderek veriyi ve doğayı birleştirmeye çalışmaktadır.

Hücresel özdevinim (Cellular Automata, HÖ), basit yapıdaki hücrelerin belirli kurallar çerçevesinde etkileşime girerek karmaşık sistemler oluşturduğu ve bu yolla büyüme ile evrim süreçlerini simüle eden üretken bir sistemdir (Krawczyk, 2002). İlk olarak John von Neumann tarafından geliştirilen bu yaklaşım, her bir hücrenin davranışının, komşu

hücrelerin durumlarına bağlı olarak değiştiği sıralı bir kural dizisine dayanır. Bu yapı, karmaşık davranışların merkezi bir denetim olmaksızın, yerel etkileşimler yoluyla nasıl ortaya çıkabileceğini göstermesi bakımından son derece dikkat çekicidir.

Stephen Wolfram (2002), hücresel özdevinim sistemlerinin yalnızca matematiksel ya da simülasyonla bir model olmadığını, aynı zamanda farklı disiplinler arasında iş birliğini teşvik eden ortak bir araştırma ve üretim alanı sunduğunu ifade etmiştir. Nitekim John Frazer bu yöntemi biçim üretiminde kullanırken, Michael Batty hücresel özdevinimi kentsel ölçekte farklı arazi kullanım tiplerine sahip mahalle dokuları üretmek amacıyla uygulamıştır (Yedekçi, 2015).

Hücresel özdevinim sistemlerinde her büyüme aşaması, hücrelerin çevrelerindeki komşu hücrelerle olan ilişkileri dikkate alınarak değerlendirilir. Bu doğrultuda hangi hücrenin çoğalacağı, hangisinin varlığını sürdüreceği ya da yok olacağına dair kararlar verilir. Böylece zaman içerisinde gelişen bir dizi sıralı kural, sistemin genel evrimini belirler ve her hücrenin geleceği bu kurallar aracılığıyla tanımlanmaktadır. Başlangıçta öz-örgütlenme sistemlerinin matematiksel tanımına katkı sunmak amacıyla geliştirilen bu yaklaşım, zamanla fizik, kimya, biyoloji gibi doğa bilimlerinin yanı sıra mimarlık ve kentsel tasarım alanlarında da uygulanabilir hâle gelmiştir. Hücresel özdevinim; yapısal oluşum süreçlerinden malzeme davranışlarına, mekânsal organizasyonlardan sosyal etkileşim modellerine kadar geniş bir yelpazede tasarım problemlerini ele almak için etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Çağdaş, Bacınoğlu & Çavuşoğlu, 2015).

Büyüyen bir tasarım süreci olarak mimariyi geliştirmenin yeni yollarında hücresel özdevinim simülasyonları ile gerçekleştirilmektedir. Böylece geleneksel tasarım yöntemlerinden olan mimari alanda bütüncül tasarım yönlerinin aksine yeni pragmatik ve mekânsal çözümler ortaya koyulmaktadır. Tasarım sürecinde izlenen amaç ise; hücresel iletişimin farklı yollarını dijital model simülasyonları ile keşfetmektir.

Doğadaki sistemlerin çevre ve birbiri ile kurduğu etkileşim ve örgütlenme dinamikleri teknolojinin sağladığı dijital araçlar ile araştırılarak tasarımda biçimin değişim süreci, etkilendiği parametreler ve ilişkilerini ortaya koyarak bir dizi seçenek oluşturmaktadır (Castle, 2003). Bu yaklaşımın amacı yapısal olarak bir tasarım inşa etme değil, tasarım düşüncesinin çerçevesini geliştirmektir. Biyo-dijital çalışmalarda da bitki, hayvan, genetik ve topografik organizmalar üzerinden araştırma yapılarak mimarlık, teknoloji, mühendislik, matematik, genetik bilimi gibi disiplinlerle iş birliği içerisinde.

Hücresel özdevinim (HÖ), belirli kurallara dayalı olarak hücrelerin durumlarını zaman içinde güncellediği bir üretken sistemdir. Bu sistemin yapısal bileşenleri aşağıdaki kavramsal çerçevede tanımlanabilir (Hoextra ve diğ., 2010):

Hücresel durum uzayı, belirli bir topolojik düzlemde tanımlanan ve özdevinimlerin konumlandığı hücresel ızgara sistemini ifade etmektedir. Bu uzay, genellikle düzenli ve d-boyutlu bir örüntü şeklinde modellenir. Örneğin, iki boyutlu bir sistemde $L = m \times n$ boyutlarında bir ızgara tanımlanır ve her bir hücre belirli bir durumu temsil etmektedir.

Yerel değer uzayı, her hücrenin alabileceği olası durumların tanımlandığı kümedir. Her hücrenin durumu σ ile gösterilir ve $\sigma \in \Sigma \equiv \{0, 1, 2, \dots, k-1\}$ biçiminde ifade edilmektedir. Bu küme, tüm hücrelerin durumlarının kombinasyonlarından oluşan potansiyel sistem konfigürasyonlarını tanımlamaktadır.

Komşuluk, belirli bir hücrenin hangi diğer hücrelerle etkileşim içinde olduğunu belirleyen topolojik bir ilişkiler kümesidir. Komşuluk yapısı, hücrenin durumunun nasıl güncelleneceğini belirleyen temel bileşenlerden biridir. En yaygın kullanılan komşuluk türleri Von Neumann ve Moore Komşuluğudur.

Hücresel özdevinim sistemlerinde sınır koşulları, sistemin dış çerçevesindeki hücrelerin nasıl davranacağını tanımlamaktadır. En yaygın biçimde kullanılan periyodik sınır koşulu, ızgaranın sınırlarını birbirine bağlayarak iki boyutlu bir halkasal yapı yaratır. Diğer sınır koşulları arasında sabit (static) ve yansıyan (reflective) modeller yer almaktadır.

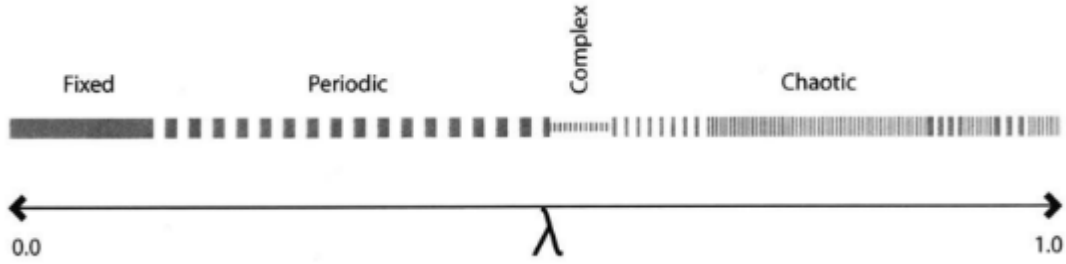
Geçiş fonksiyonu, hücrelerin mevcut durumlarına ve komşularının durumlarına bağlı olarak bir sonraki durumlarını belirleyen matematiksel tanımdır. Bu fonksiyon, $\varphi: \Sigma \times \Sigma \times \dots \times \Sigma \rightarrow \Sigma$ biçiminde tanımlanır ve sistemin dinamik davranışını belirleyen temel mekanizmadır.

HÖ sistemleri, eş zamanlı (synchronous) güncellemeye dayalı olarak çalışır. Tüm hücreler dışsal olarak tanımlanan bir zaman adımında aynı anda güncellenmektedir. Bu işlem "tekrarlama adımı" (iteration step) olarak adlandırılır ve sistemin evrimsel sürecini oluşturmaktadır.

Yönteme göre yapısal bileşenler doğrultusunda oluşturulan hücresel özdevinim modelleri, farklı ölçeklerde karmaşık örüntüler ve davranışlar üretmek amacıyla geniş bir kullanım alanına sahiptir. Stephen Wolfram'ın sınıflandırmaları ve Conway'in "Yaşam Oyunu (Game of Life)" gibi çalışmalar, bu sistemin hem teorik hem de görsel potansiyelini ortaya koyan önemli örnekler arasında yer almaktadır.

Wolfram'ın Çalışmaları:

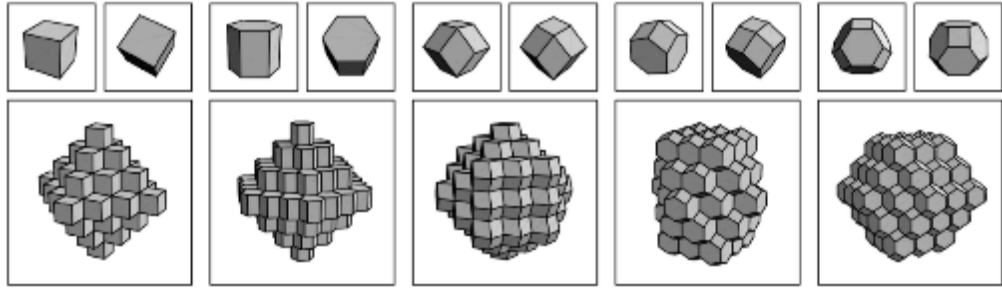
Hücresel özdevinim, 2 ve 3 boyutlarda incelenmiş ve kullanılmıştır. Bu tüm çalışmalarda kurallar, hücrelerin komşularıyla aralarındaki ilişkiden yola çıkarak yeniden üreme kuralları ile çoğalması ve ortaya yeni bir durum çıkmasıyla oluşmaktadır (Yedekçi, 2015). Belirlenen oyun kurallarına göre sistem içerisinde 4 tip davranış ortaya çıkmaktadır. Wolfram bu davranışları; sabit, periyodik, kaotik ve rasgele olarak kategorize etmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Hücresel Özdevinim davranış ölçeği (El-Khaldi, 2017)

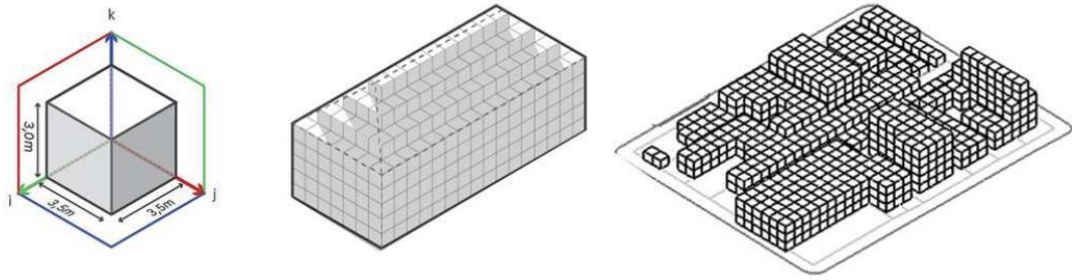
1980'lerin başında matematikçi Stephen Wolfram "karmaşık sistemler"i hücresel otomat (cellular automata) yoluyla araştırmaya başlamıştır. Wolfram, matematikteki formalizmin "kompleks davranışlı sistemleri" çözümlemekte yetersiz kaldığını söylemektedir. Kompleks davranışlı sistemlerin, matematik yerine "işleme" (computation) yoluyla çözmek gerektiğini düşünmektedir. Kompleks davranışlı sistemleri çözmek için ise karmaşık işlemler ve karmaşık formül düzenleri kullanmanın karşısında durmaktadır. Doğadaki karmaşık davranışlı sistemlerin üretici basit kurallarla çözümlenebileceğini söylemektedir. (Wolfram, 2006).

Hücresel Özdevinim yöntemine geometri düzeni sistemsal olarak ilerlemektedir. Sınırlı sayıda hücre tipini tanımlanabilen ve belirli bir tipteki her hücrenin benzer bir mahalleye sahip olması yapısal bir örüntü oluşturmaktadır. Basit bir kuruyla başlayan düzende hücrelerin hepsi aynı ve birbirini tekrarlayan bir dizide yerleştirilmektedir (Şekil 22). Hücreler hem tekil hem de bütüncül olarak birbirleriyle etkileşim halindedirler. Kurala göre hücrelerin merkezleri belirli katlar halinde koordinatlara yerleştirilerek bir dizilim oluşturmaktadır.



Şekil 22. Wolfram'ın Hücresel Özdevinim kuralı ile geometri çalışmaları (URL-17).

Şekil 23'te yer alan örnekte olduğu gibi mimarlıkla kurulan bağlantı, hücresel otomatların desenler üretebilme yetisinde yatmaktadır; düzenli desenlerden yola çıkarak mimari biçimler önerebilmemiz mümkün olmaktadır (Von Neumann, 1963).



Şekil 23. Voksel birimi ve bunun yapı ölçeğine aktarımı (Turkienicz, 2018)

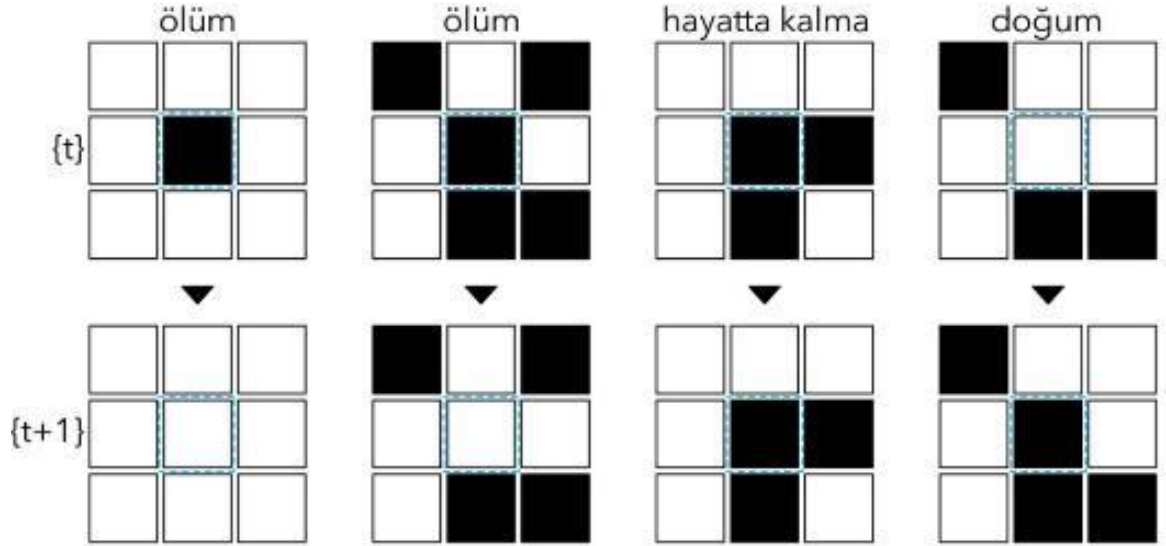
Conway'ın Yaşam Oyunu (Life Game):

Yaşam Oyunu (Game of Life), matematikçi John Conway tarafından 1970 yılında geliştirilen, hücresel özdevinime dayalı, kural tabanlı bir simülasyon modelidir. Bu model, zamana bağlı biçimde evrilen hücresel sistemlerin davranışlarını incelemek amacıyla geliştirilmiş olup, özellikle biçimsel örüntülerin ortaya çıkışı ve kendiliğinden organizasyon süreçlerini anlamak için önemli bir araç sunmaktadır (Şekil 24).

Ölüm: $\{t\}$ anında canlı hücrenin ikiden az ya da üçten fazla canlı komşusu varsa, $\{t+1\}$ 'de o hücre yalnızlıktan ya da aşırı nüfustan ölür.

Hayatta Kalma: $\{t\}$ anında canlı hücrenin iki ya da üç canlı komşusu varsa, $\{t+1\}$ 'de o hücre hayatta kalır.

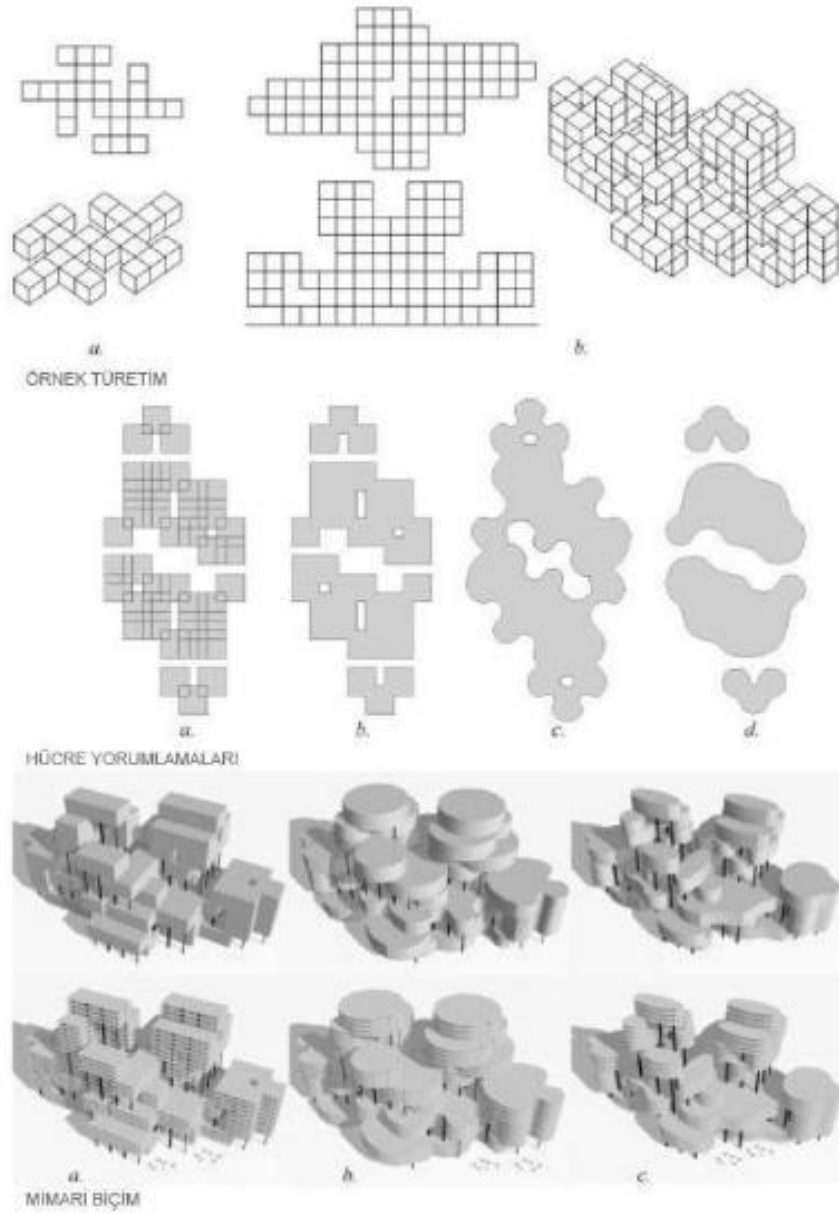
Doğum: $\{t\}$ anında ölü hücrenin tam olarak üç canlı komşusu varsa, $\{t+1\}$ 'de o hücre canlı hale gelir yani doğar.



Şekil 24. Conway'ın Yaşam Oyunu (URL-6)

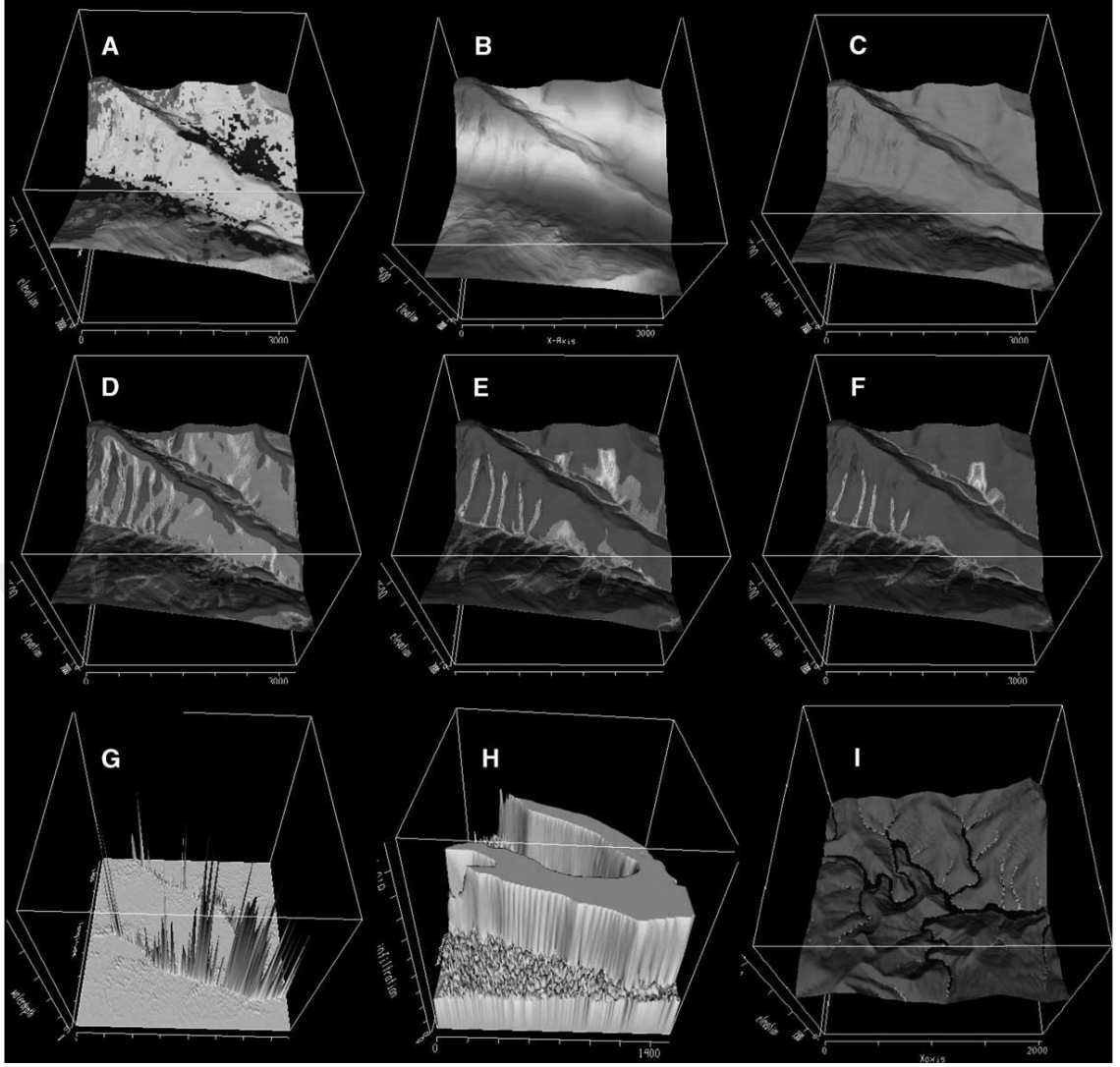
Hücresel Özdevinim yöntemi ile yapılmış çalışmalar 1995 yılında Frazer'ın yapmış olduğu form bulma amacıyla üç boyutlu üretimlerdir. Form bulma üzerine Krawczyk (2003), Herr (2008), Devetakovic (2009), Situngkir (2010), Koenig (2012) ve Bakunowicz (2013) çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Form bulma haricinde Clarke ve Anzalone (2003), Zawidzki (2008) ve Bitonti (2009) cephe tasarımları üzerine yaptıkları çalışmalarda tek boyutlu üretimler gerçekleştirmişlerdir. Coates (1996), Petrusevski (2009), Popov (2010) ve Gourdoukis (2010) yerleşme üzerine hücresel özdevinim yöntemini 2 boyut üretimlerle çalışmışlardır.

Krawczyk'ın kent parçaları üzerinde yapmış olduğu hücresel özdevinim çalışması ise, üç boyut kurguda mekânsal ve strüktürel bir çözüm geliştirmek istemiştir (Şekil 25). Hücresel Özdevinim çalışmalarına bir başka örnek ise; Herr ve Ford'un 2016 yılında mimari tasarım sürecinde Hücresel Özdevinim yöntemini tasarım fikri üzerinde kurgulanmasıdır. Mimari plan, biçimlenme ve işlevsel çözüm üzerine bir model geliştirilerek, mimari programlarla entegreli çalışma ortamı oluşturmuşlardır.



Şekil 25. Krawczyk'in (2002 ve 2003) Hücresel Özdevinim çalışması

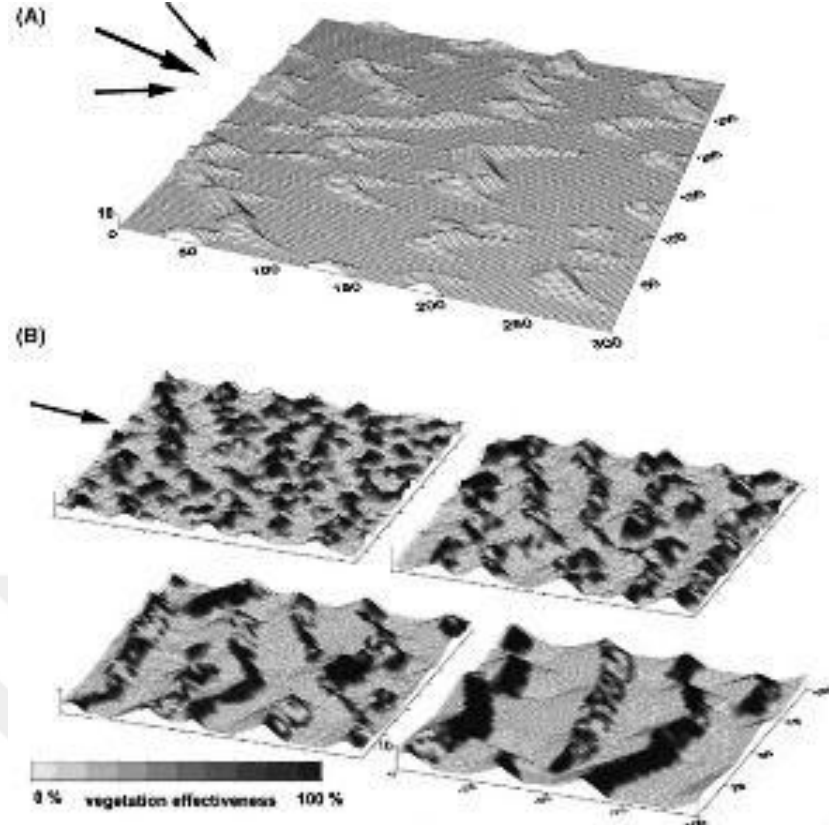
Jeomorfoloji ve ekolojiyi etkili bir şekilde entegre ederek Fonstad'ın yapmış olduğu bir çalışmada (2006) Hücresel Özdevinim yöntemi kullanmıştır. Çalışmada doğadaki su akışının yarattığı sürekliliğine karşıt jeomorfolojik tepkilerin analizini üç boyutlu oluşumlarla göstermiştir. Yaşanan değişimler suyun akışı ile değişkenlik göstermektedir. Ekoloji ve jeomorfoloji arasındaki bağlantıları belirlemek amacıyla yapılan çalışmada alışılmamış, fiziksel karmaşıklık ve mevcut teorik temsillerin sınırlamaları ile üretimler gerçekleştirilmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Fonstad'ın Hücresel Özdevinim Kuralı Kullanarak Oluşturduğu Jeomorfolojik Üretimler (2006)

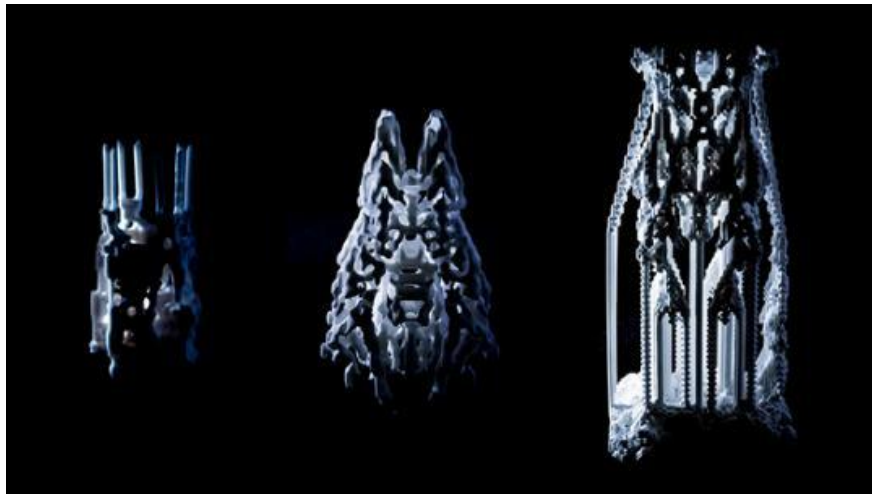
Hücresel Özdevinim yöntemi kullanılarak makro ve mikro ölçekli çalışmalarda tasarım problemine farklı yanıtlar aranan araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Kent planlaması, haritalama, oyun kurguları, kent mobilya parçaları, geleneksel doku, konut planı ve cephe özellikleri dahil olmak üzere birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

Hücresel Özdevinim kural yöntemi ile yapılmış olan jeomorfolojik bir çalışma olan Fonstad'ın modeli uzay-zaman sistemine dayalı bir sayısal sınıf modelidir (2006). Suyun akışı parametresi ele alınarak süreklilik temeline sayalı bir model geliştirmektedir (Şekil 27).



Şekil 27. Fonstad'ın geliştirdiği jeomorfolojik model çalışması (2006).

Mimarlık ve Hücresel Özdevinim entegrasyonunda Şekil 28'deki görselde yer alan tasarım AA School'da gökdelen olarak tasarlanmış yapı yaşam oyunu kuralı ile yeniden oluşturulmuştur (URL-20). Hücresel otomat teorisi ve pratiğine derinlemesine inmeyi ve kendi kendini organize eden sistemi kontrol etme stratejilerini tanımlamayı ve mimari tasarımda kullanım yönlerini bulmayı amaçlanarak proje tasarlanmıştır.



Şekil 28. Mimarlık ve Hücresel Özdevinim Entegrasyonu

“Bir araç olarak hücresel otomatlar”, belirli kurallar dizisini takip ederek kentlerin tasarlanması ve büyütülmesi amacıyla kullanılabilmektedir. Bu büyüme ya da hücresel çoğalma, Japon mimar Kisho Kurokawa tarafından tasarlanan ünlü Nakagin Kapsül Kulesi’nde açıkça sergilenmektedir. Tokyo’nun Ginza bölgesinde inşa edilen bu yapı (Şekil 29), Metabolist mimarlığın öncü örneklerinden biri olup, merkezi bir çekirdek etrafında farklı açılarla döndürülerek istiflenmiş 140 kapsülden oluşan ve 14 kat yüksekliğe sahip bir mega strüktürdür (Tarakesh, 2023).



Şekil 29. Nakagin Capsule Tower

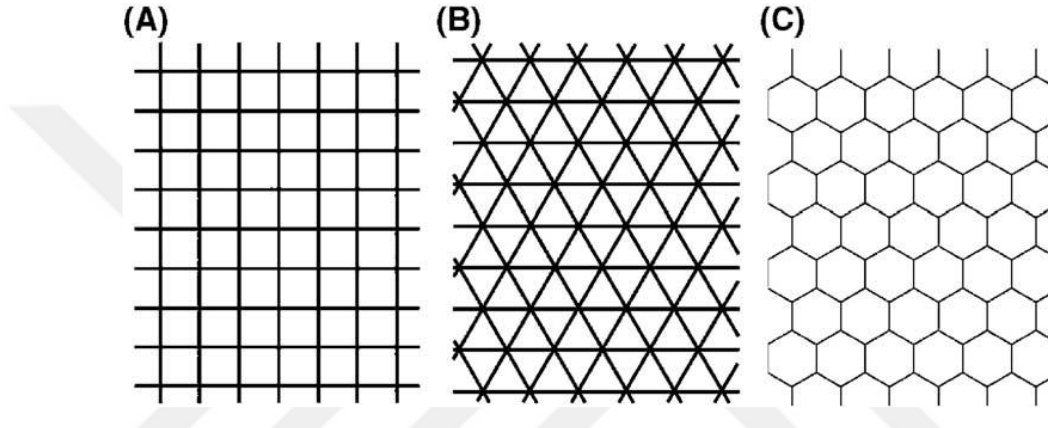
Hücresel Özdevinim yönteminin diğer üretken tasarım araçlarından farklılıkları ve avantajları mevcuttur. Yöntemin uygulanması bileşenler, kural dizilimi, avantajlar, sınırlamalar ve uygunluk düzeyi olmak üzere çeşitli parametrelere göre belirlenmektedir (Tablo1).

Tablo 1. Hücresel Özdevinim Yöntemi Parametreleri (Dinçer, 2014) (Yazar tarafından yeniden oluşturulmuştur)

Hücresel Özdevinim				
Bileşen ve Gereksinimler	Kural Uygulama	Temel Avantajlar	Temel Sınırlamalar	Uygunluk Düzeyi
Izgaralar/Hücreler Durum Kuralları Temel Hücre Durumları	Genellikle tanımlandığı gibi aynı anda birçok kural uygulanır	Sembolik	Yerelden genele (adım adım yerel davranışlar kaybolur)	Keşif ile ödünleşim. Sıklıkla kullanıcı tarafından üretim sonrası seçimi gerektirir.

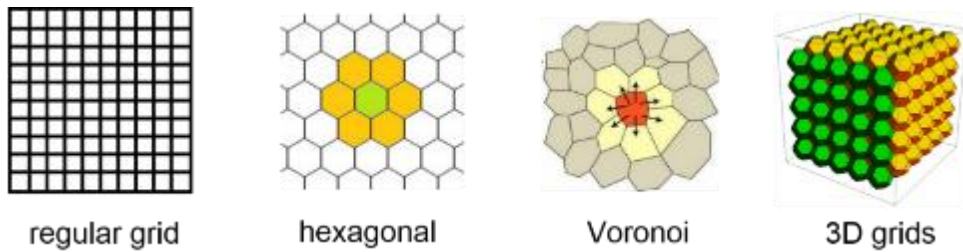
1.8.3. Hücresel Özdevinim Yönteminin Bileşenleri

Uzay-zaman ızgaralarının mozaiklenmesi genellikle her birinin dört ana komşusu ve dört çapraz komşusu olan karelerden (hücrelerden) oluşan bir kafes olarak tasvir edilmektedir. Her ne kadar neredeyse tüm CA modelleri bu temel üzerine kurulmuş olsa da kare kafes mozaiklemeler, alternatifler mevcuttur; üçgensel ve altıgen mozaikler de mümkündür (Şekil 30). İçinde özellikle "kafes-gaz" ve "kafes-Boltzmann" olarak adlandırılanlar CA teknikleri sıklıkla altıgen mozaiklemeler kullanılmaktadır (Frisch ve diğerleri, 1986).



Şekil 30. İki boyutlu uzayın mozaikleri: (A) kare ızgara; (B) üçgen; (C) altıgen.

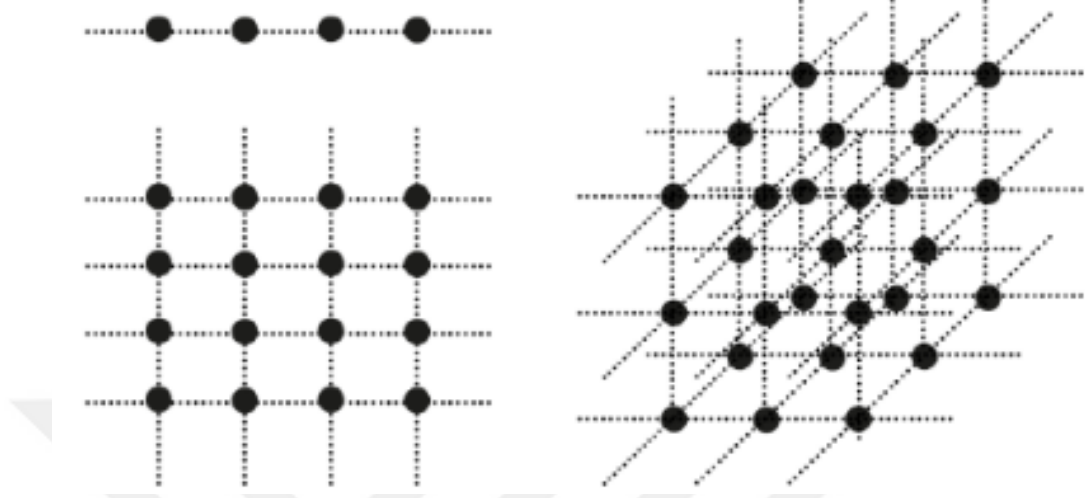
Basit bir Hücresel Özdevinim yönteminin oluşturulması için beş elemana ihtiyaç vardır. Bu elemanlar, grid/ızgara, komşuluk birimi, hücre durumları, zaman ve geçiş kurallarıdır (Çalışır Adem, 2020). Şekil 31'de 2 ve 3 boyutta yapılmış ızgara sistemi görülmektedir.



Şekil 31. 2d ve 3d Hücresel Özdevinim Uygulamaları

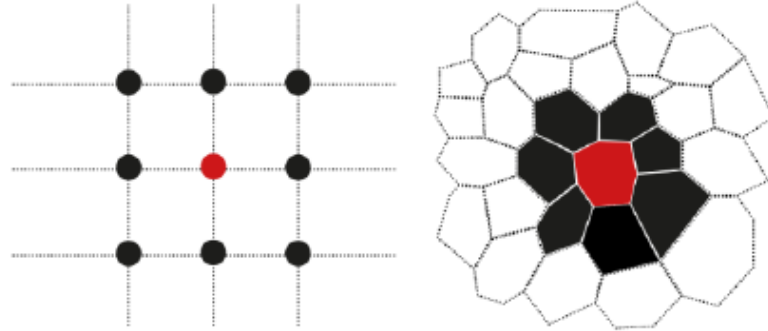
Grid/ızgara: Hücresel Özdevinim sisteminde her hücre belirli bir grid üzerinde yer alır. Bu grid yani ızgara sistemi bir boyutlu, iki boyutlu ya da üç boyutlu olabilir. Bununla beraber

grid, düzenli ya da düzensiz geometrilerden oluşabilir (Şekil 32). Gridler, hücrelerin sistem içindeki konumlarını vererek komşuların yerini belirlememize yardımcı olur (Çalışır Adem, 2020).



Şekil 32. 2d ve 3d boyutlu grid sistemler

Komşuluk Birimi: Grid içerisinde, hücrenin kendisi ile etkileşime geçtiği tüm hücrelerin oluşturduğu hücreler grubuna komşuluk birimi denilmektedir (Şekil 33). Bir boyutlu en basit otomatta üç hücreden oluşan bir komşuluk birimi var iken iki boyutlu en basit otomatta beş hücreden oluşan bir komşuluk birimi vardır (Çalışır Adem, 2020).



Şekil 33. Düzenli ve düzensiz bir komşuluk birimi (Navid ve diğ, 2013).

Hücre durumu: Hücrenin ardışık zaman dilimlerinde, tanımlanan komşuluk birimindeki komşularıyla lokal etkileşimi ve bilgi alışverişi sonucu oluşturulan kurallara bağlı olarak edindiği hücre değerine hücre durumu denilmektedir. Sistem içinde var olan her hücrenin, başlangıçta gelişigüzel ya da tasarlanmış bir hücre durumu vardır. Zaman

ilerledikçe sistemdeki her hücre komşuluk kurallarını takip ederek kendi durumunu günceller ve sistemi geliştirir. Hücre durumu ikili bir tanımlama ile oluşturulabilir (On/off || 0/1 || Canlı/ölü), sembolik renklerle tanımlanabilir ya da sayılarla ifade edilebilir. Bu nedenle, Hücresel Özdevinim sistemi, hücelere ait biçimlenmeye ilişkin bilgilerin taşındığı bir bilgi veri sistemi olarak da görülebilir (Coates ve diğ, 1996).

Zaman: Hücresel Özdevinim sisteminde zaman ardışık ve süresizdir. Zaman aktıkça, her bir zaman biriminde hücrenin durumu güncellenir ve sistem kendini günceller. Yöntemin uygulanması sürecinde hücreler kendi durumlarını koruyup yeni komşuluk birimleri geliştiriyorsa, bu yeni oluşan hücreler zaman birimiyle paralel olarak “jenerasyon” olarak adlandırılır (Çalışır Adem, 2020).

Geçiş Kuralları: Hücresel Özdevinim sisteminde geçiş kuralları tasarımcı tarafından belirlenmektedir. Canlandırılacak sistemi doğru yansıtabilecek, komşuluk ilişkilerine bağlı olan kurallar, bir sonraki jenerasyonda (zaman diliminde) hücrelerin yeni durumlarını belirler. Kurallar, sistemdeki tüm hücelere eş zamanlı uygulanır ve sisteme genel karakterini kazandırır (Çalışır Adem, 2020).

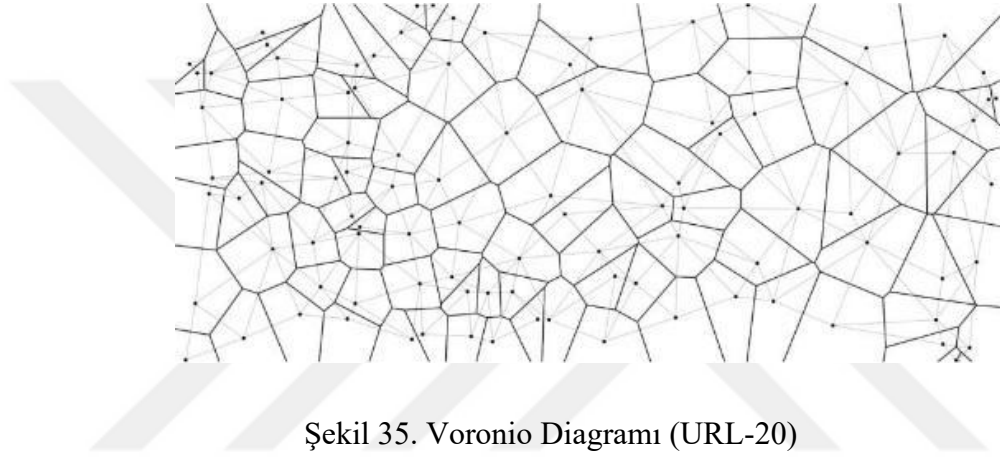
Hücresel Özdevinim kuralı düzenli veya düzensiz örüntüler üzerinden uygulanmaktadır. Düzenli modüler sistemler haricinde kural “voronio diyagramı” dizilimi ile düzensiz geometriler açıklanmaktadır.

Voronio diyagramı; John Snow 1950'lerde Londra'da yaşanan kolera salgının kirli bir su kaynağından kaynaklandığını voronio diyagram sayesinde bulduğu bilinmektedir. Şekil 34'te bir mikroskobik organizma diziliminde, topografyada ve hayvansal sistemlere örnek olan zürafa deri deseninde voronio diyagramı mevcuttur.



Şekil 34. Voronio Diyagramı ve Doğadaki Örnekleri (URL-19)

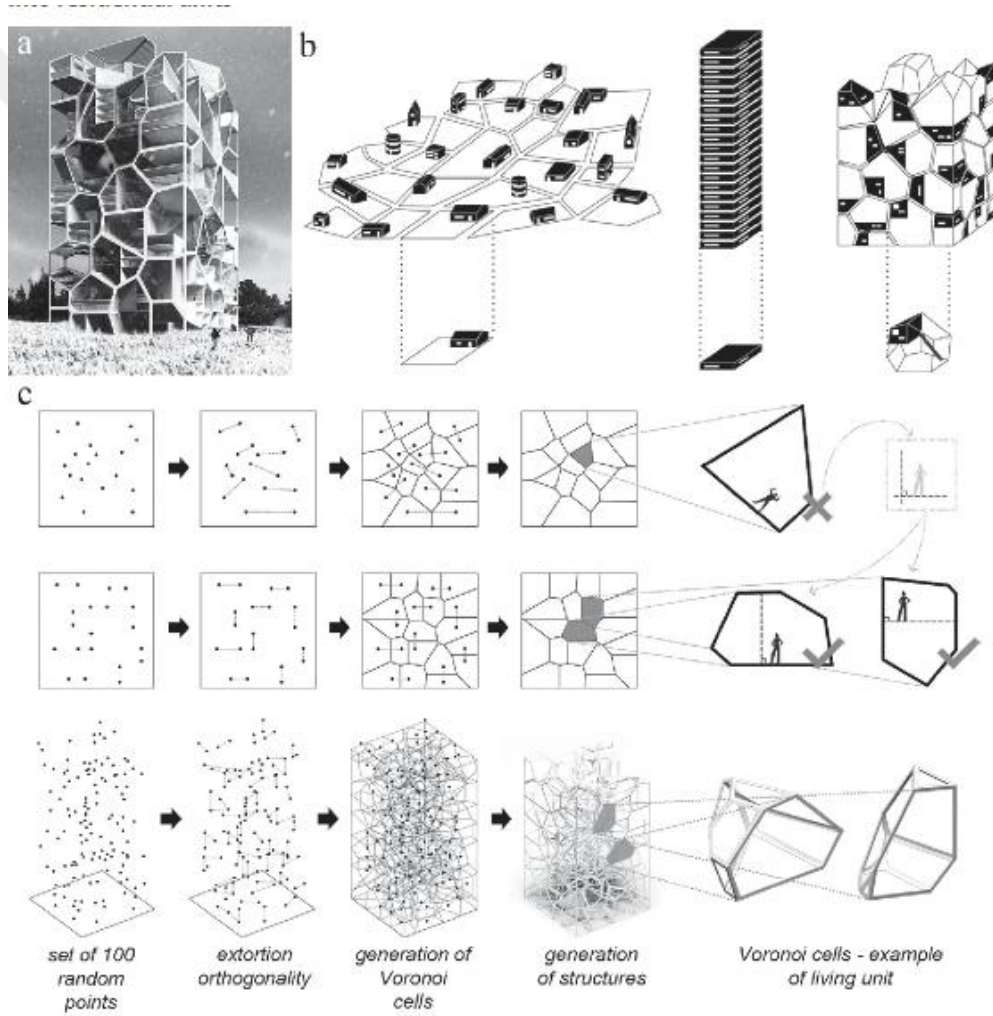
Voronoi diyagramının biçimsel özelliği doğadaki organizma sistemlerinde açıkça görülmektedir. Doğadaki birçok oluşum düzenli ve düzensiz bir geometride ancak bir kural dizilimine sahip olduğu görülmektedir. Voronoi diyagramındaki her bir noktayı alıp komşu hücrelerindeki noktalarla ilişkilendirildiğinde Delaunay üçgenlemesi adı verilen bir grafik elde edilmektedir. Matematiksel terimlerle, Delaunay üçgenlemesi Voronoi diyagramının ikili grafiğidir. Şekilde 35’te gösterilen grafikte bir Voronoi diyagramı (siyah) ve Delaunay üçgenlemesi (gri) bir dizi noktadan çizilmiştir.



Şekil 35. Voronoi Diyagramı (URL-20)

Hücresel Özdevinim (HÖ) kurallar kümesi, düzenli ve düzensiz komşuluk ilişkilerinin belirlediği etkileşim alanlarını temel alarak, iki ya da üç boyutlu uzayda sonlu sayıdaki referans noktası (tohum) etrafında biçimsel bir büyüme mekaniği üretmektedir. Bu süreçte, her nokta merkez kabul edilerek yarıçapları zaman adımlarına bağlı olarak artan çemberler (2B) ya da küreler (3B) oluşturulur. Giderek genişleyen bu geometrilerin kesişim bölgeleri, alanın bölütlenmesine ve böylelikle “en yakın komşu” prensibiyle tanımlanan hücrelere hayat vermektedir. Elde edilen hücresel bölütlenme, bilişsel ve biçimsel açıdan klasik Voronoi diyagramının parametrik bir yeniden üretimi olarak değerlendirilebilir. Voronoi diyagramı HÖ’nün zamansal evrimini geometrik-topolojik bir harita hâline getirerek her hücre sınırının, ilişkili tohum çiftlerinin eşit uzaklıkta bulunduğu yerde konumlanmasını sağlamaktadır (Şekil 36). Delaunay Üçgenlemesi ise söz konusu Voronoi yapısının dual (ikili) grafiği olarak işlev görür ve aynı tohum seti üzerinden en uzun kenar açılarını en düşük üçgen ağını oluşturur. Böylece Voronoi hücre sınırlarının ortogonal kesişimlerini birleştiren Delaunay kenarları hem mesafe optimizasyonu hem de strüktürel tutarlılık açısından kritik öneme sahiptir. Delaunay ağının oluşumu, malzeme tasarrufu sağlayan kafes sistemlerin, ağ

temelli strüktürlerin ve sayısal modellemeye dayalı form arayışlarının rasyonel zeminini sunmaktadır. Voronoi – Delaunay, hücresel özdevinimin deterministik kurallarını, hesaplamalı geometrinin güçlü analitik araçlarıyla buluşturarak mimari tasarımıda çok katmanlı bir veri ekosistemi oluşturmaktadır. Özellikle parametrik modelleme ortamlarında (Rhino, Houdini vb.) kural temelli tasarımcı, komşuluk tanımlarını, büyüme hızlarını ve başlangıç koşullarını değiştirerek farklı ölçeklerde uyarlanabilir form aileleri elde edebilmektedir. Voronoi diyagramlarının alan optimizasyonu, güneşlenme analizleri veya akustik performans çalışmaları gibi tasarım çıktılarını desteklerken; Delaunay ağları, taşıyıcı sistemlerin rijitliğini iyileştirecek strüktürel omurgalar tasarlamak için kullanılabilir.



şekil 36. Voronio Diagramı ile tasarım süreci (URL 7)

H  temelli büyüyen çember modellemesi aracılığıyla ortaya çıkan Voronoi–Delaunay ikilisi hem geometrik rasyoneliteyi hem de biyolojik çoğalma mantığını içkin bir biçimde

harmanlayarak çağdaş mimarlık ve tasarım araştırmalarına çok boyutlu bir üretkenlik potansiyeli kazandırmaktadır. Düzenli ve düzensiz geometrilerin hücresele özdevinim ile açıklandığı doğal sistemler farklı örüntüler ve çalışma prensibine sahiptir. Alternatif form arayışlarında çözüm olarak kullanılan bu yöntemler tasarım pratiğine çeşitlilik kazandırmaktadır.

1.9. Bölüm Sonu Değerlendirmesi

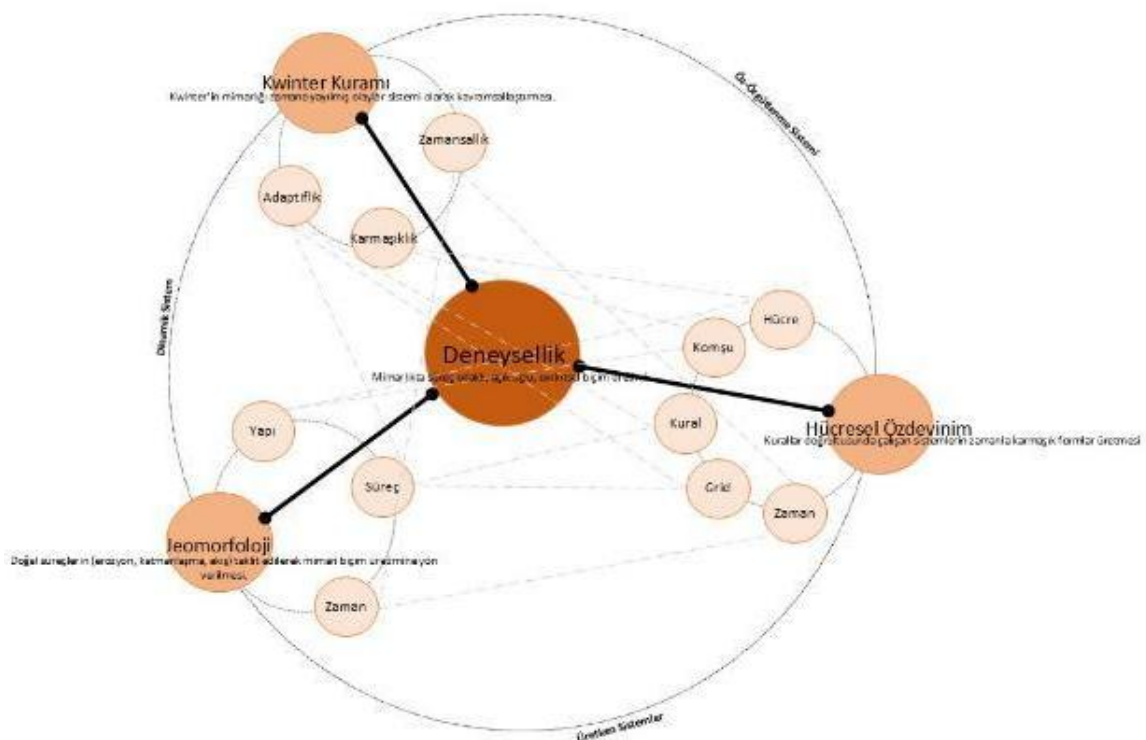
Yapılan çalışmalara göre incelenen örnekler, söylemler ve araştırmalar ön-mimari bir deneyi açıklamaktadır (Yedekçi, 2014; Çağdaş, Bacınoğlu ve Çavuşoğlu, 2015; Terzidis, 2006; Hansmeyer, 2003; Singh, & Gu, 2012; Thompson, 2000; Myers, 2018; Hensel, Menges, Weinstock, 2013; Erbas Korur, Yüksel, 2013). Dijital tasarım anlayışı ile şekillenen mimarlık düşüncesi teori ve pratiği deneysellik ile birleştirmektedir. Tasarım sürecinde morfogenetik tasarım teknikleri, dijital araçlar yardımıyla mimarının yeniden düşünülmesine izin vermektedir. Bu süreç parçalardan oluşan birleşik bir bütün olarak ele alınmaktadır. Ancak bu yeni tasarım düşüncesi deneysellik bağlamında üretken sistemlerden olan öz-örgütlenme yaklaşımına yönelik form değerlendirilmesine dair bir çalışmaya rastlanmamaktadır.

Türkiye’de doğa ve teknoloji kesişiminde mimarlık araştırmalarında deneysellik olgusu olarak bu çalışma bir ilk özelliği taşımaktadır. Çalışma sayesinde, mimarlıkta deneysellik teknolojinin sağladığı hesaplamalı tasarım yöntemi ile öneriler sunulurken, süreç boyunca geliştirilecek olan tasarım yöntemi bir model oluşturacaktır. Bu süreç ile beraber geleceğe yönelik yapılan mimarlık araştırmalarında sadece söylem değil aynı zamanda pratik ve teori ilişkisinin güçleneceği bir yöntem belirlenecektir.

Çalışmada bir diğer özgün değer ise; biyo-dijital tasarım alt başlıklarından olan topografik sistemlerin ele alınmasıyla yer, yapı ve insan ilişkisinin veriler yardımıyla sorgulanması olacaktır. Topografyada yer alan tarihi yapıların zamanla yer bağlamından koparılması değişkeni ile kültürel izlerin devamlılığına katkı sağlanması hedeflenen çalışmada, her bir değişkene göre çeşitlilik oluşması beklenmektedir. Böylece üretken sistemlerle seçilen topografik düzenin zaman içerisindeki insan ölçekli değişimi, kültürel düzeydeki etkileri tartışılarak mimari form üzerinde yeni bir dil oluşturacaktır.

Sanford Kwinter, mimarlığın geleneksel "geometrik temsil" anlayışından uzaklaşarak, topolojik, kinetik ve ilişkisel düzlemlerde yeniden ele alınması gerektiğini ileri sürmektedir. Bu yaklaşım, mimari formun durağan bir nesne olarak değil, sürekli bir dönüşüm içerisinde olan ve bağlamsal etkileşimler tarafından biçimlenen bir süreç olarak kavranması gerektiğini ifade etmektedir. Kwinter'ın düşünsel çerçevesinde biçim, belirli bir amaca hizmet eden sabit bir yapı değil; bir olayın mekânsal bir dışavurumudur (Kwinter, 2001). Bu anlamda biçim, sabit bir ürün değil, süreklilik içinde oluşan bir durum, bir olgular dizisidir.

Sayısal tasarım, parametrik modelleme ve biyomimetik üretim süreçleri gibi çağdaş dijital araçlar, Kwinter'ın öne sürdüğü dinamik sistemler yaklaşımını somutlaştırmaya imkân tanımaktadır. Bu araçlar, formun gelişimini belirli bir algoritmik mantık çerçevesinde tanımlarken, aynı zamanda çevresel girdilere tepki verebilen adaptif sistemlerin mimarlık pratiğinde uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda Kwinter'ın kuramsal çerçevesi, mimarlıkta statik form anlayışını sorgulayan ve biçimi olaylar, süreçler ve ilişkiler üzerinden yeniden tarif eden deneysel bir paradigma sunmaktadır (Şekil 37). Mimarlığın geleceğine ilişkin bu perspektif, yalnızca estetik değil, aynı zamanda yapısal, teknolojik ve toplumsal açılardan da dönüştürücü bir potansiyel taşımaktadır.



Şekil 37. Deneysellik kavramının Kwinter kuramı ve jeomorfoloji bağlamında ilişki ağı
(Çelenk, 2025)

Mimarlıkta “deneysellik”, yalnızca biçimsel yenilik arayışının ötesinde, form üretimini sürekli değişen çevresel, teknolojik ve düşünsel parametrelerle ilişkili açık uçlu, süreç-temelli bir pratik olarak tanımlanabilir. Bu çerçevede, deneysellik kavramının kuramsal temellerini oluşturmak için Sanford Kwinter’in dinamik sistemler kuramı, hücresel özdevinim modeli ve jeomorfolojik biçimlenme kuramı arasındaki ilişkiler çok boyutlu olarak değerlendirilmelidir. Bu üç yaklaşım, yapının sabit bir nesne olmaktan çıkarak zaman, süreç ve etkileşim bağlamında oluşan bir organizma hâline gelmesini mümkün kılmaktadır.

Jeomorfolojik biçimlenme, doğada gerçekleşen süreçlerin (erozyon, katmanlaşma, tortulanma, akış) mimari tasarım süreçlerine model olarak alınmasıdır. Bu yaklaşım, özellikle doğanın kendi iç dinamikleriyle oluşan morfolojilerin, yapay sistemlerde yeniden üretilmesine olanak sağlar. Üç temel kavramla açıklanabilir:

Yapı: Doğadan türetilmiş biçimler (örneğin, topografya etkisiyle gelişen çatı sistemleri).

Süreç: Biçimin tekil bir karar değil, süreç içinde evrilen bir organizasyon olması.

Zaman: Yavaş, sürekli, katmanlı dönüşüm.

Deneysel yaklaşım, Kwinter’in “form as process” düşüncesini desteklerken, hücresel özdevinimle de kendiliğinden örgütlenme (self-organization) açısından kesişmektedir. Bu tür yapılar, çevreyle birlikte değişen, büyüeyebilen ya da dönüşebilen sistemlere dönüşmektedir. Mimarlık üretiminin bu tür bir yaklaşım çerçevesinde ele alınması, geleneksel tipoloji anlayışlarını aşarak, çok etkenli ve çok merkezli tasarım süreçlerinin kuramsallaştırılmasına olanak tanımaktadır. Özellikle pavyon gibi geçici ve deneysel yapı türleri, bu kuram doğrultusunda form-malzeme-zaman üçgeninde sürekli yeniden yapılanabilen sistemler olarak değerlendirilebilir.

Deneysel tasarım, teknoloji ve dijital üretim araçlarının etkisiyle çok daha etkileşimli ve esnek bir hale gelmiş, geleneksel tasarım süreçlerinden farklı olarak sürekli bir gelişim ve öğrenme süreci oluşturmuştur. Bu süreç, sadece yeni form ve biçimler değil, aynı zamanda tasarımcıların düşünme biçimlerini de dönüştürmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmalar kısmında yukarıdaki bölümde açıklanmış olan kavramsal çerçeve ışığında çalışma strüktürü ve yöntemi, örneklem alanının tespiti ve üretken tasarım modelinin oluşum aşamaları açıklanmaktadır.

2.1. Çalışma Strüktürü ve Yöntemi

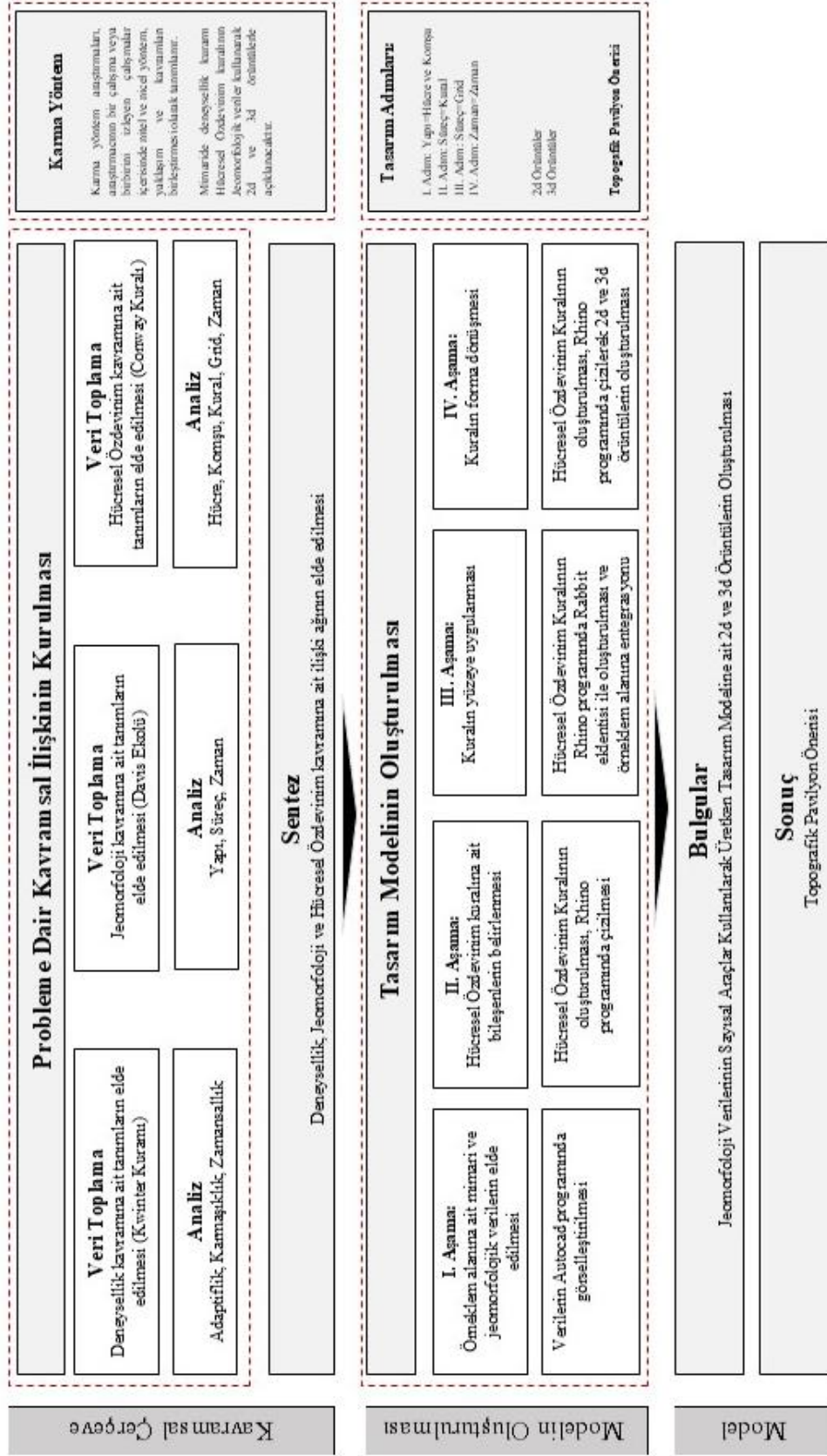
Tez dört aşamadan oluşacaktır. Planlanan bu araştırmaya ilişkin aşamalar Şekil 38’de verilen çalışma strüktürü üzerinde görselleştirilmiş, görsele ilişkin açıklamalar şekil sonrasında sunulmuştur.

Çalışmanın başlangıcında, araştırma konusunun belirlenmesi temel adımı oluşturmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın problemi açık biçimde tanımlanmış; amaç, hedef ve araştırma soruları sistematik olarak ortaya konmuştur. Bu aşamanın ardından, çalışmada izlenecek yöntem belirlenerek araştırmanın yapısal çerçevesi oluşturulmuştur.

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen literatür çalışması, çift yönlü bir veri toplama ve analiz süreciyle yapılandırılmıştır. Bir yandan jeomorfoloji kavramına ilişkin kuramsal tanımlar, süreçler ve bileşenler; diğer yandan hücrel özdevinim kuramına dair teorik çerçeve sistematik biçimde incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu süreçte elde edilen bulgular doğrultusunda, iki kavram arasında oluşan kesişim alanları belirlenmiş ve bu doğrultuda kavramsal düzeyde ilişkisel bir ağ sentezlenmiştir. Söz konusu ağ yapısı, deneysellik kavramı çerçevesinde kavramsallaştırılmış ve özgün bir tasarım yaklaşımına dönüştürülmüştür. Böylelikle hem jeomorfolojik verilerin biçimsel potansiyeli hem de hücrel özdevinim kuramının hesaplamalı yetkinlikleri mimari tasarım süreçlerine entegre edilmiştir. Araştırma yöntemi olarak karma yöntem yaklaşımı benimsenmiş; bu bağlamda hem nitel hem de nicel veri toplama tekniklerinden faydalanılmıştır. Bu yöntemsel tercih, araştırma sorularının daha derinlemesine ve bütüncül biçimde ele alınmasına olanak tanımaktadır (Creswell, 2003). Özellikle nitel veriler aracılığıyla elde edilen bağlamsal bulguların, nicel verilerle desteklenerek daha açıklayıcı, ayrıntılandırılmış ve geçerli sonuçlar üretmesi beklenmektedir. Bu açıdan yöntemler birbirini tamamlayıcı işlev üstlenmektedir (Greene et al., 1989).

Kavramsal analiz süreciyle eşzamanlı olarak, çalışmanın deneysel kurgusu, hücresel özdevinim ilkelerine dayalı biçimsel üretimlerle desteklenmiş ve bu üretimlere uygun özgün tasarım stratejileri geliştirilmiştir. Bu stratejiler, yalnızca kuramsal düzlemde kalmayıp, uygulama ve değerlendirme aşamalarında somut biçimde test edilmiştir. Araştırma sürecinde farklı yöntemsel araçlardan yararlanılmış; özellikle biyo-dijital tasarım yaklaşımlarından biri olan topografik sistemler çerçevesinde Gümüşhane ili Süleymaniye Mahallesi'nin jeomorfolojik yapısı ve kültürel katmanları veri kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Toplanan bu bağlamsal veriler, öz-örgütlenme mantığıyla çalışan hesaplama modelleriyle dijital ortamda bütünleştirilmiş; bu sayede morfogenetik süreçlerin kontrol edilebilir biçimde simüle edilmesi mümkün kılınmıştır. Elde edilen biçimsel çıktılar, yalnızca estetik bir tasarım önerisi olarak değil, aynı zamanda deneysel mimarlık üretimlerini yönlendirebilecek bir hesaplamalı tasarım modeli niteliği taşımaktadır. Bu bağlamda geliştirilen modelin, hem yeni nesil mimari üretim biçimlerine teorik zemin oluşturması hem de yerel/topografik verilerle uyumlu tasarım çözümleri üretme potansiyeli sunması hedeflenmiştir.

Modelin Oluşturulması aşamasında örneklem alanı belirlenmiş ve bu alana ait harita ile literatürde yer alan veriler toplanmıştır. Mimari ve jeomorfolojik özelliklere ilişkin veriler sınıflandırılarak AutoCAD ortamında görselleştirilmiş ve analiz edilmiştir. Hücresel özdevinim kurallarının belirlenmesi, parametrik modellemenin gerçekleştirilmesi ve bu kuralların dijital ortamlarda (Rhino ve Grasshopper gibi) çizilmesiyle tasarım altyapısı oluşturulmuştur.



Şekil 38. Çalışma yöntemine ilişkin çalışma strüktürü

Yukarıda çalışma strüktüründe yer alan ve çalışmanın süreçte takip edilen adımları aşağıda açıklanmıştır:

1. adım: Giriş bölümünde çalışma konusu ve çalışmanın problemi tanımlanmıştır. Çalışma konusuna karar verilmesi ile ilgili literatürde yer almakla birlikte zamana bağlı farklı tanımlamaları olan deneysellik kavramı, kavramsal belirsizlikler ve kuramsal muğlaklıklar içerdiği görülmüştür. Bu durum, söz konusu kavramın mimarlık ve tasarım alanındaki kullanımlarında tutarsızlıklar doğurmakta ve kavramsal analiz açısından problemleri bir zemin oluşturmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın odak noktası olarak “tasarımda deneysellik” kavramı seçilmiş hem kavramsal sınırlarının tartışılması hem de literatürdeki kullanımlarının eleştirel bir değerlendirmeye tabi tutulması amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yürütülen kapsamlı literatür taraması, konuya ilişkin mevcut bilgi birikiminin sistematik bir şekilde incelenmesini sağlamış ve bu doğrultuda belirgin boşluklar ortaya konmuştur. Tespit edilen bu literatür ile eksiklikler, mimarlık disiplininde yer alan tanımlamalarla beraber kuramsal düzeyde hissedilen boşlukların pratik alandaki yansımaları da doğrulanmıştır. Bu yöntemsel yaklaşım, çalışmanın hem literatüre katkı sunma potansiyelini güçlendirmiş hem de alana özgü özgün bir problem alanının varlığını somut verilerle ortaya koymuştur. Araştırma soruları ile çalışmanın çerçevesi ve akışı belirlenmiştir.

2. adım: Yapılan çalışmalar ile verilerin toplanması, analizi ve sentezi yapılmıştır. Çalışma yöntemi ve örneklem alanı belirlenmiş ve araştırma konusu olan üretken tasarım modelinin oluşum aşamaları tanımlanmıştır. Bu bağlamda kavramsal çerçevede açıklanan kural dizilimi ile model uygulanması için örneklem alanına ait jeomorfolojik veriler toplanmış, işlenmiş ve hücrel özdevinim kuralı belirlenmiştir.

3. adım: Tasarımda deneysellik kavramı üretken tasarım yöntemi ve dijital veriler ile somut olarak bir model ile oluşturulmuştur. Üretken tasarım modeline ait aşamalar açıklanmıştır. Bu aşamalar; Örneklem alanının belirlenmesi, Kural diziliminin belirlenmesi, Kuralın yüzeye uygulanması, Kuralın forma dönüşmesinden oluşmaktadır.

4. adım: Jeomorfolojik verilerin sayısal araçları kullanılarak üretken tasarım modeline ait 2d ve 3d örüntülerin oluşturulması, irdelenmesi ve yorumlanması son adım olarak belirlenmiştir.

Teze ait çalışma akışı yukarıda bahsedilmiştir. Jeomorfoloji Verilerinin Sayısal Araçlar Kullanılarak Üretken Tasarım Modeli Oluşturulma aşamaları bir sonraki başlıkta açıklanacaktır.

Jeomorfoloji Verilerinin Sayısal Araçlar Kullanılarak Üretken Tasarım Modeli Oluşturulması:

Tasarım süreci boyunca, "Rhino/Grasshopper" programı kullanılırken aynı zamanda 21. yüzyıl tasarım düşüncesini şekillendiren "self-organized" tasarım mantığı ile hesaplamalar yapılacaktır. Çalışmada, ele alınan topografyada jeomorfolojik veriler algoritmik bir denklemlerle işlenerek deneysel bir çalışma sunulması hedeflenmiştir. Bölgedeki imar, ulaşım ağları ve yapılaşmalar manipüle edilerek modeller geliştirilmiştir. Bu sayede, deneysel araştırmada asal geometri içermeyen bir form arayışı ve alternatif sonuçlar kavramsal bir bağlamda ortaya konarak tasarım çözümleri için yeni olasılıklar yaratılmaktadır. Jeomorfolojik ve jeo-uzamsal veriler tasarımla ilişkilendirilerek yer bağlamı, kültürel ve sosyal iletişim yeniden inşa edilmekte ve bu süreç, topografik örüntü önerisiyle gerçekleştirilmektedir. Böylece, coğrafya ve tasarım gibi farklı bileşenler, biyo-dijital tasarım düşüncesiyle kesiştirilerek deneysel bir mimari olasılığına olanak tanınmaktadır.

Tablo 2. Çalışma süreci ve işlemler

	Veri Toplama	Veri Üretim	Verilere Dayalı Tasarım Modeli
Yöntem	-Topografya Geometrisi	--Verilerin Tasarım Kuralına Dönüşmesi	Jeomorfolojik Veri Kullanılarak Üretken Tasarım Modeli Oluşturulması
Araç	Jeomorfoloji	Autocad	Hücrel Özdevinim Rhino/Grasshopper/Rabbit
Girdi	Topografya Geometrisi Tepe-Vadi Aksları	-2D ve 3D örüntülerinin oluşturulması	Topografya Dokusu
İşlemler	-Verinin Toplanması -Depolanması -Görselleştirilmesi	-Grid sistemi -Kümeleme	-Topografyaya Kuralların Uygulanması
Çıktı	Veri Haritaları	Hücrel Özdevinim Kuralı	Tasarım Modeli

Bu bağlamda Jeomorfoloji Verilerinin Sayısal Araçlar Kullanılarak Üretken Tasarım Modeli dört aşamasından oluşmaktadır.

- I. Aşama: Örneklem alanının belirlenmesi ve sınırlandırılması
- II. Aşama: Kural diziliminin belirlenmesi
- III. Aşama: Kuralın yüzeye uygulanması
- IV. Aşama: Kuralın forma dönüşmesi

I.Aşama: Örneklem alanının belirlenmesi ve sınırlandırılması (Veri Toplama Aşaması)

I. aşama sürecinde jeomorfolojik durumun yapısal kısmı incelenmektedir. Bu bağlamda örneklem alanının belirlenmesi ve sınırlandırılarak örneklem alanına ait jeomorfolojik verilerin dijital sisteme aktarılması ilk aşamadır. Örneklem alanına uygun hücre durumu belirlenip, komşuluk ilişkisi kurulacak Hücresel Özdevinim yöntemi seçilmelidir.

Veri toplama sürecinde Gümüşhane İli Eski Süleymaniye Mahallesi'nin topografik özelliklerinin tespiti ve verilerin elde edilmesi amacıyla jeomorfolojik veriler kullanılacaktır. Mahalleye ait izohipsler, eğriler, mesafeler, yol ve su bağlantı aksları gibi topografya geometrisine dair tüm veriler, "AutoCAD" ve "Rhino" programları kullanılarak işlenecek ve bilgi arşivi oluşturulacaktır.

Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi, tarihi bir sit alanı olması nedeniyle bünyesindeki yapı stoğu, dijital çizim araçlarından biri olan "AutoCAD" programı ile işlenecek ve tüm veriler karşılaştırılacaktır. İki boyutlu çalışmalara dayanan haritalama ve veri stoğu işlemleri AutoCAD ortamında tamamlanacaktır. Elde edilen jeomorfolojik geometri verileri, "Rhino/Grasshopper" ortamına aktarılacak ve burada üç boyutlu olarak işlenerek örneklem alanına ait biçimsel veriler ortaya konulacaktır.

II. Aşama: Kural diziliminin belirlenmesi (Tasarım Yönteminin Belirlenmesi)

II. aşama sürecinde örneklem alanına ait jeomorfolojik değişimlerin sürece bağlı değişkenliği temsil edilmektedir. Bu bağlamda Hücresel Özdevinim kuralı belirlenmektedir. Hücresel Özdevinim kural diziliminin belirlenmesi bu aşamada gerçekleşmektedir. Modüler form bu aşamada şekillenmektedir.

Mimarinin deneySELLİĞİ, 21. yüzyıl tasarım düşüncesinde önemli bir yer tutmaktadır. DeneySELLİĞİ deneyimleyebilmek amacıyla, dijital tasarım yaklaşımlarından üretken tasarım yöntemleri ele alınarak tasarım tartışmalarına yenilikçi bir bakış açısı sunulmaktadır. Tezin kapsamı, üretken tasarım yöntemlerinden biri olan self-organized (Öz-Örgütlenme/Kendi

Kendini Organize Eden Sistemler) tasarım düşüncesi üzerine kurulmuştur. Öz-Örgütlenme sistemlerinin tercih edilme nedeni, mimarinin deneyselliğini yakalayabilme, ani değişimlere ve tahmin edilemezlik ölçütlerine dair deneyimler elde edebilmektir.

Tasarım süreci, jeomorfolojik veri analizlerinin sayısallaştırılarak kullanılmasıyla başlamaktadır. Bu modeller, temel form ve arazi şekli analizleri için dijital bir veri aracı olarak kullanılmaktadır. Elde edilen veriler dijital tasarım araçlarına aktarılır ve modellenmektedir. Modellenen topografik veriler, Rhino/Grasshopper programında hücresel özdevinim tasarım yöntemiyle modüler olarak kodlanacaktır. Her yapı adımı modüller değişim gösterecek ve bu durum, tasarım kodlaması ile alternatif üretimlerin oluşturulabileceği bir modelin gelişmesine katkı sağlayacaktır.

III. Aşama: Kuralın yüzeye uygulanması (Form Tasarım Süreci)

III. aşamada jeomorfolojik süreci ve Hücresel Özdevinim kuralının uygulanabileceği komşuluk ilişkisi tespit edilmelidir. Hücresel Özdevinim kuralı bu ilişki ve kural dizilimine bağlı jeomorfolojik sınırlar içerisinde yüzeye uygulanmalıdır. Hücresel Özdevinim yöntemiyle geliştirilen kodlama sistemi, Gümüşhane ili Eski Süleymaniye Mahallesi'ne ait verilerden oluşmaktadır. Bu veriler, topografik geometrinin yapı ile kurduğu ilişkiye bağlı değişkenleri ve bu değişkenlerin kodlama sistemine göre ürettiği yeni formları oluşturmaya olanak sağlamaktadır. Böylece, tasarımda olasılık ve deneyselliğin form üzerindeki değişimlerinin değerlendirilmesine imkân tanıyan çoklu bir tasarım çıktısı sunulmaktadır. Girdilerin değişmesiyle ortaya çıkan farklı çıktılar, tahmin edilemez ve değişken form üretimlerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

IV. Aşama: Kuralın forma dönüşmesi (Tasarım Modeli 2d ve 3d Örüntüler)

IV. aşamada Hücresel Özdevinim yönteminin ve jeomorfolojik analizlerin en önemli parametresi olan zaman değişimi ile form üretimleri gerçekleşmektedir. Formun değişimi ve yüzeye göre oluşturduğu dizilimlerin entegrasyonu alternatif seçimler ortaya koymaktadır. Oluşan örüntüler üretken tasarım modeli için sonsuz seçenekler oluşturmaktadır. Bu durum tasarım modeli için jeomorfolojik verilerin hücresel özdevinim yöntemine göre ilişkisini ve formun deneysel keşfine imkân tanımaktadır.

Üretken tasarım yöntemleriyle oluşturulan tasarım modeli, farklı girdilere bağlı olarak değişken çıktılar oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Bu durum, sadece Gümüşhane ili Eski Süleymaniye Mahallesi verileriyle değil, aynı zamanda farklı bölge ve tarihi dokularda

da farklı form çıktılarının elde edilebileceği bir tasarım modelinin sunulmasına olanak vermektedir. Böylece, kültürel ve coğrafi izlerin zamana bağlı değişimlerini, mimarinin disiplinler arası iş birliğiyle deneysel bir tasarım ortamında yeniden ele alarak farklı çalışma alanlarına da imkân tanınmaktadır.

Tez araştırması, öğrenilen teorik bilgilerin deneysel bir ortamda özgün, yaratıcı, estetik ve özgür pratik alanlarında uygulanması gerektiğini somut bir şekilde gösterdiği için önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, 21. yüzyıl ve geleceğe yönelik mimarlık araştırmalarının deneysellik temelinde düşüncenin değişken inşasını incelemektedir.

21. yüzyıl yeni tasarım yaklaşımlarından Biyo-Dijital tasarım alt başlıklarından biri olan topografik sistemler seçilmiş ve Gümüşhane ili Eski Süleymaniye Mahallesi'nin topografyası belirlenmiştir. Tasarım ölçütü olarak ise üretken tasarım sistemlerinden öz-örgütlenme mantığı, deneysel mimarlık anlayışını deneyimlemek amacıyla seçilmiştir. Öz-örgütlenme sistemlerini tanımlamak için Hücrel Özdevinim kuralları kullanılmış ve bu kurallar aracılığıyla veriler, tasarımda karmaşıklık, yeni form çıktıları ve tahmin edilemez bir süreç tanımlamak için bir model geliştirilmiştir.

Çalışmanın tez çalışma akışı ve tasarım modeli aşamaları yukarıda açıklanmıştır. Örneklem alanına ait verilerin toplanması ve analizi bir sonraki başlıkta ele alınacaktır. Hücrel Özdevinim kod dizisi, Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi'ne ait genel bilgiler ve bölgenin jeomorfolojisi ile tarihi yapı stoğu, araştırmanın ilerleyen başlıklarında detaylı bir şekilde sunulacaktır.

Model aşamasında, oluşturulan model aracılığıyla jeomorfolojik verilerin sayısal araçlarla işlenmesi sağlanmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen tasarım modeline ait 2D ve 3D örüntüler üretilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bulgular, hücrel özdevinim temelli tasarım yaklaşımının biçimsel çeşitliliği ve üretkenliğini göstermektedir.

Araştırma, sonuç bölümünde elde edilen bulguları yorumlayarak öneriler sunmakta ve gelecek çalışmalara katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

2.2. Örneklem Alanının Belirlenmesi

Çalışmada, morfogenetik mimari üretim biçimlerinin jeomorfolojik formlarla etkileşimli olarak biçimlendiği, hücrel özdevinim (cellular automata) ilkesine dayalı deneysel tasarım süreçlerinin araştırılmasına yönelik olarak Gümüşhane ili merkezinde yer

alan Süleymaniye Mahallesi örneklem alanı olarak belirlenmiştir. Bu seçimin ardında hem fiziksel-morfolojik veriler hem de tarihsel/kentsel dönüşüm bağlamında özgün bir laboratuvar ortamı sunması yatmaktadır.

Gümüşhane ili, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde, daha özel olarak Doğu Karadeniz'in iç kesiminde yer almaktadır. Enlem–boylam dereceleri: 39° 45'–40° 50' K, 38° 45'–40° 12' D, yüz ölçümü ise 6 668 km²'dir (URL-22). Kuzeyde Trabzon, doğuda Bayburt, batıda Giresun ve güneyde Erzincan illeri bulunmaktadır (Şekil 39). Topografya açısından bölge, yüksek dağlar, yaylalar ve dar vadilerle karakterize edilir. Ortalama yükseltisi yaklaşık 1210 metredir.



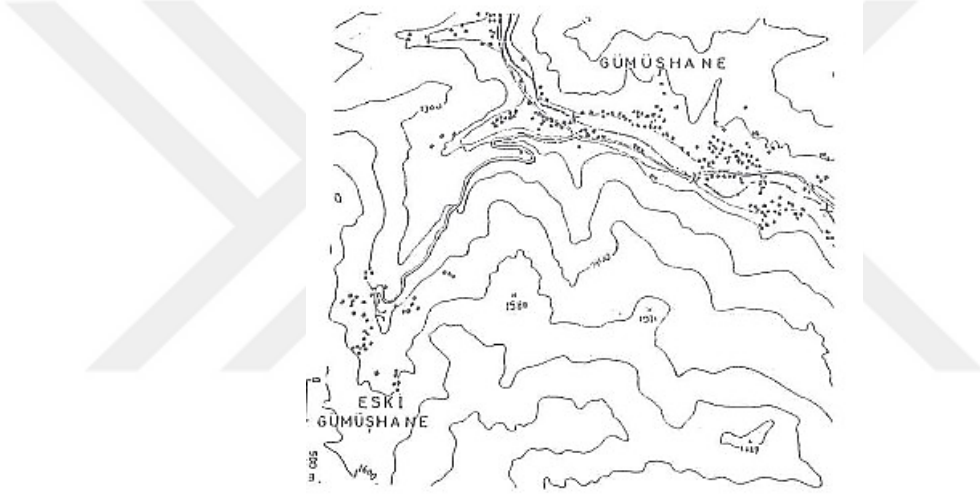
Şekil 39. Türkiye haritasında Gümüşhane (URL-23)

Jeomorfolojik açıdan değerlendirildiğinde, Süleymaniye Mahallesi; derin vadiler, düzensiz topografik eşikler, eğim kırılmaları ve mikro topografik varyasyonlarla örülü karmaşık bir arazi yapısına sahiptir. Bu yapı, Gilles Deleuze'ün (1994) *katlanma* (fold) kavramı üzerinden okunabilecek şekilde süreksizlikler, içbükey/dışbükey akışlar ve yönelimsel topolojik kıvrımlar barındırmaktadır. Topoğrafyanın bu dinamik doğası, Bernard Cache'in (1995) *mühendislik biçimleri* olarak tanımladığı jeoformlara karşılık gelen morfojenetik bir zemine işaret eder. Bu durum hücrel özdevinim sistemlerinin araziyle eşzamanlı evrimleşmesine olanak sağlayan bir arakesit yaratmaktadır.

Hücrel özdevinim bağlamında değerlendirildiğinde ise Süleymaniye Mahallesi, geleneksel dokunun parçalanması, boşluk üretimi ve yeniden örgütlenmeye açık bir kentsel morfoloji imkânı sunmaktadır. Bu özellikler, Francisco Varela ve Humberto Maturana'nın (1980) tanımladığı hücrel özdevinimi sistemlerin temel ilkesi olan "kendi bileşenlerini üretme ve yeniden üretme" kapasitesiyle örtüşmektedir. Kent dokusunun süreksizliği ve

topografik eşiklerle kurduğu ilişki, parametrik modellemelere dayalı hücresel sistemlerin sahaya özgü olarak evrimleşebilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle Alan Turing'in morfojenez modellerinden esinlenen kurallar dizisiyle, bu alandaki tasarım süreçleri zamana bağlı dönüşüm, çoğul durum üretimi ve topolojik ilkeleriyle geliştirilebilmektedir.

Gümüşhane ili Süleymaniye Mahallesi eski yıllardan itibaren hep merkez konumunda olmuştur. Çolak'ın Kutlutan'dan aktarımına göre 1869 yılında Fransız Hükümetinin yapmış olduğu araştırmaya göre Gümüşhane şehir olarak amfiteatro biçimlenmesine sahip bir şehir dokusuna ve yerleşimine sahiptir (1997). Bu durum kentin topografyasının kent üzerindeki zamana bağlı değişiminin doğrudan etkilediğini göstermektedir.



Şekil 40. Gümüşhane ve Eski Şehir (Çolak, 1997)

Süleymaniye Mahallesi'nin tarihsel katmanlılığı, fiziksel bozulma düzeyi ve kültürel doku ile olan dinamik ilişkisi, burayı yalnızca deneysel üretimlerin uygulanacağı bir saha olmaktan çıkarıp, aynı zamanda hücresel özdevinim mekân kurgularının yeniden tariflenebileceği bir eşik alan haline getirmektedir. Bu bağlamda söz konusu olan örneklem alanı hem jeomorfolojik dinamiklerle eşlenik form üretim süreçlerini test etmek, hem de öz-organizasyon ve sistematik çoğalma ilkeleriyle biçimlenen deneysel mimari senaryolar üretmek açısından nitelikli bir bağlam sunmaktadır.



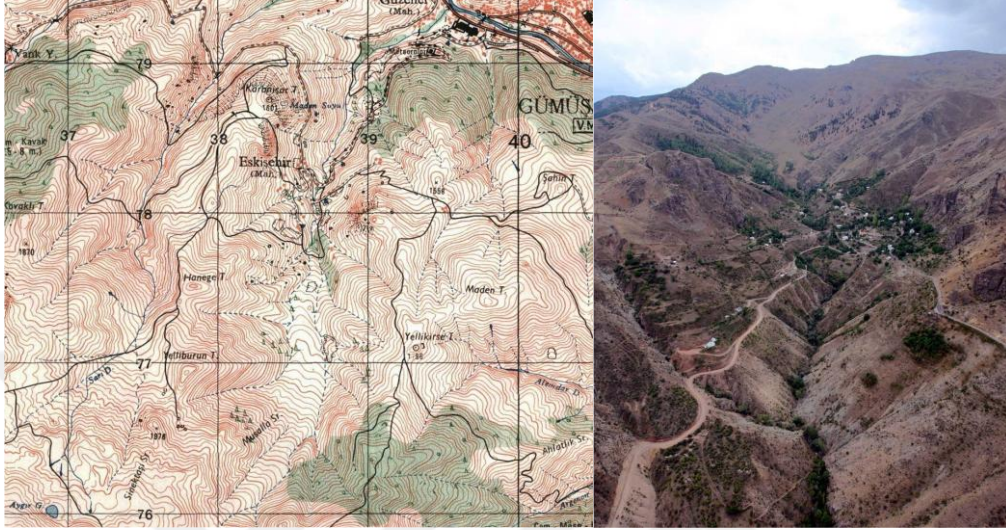
Şekil 41. Gümüşhane İline Ait Dağ ve Vadi Görünümü (Çelenk Çavdar, 2024)

Bölgeye özgü jeomorfolojik oluşumlar, tarihi ve kültürel yapılarla birlikte çok katmanlı bir dokulaşma değerini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, jeolojik tip kesit lokasyonları, litolojik çeşitlilik, peribacaları, şelaleler, kayaç kapanımlar, güncel traverten oluşumları ve maden alanları gibi doğa temelli unsurlar; tarihi camiler, kiliseler, kaleler gibi yapısal miras öğeleri ile ele alınarak çok boyutlu bir çevresel okuma sunmaktadır (Şekil 41). Bu çalışma kapsamında biyo-dijital tasarım alt başlıklarından olan topografya sistemleri ele alınmış ve Gümüşhane ili Süleymaniye Mahallesi örneklem alanı seçilerek elde edilen jeomorfolojik veriler dijital tasarım ortamında yeniden yorumlanmıştır. Elde edilecek olan girdi ve çıktılar takip edilerek deneysel bir form oluşturulması beklenerek her bir adım süreç boyunca değerlendirilecektir.

2.2.1. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Tarihçesi

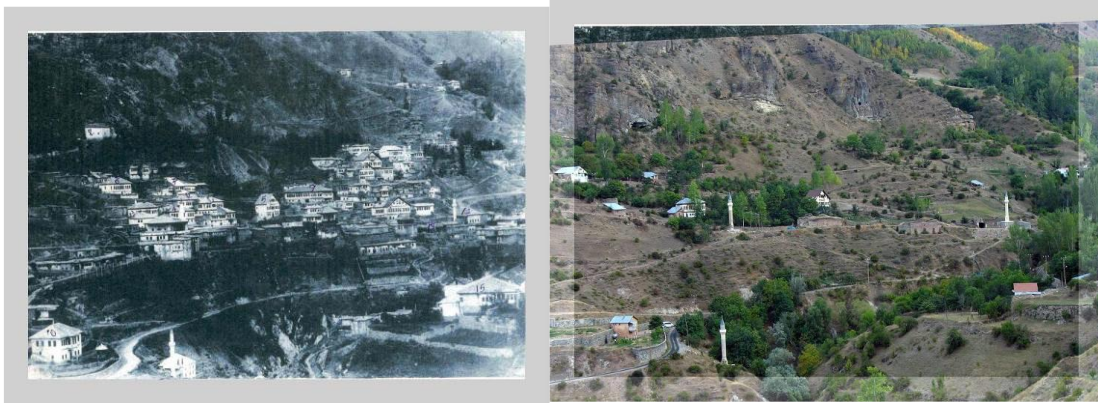
Gümüşhane Eski Süleymaniye mahallesi coğrafi özellikleri olarak nitelikli bir bölgedir (Şekil 42). Eski Gümüşhane yerleşimi, kuzey-güney doğrultusunda akış gösteren Musalla Deresi tarafından ikiye bölünmüş durumdadır. Musalla Deresi, yerleşimin yaklaşık 3 km güneyinde, 2150 metre rakıma sahip Bokutunbaş Tepesi civarında kaynaklanmakta; akış yönünü kuzeye doğru sürdürerek, yerleşimin yaklaşık 2 km kuzeyindeki Daltaban mevkisinde, Harşit Çayı ile birleşmektedir. Dere, yalnızca bir hidrolojik unsur değil, aynı zamanda kentsel morfolojiyi biçimlendiren doğal bir sınır çizgisi işlevi görmektedir. Yerleşim, doğu, güneybatı ve batı yönlerinde yükselen kayalık kütleler ve dağlarla çevrelenmiş olup, bu yükseltiler yerleşimin doğal sınırlarını belirlemektedir. Doğu yönünde, Kukulas Tepesi (1600 m) ve Yellikirse Dağı (1786 m); güneybatıda, Yelliburun (1860 m)

ve Anuh (1750 m); batıda ise Zincirlitaş (1560 m) ve Karaysar Taşı ile çevrelenmiştir (Dolu, 2015). Bu topografik yapı, yerleşimin jeomorfolojik olarak korunaklı bir vadisel çöküntü içinde konumlandığını ve gelişimini bu doğal sınırlar çerçevesinde şekillendirdiğini göstermektedir.



Şekil 42. Askeri Haritada Eski Gümüşhane'nin Coğrafi Yapısı (Dolu, 2015)

Eski Süleymaniye Mahallesi engebeli bir coğrafyaya sahip olup, yerleşime elverişli değildir. Ancak tarihsel bir değeri olan ve etrafındaki madenlerin de etkisiyle gelişmiş, Pontus ve Bizans dönemlerinde bölgenin merkezi konumuna gelmiştir. Osmanlı İmparatorluğu döneminde de etkin rol üstlenen bölge, Cumhuriyetin kurulmasıyla beraber etkinliğini yitirerek günümüzde aktif şehir sınırları olan Harşit nehri üzerine yeniden kurulmuştur. Yeni şehir kurulumu sırasında ise, Eski Süleymaniye Mahallesinde yer alan yapılara ait yapı malzemeleri sökülmüş ve taşınmıştır (Şekil 43).

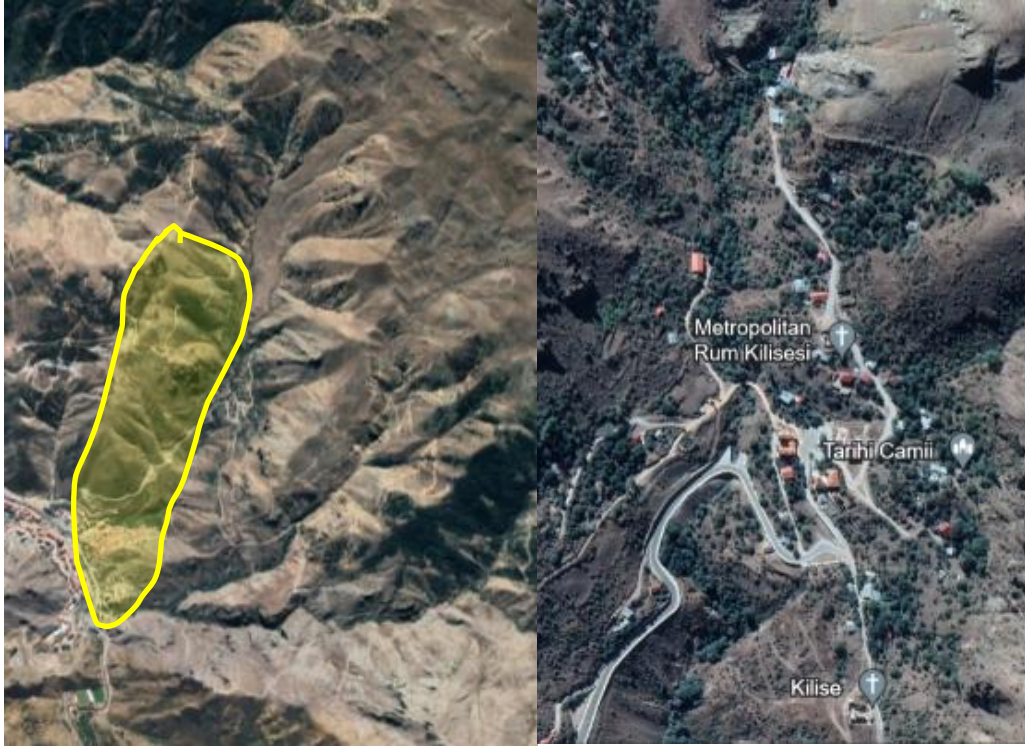


Şekil 43. Meryemana (Panagia), Çarşı ve Cami-i Sagir mahalleleri, 19. yy sonu (Güneri Kadirbeyoğlu Arşivi) ve günümüz görünümü (Dolu, 2015).

Aynı zamanda bölgenin iklim ve coğrafi şartlarının da zorluğu sebebiyle mahalle etkisini yitirerek yapıları zamanla harabe ve âtil kalmıştır. Yerleşimin günümüze ulaşan fiziksel dokusunu analiz etmek amacıyla yapılan çalışmalarda 193 yapı tespit edilmiş olup, bunların 53 tanesi harabe durumundadır (Dolu, 2015).

2.2.2. Örneklem Alanının Mimari Analizi

Gümüşhane ili tarihsel, jeopolitik konum, kültürel ve maden yatakları ile zengin önemli bir kenttir. Gümüşhane ili 1900’lü yılların başında günümüz şehir sınırları içerisinde oluşmuş yeni bir yerleşimdir. Tarihine bakıldığında Eski Süleymaniye Mahallesi; merkez yerleşim sancaklarından biri olarak kullanılmaktadır. Gümüşhane’nin bu eski merkezi ise, şimdiki şehir merkezinin güneybatısında yer almaktadır. Erzurum-Trabzon yolundan Gümüşhane merkez Daltaban mevkiinden ayrılan yol 2,5 km sonra Eski Gümüşhane’ye ulaşmaktadır. Günümüzde ise; Eski Süleymaniye Mahallesi sit alanı olarak koruma alanı olmakla beraber tarihsel izleri silinmekle karşı karşıyadır (Şekil 44). Gerek konumu gerek topografyası olarak dikkat çeken bu yerleşim yeri; tarihsel olarak önemli kültürel değerleri barındırmaktadır.



Şekil 44. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Google Earth Map Görünümü (2024)

Günümüzde tarihi kalıntılara bakıldığında 6 cami, 6 kilise, 3 okul, 5 hamam, birkaç taş mağaza, çeşmeler, köprüler ve 30'a kadar konut barınmaktadır. Bu yapıların bazıları tescillenmiş bazı yapılar ise yapı kalıntısı olarak âtil kalmıştır. Yapı ve harabeleri ile günümüzde önemli olan değerleri barındırması, topografyası ve kültürel ve yapısal katmanları ile özel bir konumdadır.

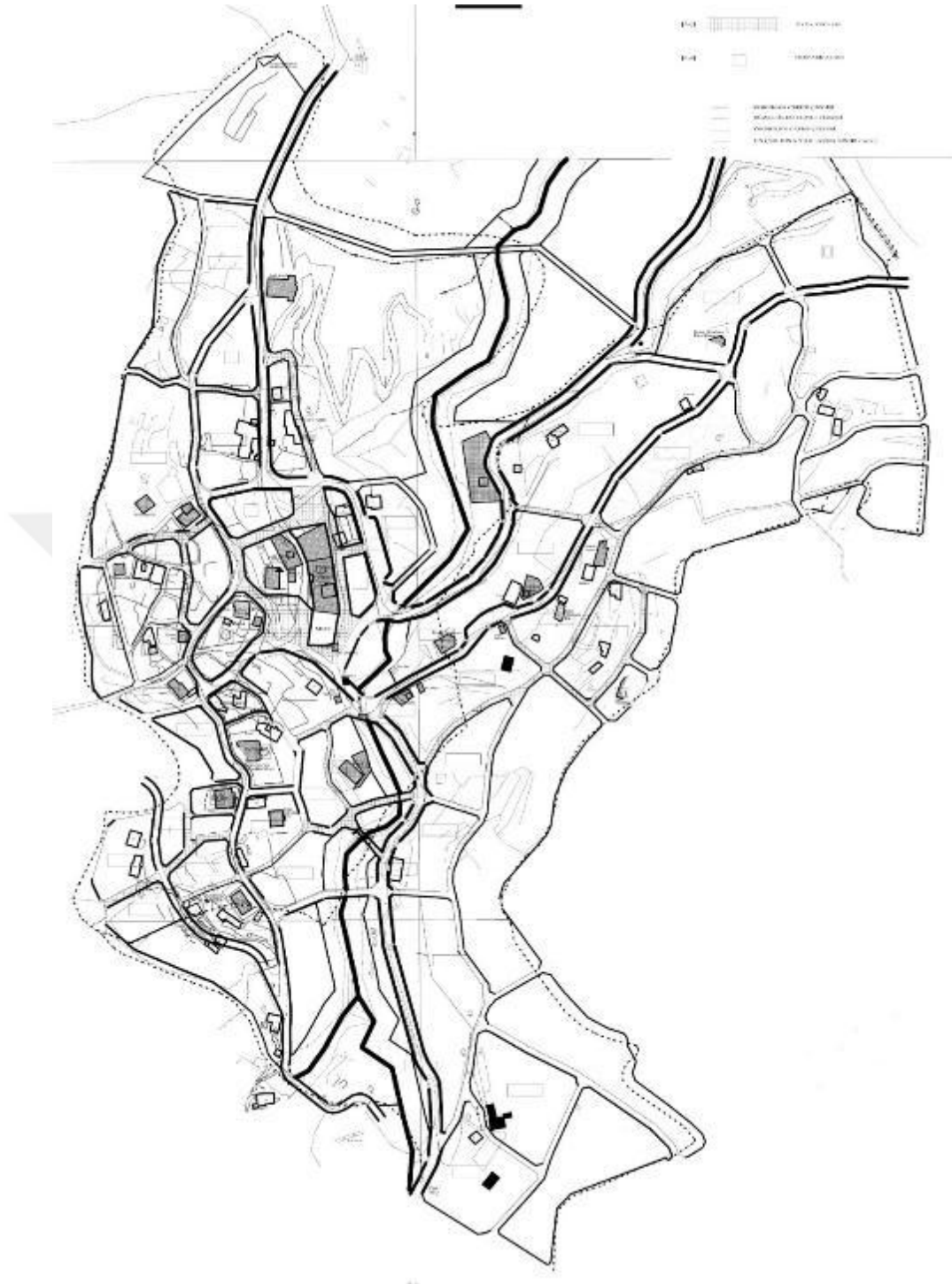
Eski fotoğraf ve gravürler incelendiğinde Gümüşhane kaza merkezi olan Süleymaniye Mahallesi yapı yoğunluğu açısından önemli bir merkez olduğu görülmektedir. Yapıların birçoğu âtil kalmıştır. Bu sebeple yapı bütünlüğü bozulan ve yapı malzemeleri alınıp başka yapı veya yapı bloklarında kullanıldığı görülmektedir. Kent belleği açısından harabe veya âtil kalmış bu yapıların yarattığı hasar hem kent hem de yerel halkın kimliği açısından büyüktür. 2024 yılında restore edilip yeniden işlevlendirilen yapıların yıl sonunda tekrar kullanılamaz olması bu bölgenin kaybettiği niteliklerin birer somut örneğidir.

Süleymaniye mahallesine ait haritalar incelendiğinde eğimli bir bölge olduğu ve eğime oturan ve uyumlu yapıların inşa edildiği görülmektedir (Şekil 45).



Şekil 45. Eski Süleymaniye Mahallesi Eğim ve Yol Hatları (Autocad Programı)

Süleymaniye mahallesine ait haritalama sürecinde güncel var olan yapı kalıntıları ve yapıların işlenmesi oluşturulacak rotalar için önemlidir (Şekil 46). Yapıların birbiri ile kurduğu ilişki yapılarda yaşayan halka dair bilgiler vermektedir.



Şekil 46. Eski Süleymaniye Mahallesi Tarihi Yapı Stoğu (Autocad Programı)

Süleymaniye mahallesi Ermeni, Rum ve Müslüman mahallelerini barındırmaktaydı. Bu sebeple farklı alanlarda kilise ve cami yapıları görülmektedir (Şekil 47). Aynı zamanda bu bölgede yaşayan halkın en önemli ortak noktaları ise hamam yapılarıdır. Yakın zamana

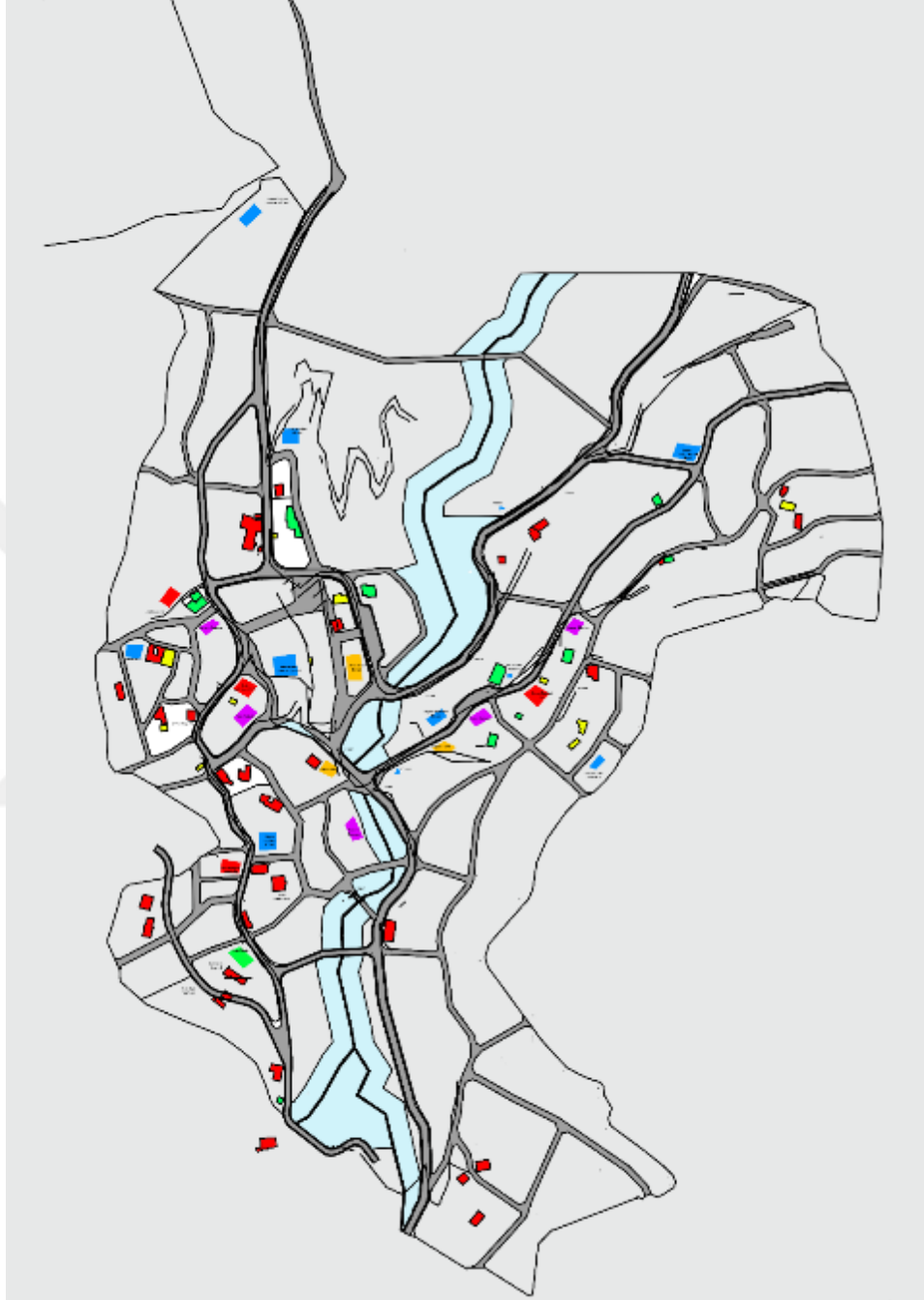
kadar hamam yapıları aktif olarak kullanıldığını ifade eden mahalle muhtarı Orhan Eryılmaz, Süleymaniye mahallesinin eğimli bir alan üzerinde yer almasının bu duruma etki ettiğini ifade etmektedir.



Şekil 47. Eski Süleymaniye Mahallesi Yapı Stoğu (Dolu, 2010)

Trabzon Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tescil listesine göre 17 konut, 4 köprü, 3 minare, 5 hamam veya hamam kalıntısı, 2 cami, 6 kilise, 3 çeşme, 2 okul, 1 türbe,

2 taş mağaza, 1 hükümet konağı ve 1 hazire yapısı olmak üzere toplam 46 adet tescillenmiş yapı bulunmaktadır (Şekil 48).



Şekil 48. Süleymaniye mahallesine ait tescilli yapılar haritası

Oluşturulan iki boyutlu haritalar bölgenin sınırlarını, yakın çevre ile ilişkisini ve yapıların konumlarını analiz etmek amacıyla önemlidir. Haritalar AutoCAD ortamında eğim, yol, su ve mimari olmak üzere dört farklı başlıkla beraber güncellenmiştir. Yapıların

zamanla yok olduğu görülen en bariz sorunlardan biridir. Tarihsel süreç içerisinde İpekyolu güzergahı üzerinde olması ve çevre illerle kurulan yol bağlantıları sebebiyle sürekli göç alan ve gelişen bir merkez iken Cumhuriyetin ilanı sonrası yeni bir merkezin kurulması sebebiyle şehir yok olmaya başlamış ve unutulmuştur. Bu durum sosyokültürel olarak insan-yapı-çevre ilişkisinin kurduğu bağın incelenmesine sebep olmaktadır. Günümüzde nüfus yoğunluğu kent merkezinde oldukça azdır. Yerel halkın imkân ve olanaklar sebebiyle farklı illere göç etmiş olması şehre kurulan aidiyet duygusunun da azaldığını göstermektedir. Süleymaniye mahallesinde yok olan her yapı kütlesi günümüz Gümüşhane iline ait yok olan tarih, kültür ve belleğin somut birer delilidir. Gümüşhane ili Cumhuriyet döneminde şehir merkezi değişen tek ildir. Bu sebeple yok olan ve âtil kalmış her yapı günümüz ve geçmiş arasında bir bağlantı sağlayan ince köprü olarak kalmıştır.

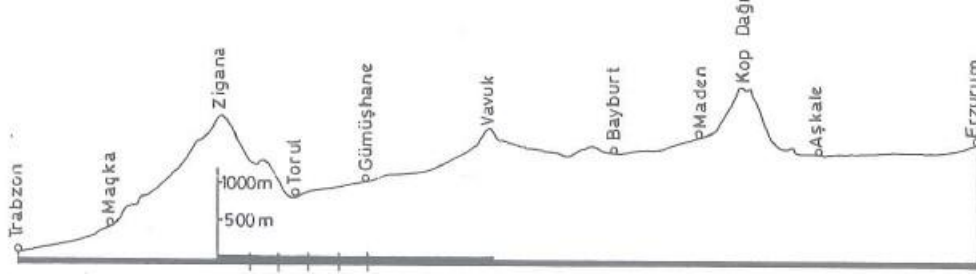
Bölgenin tarihini ve coğrafyasını anlamak yapılacak analizler açısından önemlidir. “Bir bölgenin coğrafyası olmadan tarihi yazılamaz” ibaresi ile “var olmanın yeri mekân ise, biçimi de kültürdür” söylemi arasındaki anlamsal köprü bir bölgenin fiziksel gelişimini anlayabilmek için yaşanan tarihsel süreci bilinmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu doğrultuda seçilen örneklem alanı olan Süleymaniye Mahallesi tarihsel, kültürel öğelerin haricinde barındırdığı fiziki mekânsal izlerin özgün bir karakter oluşumuna sebep olmuştur. Yerel bir kimliğin somut delili olan bölgenin yaşayan belleğini korumak ve yeniden gün yüzüne çıkarılacak izlerin oluşturduğu biçimsel dil geçmiş ve gelecek arasında ışık tutacağı görülmektedir.

Eski Süleymaniye Mahallesinin fiziksel niteliklerini daha iyi anlayabilmek adına manuel olarak analizler yapılmış ve maket çalışmaları ile bu görünümeler çalışılmıştır. Yol, dere, yapı adaları Süleymaniye Mahallesine ait bilinen ilk fiziksel oluşumu destekleyen verilerdir.

2.2.3. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Jeomorfolojik Özellikleri

Gümüşhane ili, kısa mesafelerde belirgin şekilde değişen heterojen bir yeryüzü şekli yapısına sahiptir. Güney kesimlerde yer alan Şiran, Kelkit ve Köse ilçeleri, düzlüklerin geniş yer kapladığı bölgeleri oluşturmakta; buna karşılık Merkez, Torul ve Kürtün ilçeleri, dar ve derin vadilerle birbirinden ayrılmış, yüksek dağlık alanların yoğunlaştığı kesimlerdir. Bu farklılaşma, ilin kuzey-güney doğrultusunda değişen topografik karakterini açık biçimde ortaya koymaktadır. Çolak’ın tezinde Kentin Topografyası adlı başlığında yer alan grafikte

Gümüşhane ilinin Doğu Karadeniz Bölgesindeki bazı yerleşmelerle olan yükselti karşılaştırılması Şekil 49’da yer verilmektedir (1997).



Şekil 49. Gümüşhane Topografyasının Doğu Karadeniz İller Bazında Karşılaştırılması (Çolak, 1997)

Genel anlamda değerlendirildiğinde, Gümüşhane arazisi dağlık ve engebeli bir topografik yapıya sahiptir. Arazi kullanım oranlarına bakıldığında, ilin yüzey şekillerinin yaklaşık %60’ı dağlar, %29’u platolar ve yalnızca %11’i ovalar tarafından oluşturulmaktadır. Bu oranlar, tarımsal kullanım kapasitesinin sınırlılığını ve yerleşim alanlarının topografya tarafından şekillendiğini göstermektedir (AFAD, 2021).

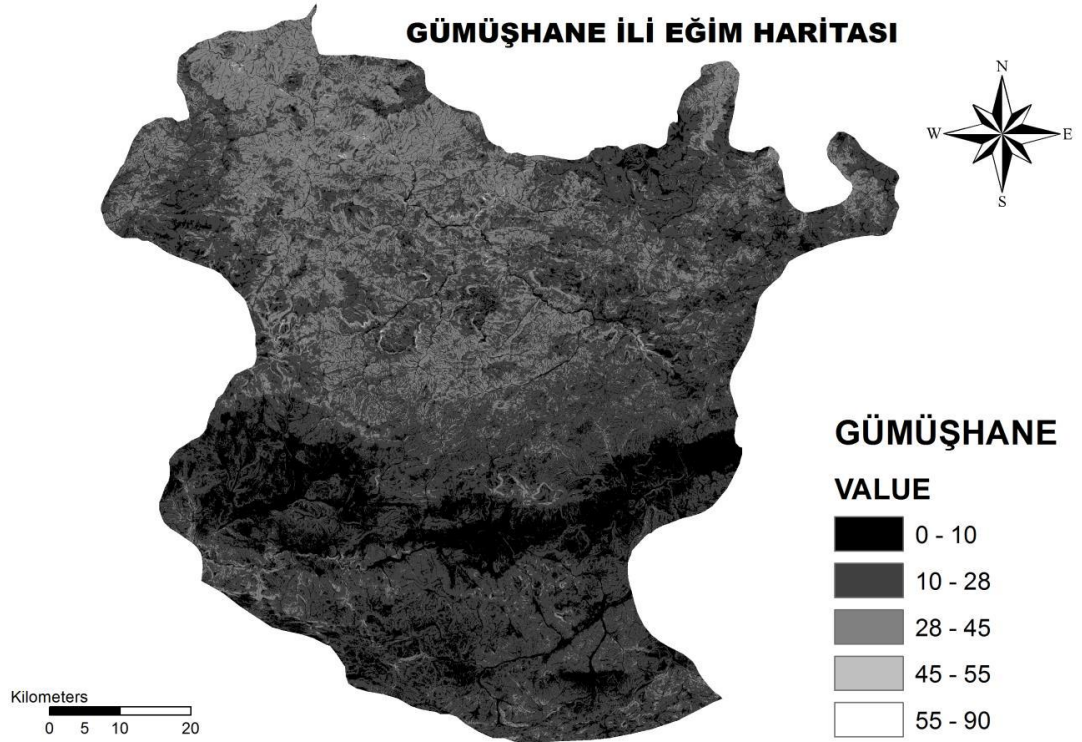
İlin en yüksek noktası, 3.331 metre rakımı ile Abdal Musa Tepesi olup, bu nokta aynı zamanda Gümüşhane’nin topografik çeşitliliğini temsil eden önemli bir yükselti alanıdır. Bu çeşitlilik hem iklimsel farklılaşmalara hem de bitki örtüsünün dağılımına doğrudan etki eden bir faktör olarak değerlendirilmelidir.

Kölnische Zeitung muhabiri Gümüşhane’nin “kocaman bir kayanın arkasına gizlenmiş” gibi durduğunu ve âdetâ “çıplak bir kayalık üzerine” kurulmuş olduğunu belirtmektedir (Alkan, 2010).

Gümüşhane’yi 1818 yılında ziyaret eden M. Kinneir, seyahat notlarında bölgeye ilişkin dikkate değer coğrafi ve kültürel gözlemler aktarmaktadır. Kinneir, Tirebolu Nehri’ni (bugünkü Harşit Nehri) iki gün boyunca takip ederek, Koroş Dağı geçidi üzerinden Gümüşhane’ye ulaşmıştır. Seyahat anlatısına göre, şehir merkezine kadar uzanan uzun vadinin, birbirine bağlanan meyve bahçeleri ile çevrili olduğu ifade edilmektedir. Bu bahçeler, çevreden geçen nehirden beslenen kanallar aracılığıyla sulanmakta ve bu yöntemle daha verimli bir üretim yapısı sağlanmaktadır. Kinneir’in belirttiğine göre, Harşit Nehri boyunca Gümüşhane’ye kadar yaklaşık 4 mil boyunca uzanan kıyı şeridinde; ceviz, erik, elma, armut, badem ve ayva ağaçları yoğun biçimde yer almaktadır (Alkan, 2010).

Gümüşhane ve çevresinin jeomorfolojik yapısı, genel hatlarıyla üç temel yer şekli birimi etrafında değerlendirilmektedir: ovalık alanlar, vadiler ve dağlık/yayla bölgeleri. Ancak Gümüşhane Jeomorfoloji Haritası (Şekil 49) incelendiğinde, bu üçlü yapının dağılımında belirgin bir dengesizlik göze çarpmakta; özellikle dağlık alanların bölge topografyasında yoğun ve baskın bir yer kapladığı görülmektedir. Bu durum hem arazi kullanımını hem de yerleşim biçimlerini doğrudan etkileyen bir faktör olarak değerlendirilmelidir.

Tarihsel anlatılarla güncel jeomorfolojik analizlerin örtüşmesi, Gümüşhane'nin hem doğal peyzaj değerlerini hem de insan-doğa etkileşimine dayalı mekânsal kurgusunu anlamak açısından önemli bir zemin sunmaktadır. Bu tür tanıklıklar, bölgenin sadece doğal kaynaklarını değil, aynı zamanda sürdürülebilir tarımsal pratikleri ve sulama sistemlerini tarihsel bağlamda da görünür kılmaktadır.



Şekil 50. Gümüşhane İli Jeomorfolojik Eğim Haritası (AFAD, 2021)

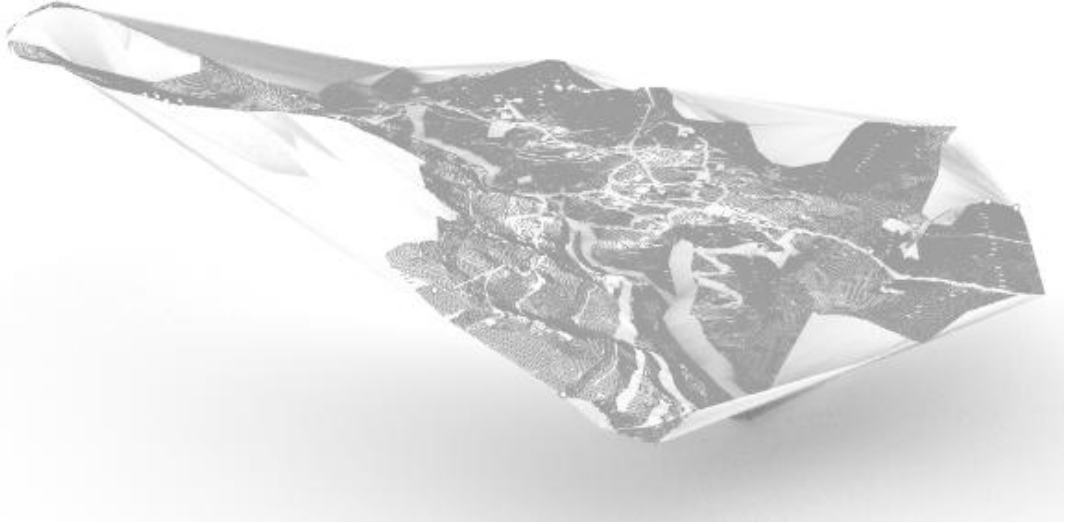
Gümüşhane kentinin büyük çoğunluğu %30 üzeri eğimli alanlardan oluşmaktadır. Yeryüzü şekilleri bakımından Köse, Kelkit ve Şiran ilçelerinin yer aldığı güney kesimi yüksek bir plato özelliği gösterirken, Merkez, Torul ve Kürtün ilçelerini kapsayan kuzey

kesimi oldukça engebelidir. Dar ve derin vadilerle birbirinden ayrılmış yüksek dağlar kuzeyin belirleyici özelliğidir. Bu nedenle Kuzey ve iç kesimlerde, Kürtün, Torul İlçeleri ile Merkez İlçesinin büyük bir kesiminde kayalık alanlar bulunmaktadır.

Süleymaniye Mahallesi jeomorfolojik özellikler açısından incelendiğinde eğimli ve yükselti kırılmalarının fazla olduğu görülmektedir. Bu durum bölgenin fiziksel nitelikler açısından karakterize ederek özgün bir görünüm sağlamaktadır. Yapıların yerleşim konumları ise bölgeye ait örüntü oluşturmaktadır. Yapıların adalar oluşturmaları, o adaların birbiri arasında kurduğu ilişki örüntü öbeklerini meydana getirmektedir. Bu bağlamda Süleymaniye mahallesine ait eğim ve yükselti hariç yol, dere, yapı adaları örüntü oluşumunu desteklemektedir.

Eski Gümüşhane olarak bilinen Süleymaniye Mahallesi için iki boyutlu çalışmalar ve haritalamalar yol, dere ve yapı ada bağlantılarını göstermektedir. Ancak jeomorfolojik özellikleri daha iyi görebilmek adına üç boyutlu bir modelleme bölgeye ait diğer jeomorfolojik verilerin ve süreçleri tanınmasına ve algılanmasına katkı sağlamaktadır.

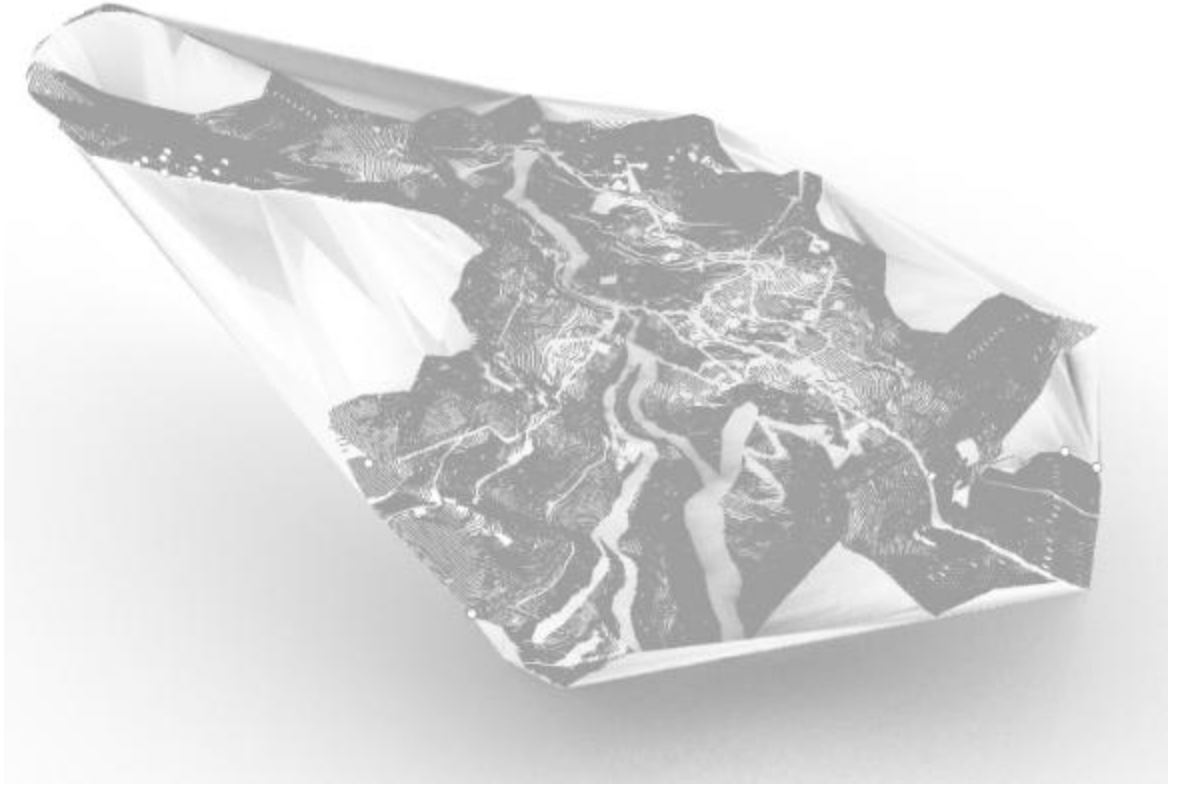
Dijital tasarım araçlarından olan Rhino programında Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi yeniden modellenmiştir. Eğim ve yükseltiye göre oluşan dijital veriler bölgeye ait kırıma ve yükseltiye göstermektedir. Yapı adaları, yol ve dere bağlantısı boş bırakılmıştır.



Şekil 51. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Jeomorfolojik Çizimi, Rhino Programında “Delaunay Triangulation” kullanılarak yazar tarafından çizilmiştir

Süleymaniye Mahallesi'ne ait üç boyut çiziminde eğim miktarı bölgenin sınırları içerisindeki değişimlerle beraber görülmektedir. Bu durum Gümüşhane ve çevresinin yeryüzü şekillerinden olan vadi ve dağ biçimsel kurgusu ortaya çıkmaktadır. Eğim miktarının fazla olması ve jeomorfolojik süreç incelendiğinde kayaç yapısından kaynaklı var olan su kaynağının da bölgenin biçimsel şekillenmesine katkı sağlaması tepe-vadi ilişkisini açıkça ortaya koymaktadır. Davis ekolüne göre jeomorfolojik süreç akarsularla başlamaktadır ve yapı, süreç ve zaman parametrelerine göre değişkenlik göstermektedir.

Süleymaniye mahallesi'ne ait yapılmış üç boyutlu jeomorfolojik modeller dağlık bir bölgenin nasıl şekillendiğini göstermektedir. İki boyutlu haritalarda da gösterilmiş olan sınırların bir ucundan diğer uca biçimsel bir kırılma olduğu görülmektedir. Yol bağlantılarının bu kırılmalara göre şekillendirildiği aynı eğim yönelmesinin su kaynağı hattı üzerinde biçimlendiği tespit edilmiştir.



Şekil 52. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Topografya Çizimi, Rhino Programında “Delaunay Triangulation” kullanılarak yazar tarafından çizilmiştir

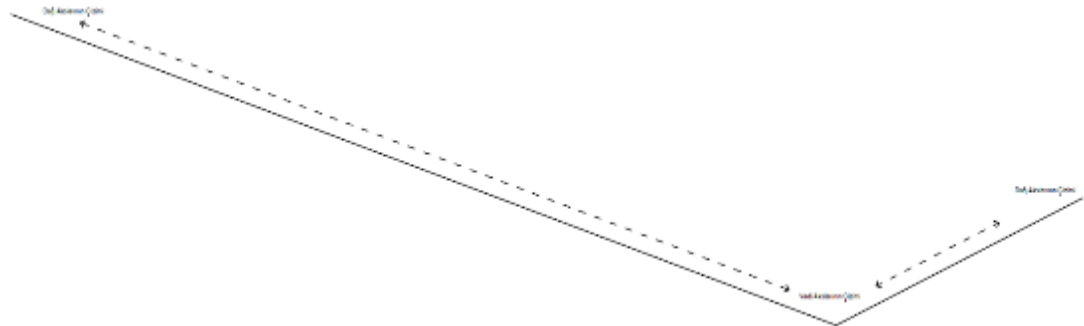
Jeomorfolojik özellikleri tepe-vadi ilişkisi üzerine kurulu bir biçimlenmeye sahip bölgenin üç boyut ve iki boyut çalışmaları dijital ortamda analiz edilmiştir. Üç boyutlu

kesitlerde tepe ve vadi ilişkisini ortaya koyan temel bir biçimsel kırılma görülmektedir. Genel olarak bölge incelendiğinde dağlık bir alan olduğu ve derin vadilerle bölge karakterize edildiği bilinmektedir. Jeomorfolojik süreçleri etkileyen zaman parametresine göre değişimler de geçiren bölgenin temel özelliği tepe ve vadilerin oluşturduğu yaşayan doğaya sahip olmasıdır.



Şekil 53. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Topografya Çizimi, Rhino Programında “Delaunay Triangulation” kullanılarak yazar tarafından çizilmiştir

Jeomorfolojik kesit tepe vadi kırılmasını göstermektedir. Dijital analizlerle bu durum negatif ve pozitif bölge olarak isimlendirilerek biçimsel bir analiz yapılmıştır. Tepe pozitif (+) yani kırmızı bölgeyi, vadi negatif (-) yani mavi bölgeyi göstermektedir. Renk dengesi eğim lejantlarında kullanılan skalalardan seçilmiştir. Tepe-vadi ilişkisini gösteren bir grafik ile jeomorfolojik analizin sonucunu temsil etmektedir.



Şekil 54. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Topografik Analizi Tepe ve Vadi İlişki Grafiği

Süleymaniye mahallesine ait jeomorfolojik veriler ışığında bölgeye ait sınırlar belirlenmiştir. Sınırlar içerisindeki alan analiz edilerek üç boyut olarak anlatımlar bölgeye ait biçimsel verileri ortaya koymaktadır. Tepe-vadi ilişkisini gösteren biçimsel veriler geometrik olarak tanımlanarak modüler olarak biçimsel bir dil ortaya koyulacaktır.

2.3. Hücresel Özdevinim Kuralının Belirlenmesi

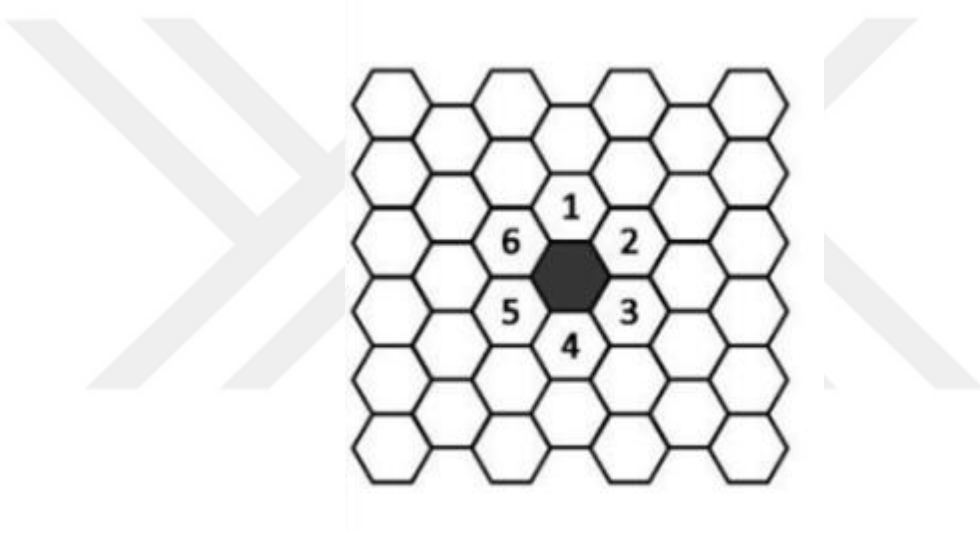
Basit bileşenler ile tasarlanan bileşen tabanlı bir sistem olan HÖ, basit geometri kullanılarak oluşturulmaktadır. Bileşenlerin birbiri ile bağlanma şekli ise özel bir düzen ile gerçekleştirilmektedir. Yeni araştırmalarda yenilenebilir ve doğal malzemeler kullanılarak tasarlanan form süreci, dijital deneyler yapılarak gelişmektedir. Bu dijital deneyler ise; dijital araçlar yardımı ile (grasshoper ve diğer hesaplamalı ilişkisel modelleme yazılımları ve dijital üretim araçları (robotik kollar, 3d printer ve CNC kesim) kullanılarak form bileşenleri tasarlanıp üretilmektedir. Bu duruma karmaşık uzamsal konfigürasyon işlevi olarak adlandırılır.

Kentler, karmaşıklık teorisi bağlamında ele alındığında, yalnızca fiziksel yapılar bütünü değil; aynı zamanda bilgiyi depolayan, analiz eden ve değişen koşullara göre kendini güncelleyebilen karmaşık ve dinamik sistemler olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, belirli bir kente özgü mimari tasarımların geliştirilebilmesi için, tasarım sürecine kentsel bilgi sistemlerinin dâhil edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Mimari tasarım süreçlerinde yerel bilgiyi tasarım girdisi olarak değerlendiren çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Bu kapsamda Castilla ve Blas (2007), kentsel tasarım bağlamında karmaşık ve adaptif geometrilerin üretimi amacıyla, Öz-örgütlü Harita (Self-Organizing Map) ile Hücresel Özdevinim yöntemlerini bir arada kullandıkları bir model geliştirmiştir. Söz konusu yaklaşım, özellikle erken tasarım aşamasında, tasarımcılara karar destek sistemi sunarak, büyük ölçekli kentsel verilerin analizine olanak sağlamaktadır. Bu iki yöntem, farklı algoritmik temellere sahip olsalar da veriyi mekânsal örüntüler hâlinde organize etme yetenekleri bakımından tamamlayıcı bir potansiyel taşımaktadır.

Hücresel özdevinim (Cellular Automata, CA), homojen bir grid sistemi üzerinde yer alan hücrelerin komşuluk ilişkileri doğrultusunda etkileşime girerek, belirli kurallar çerçevesinde zamanla form değiştirmesi ve dönüşmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu kurallar

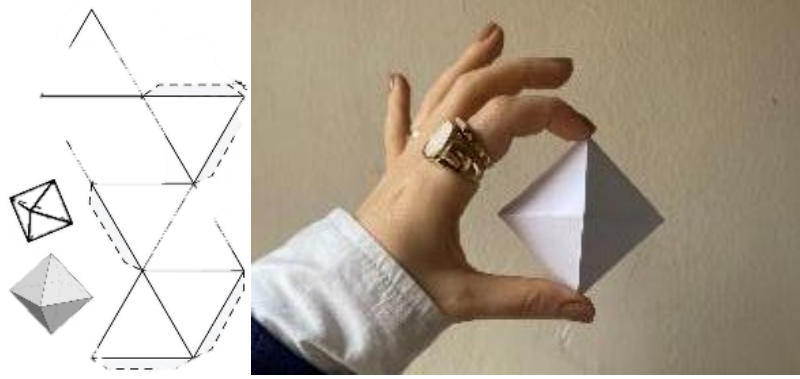
aracılığıyla, başlangıç durumundan itibaren sistemin evrimsel süreci gözlemlenebilir hâle gelir. Bu özelliği nedeniyle, modüler mimari tasarımlar için elverişli bir üretken sistem modeli sunar. Hücresel özdevinim; formun süreç içerisindeki değişkenliğini kontrol etmeyi mümkün kılarak hem biçimsel hem de işlevsel adaptasyonu destekleyen bir yaklaşıma dönüşmektedir. Bu proje kapsamında, altıgen hücresel özdevinim modelinin geliştirilmesi amacıyla Grasshopper yazılımına entegre edilen Rabbit eklentisi üzerine bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Eklenti aracılığıyla oluşturulan altıgen grid sistemi, Conway’ın “Yaşam Oyunu” mantığıyla çalışacak şekilde yapılandırılmış; her bir hücrenin, belirli sayıda komşu hücreye sahip olması durumunda nasıl davranması gerektiği tanımlanmıştır. Böylelikle hem sayısal kontrollü hem de dinamik bir tasarım süreci elde edilmiştir.



Şekil 55. Altıgen grid komşuluk ilişkisi

Grasshopper’da oluşturulan model genel hatlarıyla başlangıç hücre düzeni, davranış için kurallar, grid tanımlanması ve sonrasında bunların bir araya gelerek simüle edildiği kısım olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda Eski Süleymaniye mahallesi topografyası incelenerek kural dizilimi için biçimsel analiz yapılmıştır.

Çalışmanın analizi ilk manuel olarak denenmiştir (Şekil 56). Biçimsel sınırları iyi anlayabilmek açısından geleneksel bir yöntemle deneysel olarak yapılan çalışmalarda eşkenar üçgen modüler olarak kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 56. Eski Süleymaniye Mahallesi Biçimsel Tepe-Vadi Form İlişkisi

Tepe ve vadi, yalnızca arazi biçimlenişinin fiziksel göstergeleri değil; aynı zamanda mekânsal yönelimleri, yerleşim stratejilerini ve mimari üretimi biçimlendiren temel jeomorfolojik varlıklardır. Bu ikili yapı, yerin doğal hafızasında karşıtlıklar üzerinden işleyen bir morfodinamik sistem sunar: yükselti ve çöküntü, açıklık ve kapalılık, akış ve duruş gibi ikili kategoriler bu sistemin davranışsal örüntüsünü belirlemektedir.

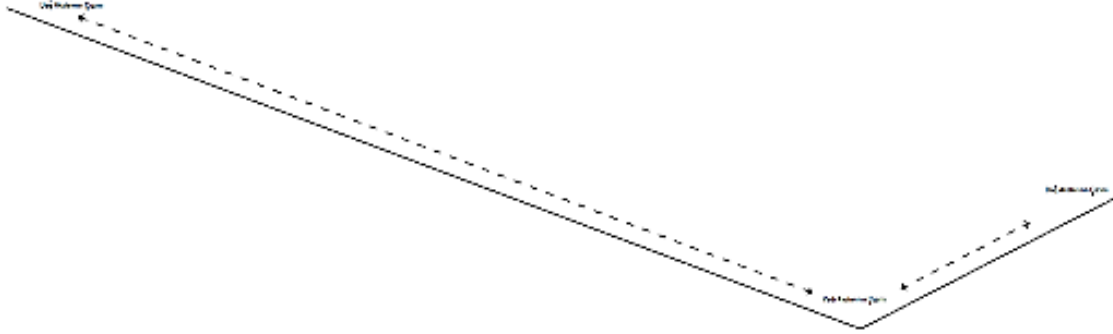
Deneyisel mimarlık bağlamında tepe–vadi ilişkisi, mekânsal kodların yeniden üretimi için zengin bir jeoformal altlık sunmaktadır. Bu ikilik üzerinden tasarım kurgulamak, yalnızca araziye yerleşim biçimlerini belirlemek değil, aynı zamanda mimari organizasyonun topografyayla eşzamanlı evrimini mümkün kılmaktadır. Özellikle hücresel özdevinim gibi kurallı çoğalma sistemleri, tepe–vadi morfolojisinin süreklilik ve kesinti noktalarını birer tetikleyici bir aktivatör olarak tanımlamaktadır.



Şekil 57. Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Topografya Çizimi, Rhino Programında “Delaunay Triangulation” kullanılarak yazar tarafından çizilmiştir

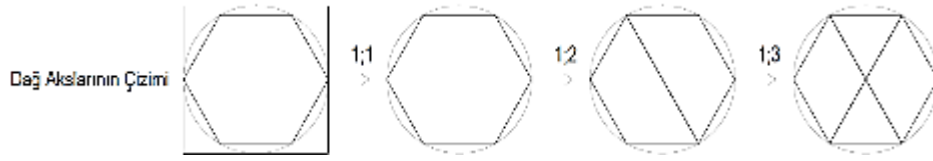
Süleymaniye Mahallesi bağlamında düşünüldüğünde, mevcut tepe–vadi düzeni, yerleşimin tarihsel olarak morfolojiyle kurduğu ilişkiyi yeniden okuyabilmek açısından önemlidir. Tepe hatlarında konumlanan yapılar, çoğunlukla korunma, görünürlük ve sosyal temsil kodlarıyla biçimlenirken; vadi içi boşluklar ya geçici yerleşim alanları ya da altyapısal akış zonları olarak değerlendirilmiştir. Bu ayrım, hücresel sistemlerin üretimsel mantığını belirlemede ve morfojenetik tasarım senaryolarının yönünü tayin etmede kritik rol oynamaktadır.

Tepe–vadi ilişkisi, yalnızca bir arazi formu karşılığı değil; aynı zamanda mimari düşünce ve üretim için bir organizasyonel strateji matrisi olarak ele alınmalıdır. Bu matris, topoğrafyanın edilgen bir yüzey değil, etkin bir tasarım girdisi olarak yeniden tanımlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi Topografya Çizimi, Rhino Programında “Delaunay Triangulation” kullanılarak yapılmıştır. Topografya eğimi, alan sınırları incelendiğinde biçimsel aks görülmektedir. Bu aks tepe-vadi olarak yorumlanan bir ilişki ortaya koymaktadır.



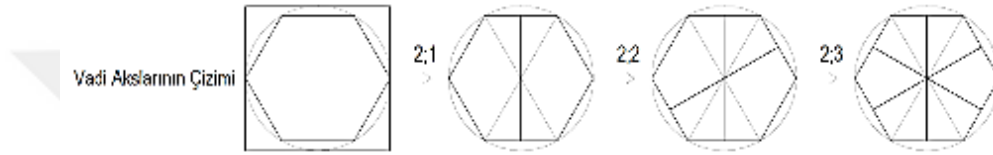
Şekil 58. Jeomorfoloji verileri incelenerek Tepe-Vadi aksı oluşturulmuştur.

Kural Dizisinin Belirlenmesi önce jeomorfolojik modülün şekillendirilmesiyle başlamaktadır. Tepe ve vadi ilişkisinin biçimsel olarak kırılmayı temsil etmektedir. Bu kırılma Süleymaniye Mahallesi'ne ait jeomorfolojik verilerin analizi ile meydana gelmiştir. Kural diziliminde ile aşama gridal sisteme entegre olabilecek altıgen birimlerin tepe ve vadi aksları ile kırılma açılarının belirlenmesidir.



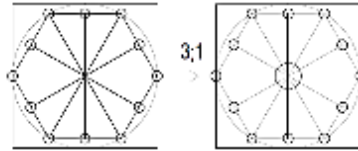
Şekil 59. Tepe Modülünün Altıgen birim içerisindeki oluşumu ve yeri

Tepe modülünün kırılma aksları ise vadi modülünü şekillendirmektedir. Altıgen birim içerisinde bu iki modül birleştirilir ve bir altıgen birime ait gridal sistemin ilk hücresini oluşturmaktadır.



Şekil 60. Vadi Modülünün Altıgen birim içerisindeki oluşumu ve yeri

Her iki modülün entegrasyonu ile altıgen hücre biriminin biçimlenmesi şekillendirilmiştir. Hücre biriminin biçimlenmesiyle kural diziliminin jeomorfolojik veri birleşimi oluşturulmuştur.



Şekil 61. Tepe-Vadi Modülünün Altıgen birim içerisindeki oluşumu ve yeri

Kural diziliminde hücre biriminde son adım olarak kırılma akslarının belirlenmesi ve eşkenar üçgen olarak parçalanmış altıgen hücrenin biçimsel olanaklarının şekillendirilmesidir. Kırılma aksları ile hücre iki boyutlu olarak belirlenmiştir.



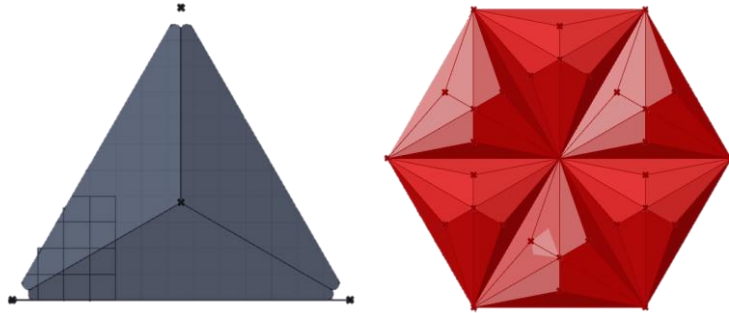
Şekil 62. Altıgen birimin Kırılma aksları

Çalışma kapsamında, dijital tasarım araçlarından olan Rhino Grasshoper eklentisi kullanılacaktır. Belirlenen kural dizilimini (Hücreseel Özdevinim-HÖ) topografya geometrisinin ortaya çıkması adına Voronio Diagramı ile entegrasyonu olan Delaunay Üçgenlemesi kullanılarak örneklem alanı “rhino” programında çizilecektir. Bu adım ilk aşamayı oluştururken, yatay ve düşey topografya geometrisi analiz edilecektir. Diğer adım ise hücreseel özdevinim kural dizilimini oluşturulmasıdır. HÖ bileşenleri dikkate alınarak kural çizilimi dağ-vadi biçimsel ilişkisi üzerine kurulu bir yöntem ile kurgulanmıştır. Seçilen modüler biçim ise altıgendir. Altıgen modül, HÖ komşu kuralı ve kural dizilimindeki tepe-vadi ilişkisini temsil etmektedir. Oluşturulan kural dizisi sınırlandırılan alan üzerine entegre edilerek topografya geometrisinin form bileşenleri ve alternatif dizilimler oluşturulacaktır.

Çalışmada, tarihsel ve jeopolitik öneme sahip Gümüşhane Eski Süleymaniye sit alanının jeomorfoloji verilerine dayanarak, HÖ (Hücreseel Özdevinim) kod dizilimi ile yeni form alternatiflerinin dijital tasarım olarak üretilmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilecek model yöntemiyle, parametreler değiştikçe yeni bir model ortaya konulacak ve bu sayede tasarım kural dizileri ile alternatif form üretimleri sağlanacaktır. Topografya geometrisi analizi olarak yapılan jeomorfolojik kurgu, HÖ kuralı yardımıyla açıklığa kavuşturulacaktır.

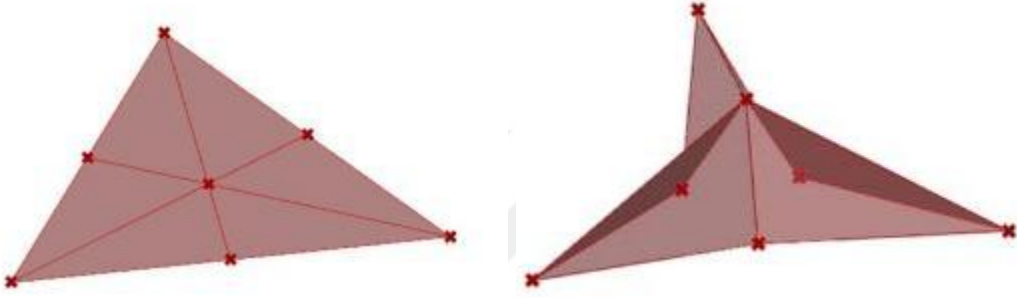
2.4. Hücreseel Özdevinim Kuralının Uygulanması

Hücreseel Özdevinimi kuralının uygulanması ise öncelikle oluşturulan altıgen hücrenin dijital tasarım araçlarına aktarılması gerekmektedir. Tepe- vadi aksları tanımlanarak kural aşamaları rhino programında önce iki boyutla tanımlanmaktadır. Kurallar kırmızı ve mavi renk ile tepe ve vadi olarak kırılmanın biçimlenmesi ayırt edilmek amacıyla ayrılmıştır.



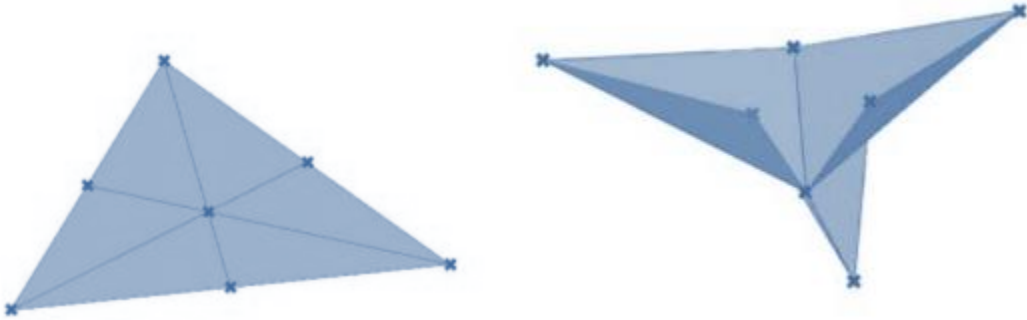
Şekil 63. Altıgen hücre durumunun tepe-vadi aksları

Modül tepe ve vadi ilişkisini ortaya koyabilecek eşkenar üçgenin kesişim noktaları ile sağlanacaktır. Eşkenar üçgen farklı geometrik kombinasyonlara imkân vermesi sebebiyle seçilmiştir. Ayrıca çalışma yöntemini oluşturan Hücresel Özdevinim kuralında yer alan gridal sistemde altıgen veya kare oluşumlara uyumlu olan eşkenar üçgen çözüm varyasyonları için çeşitli olanaklar sağlamaktadır. Tepe modülü kırmızı renk ve pozitif bölgeye ait kırılmaları göstermektedir (Şekil 64).



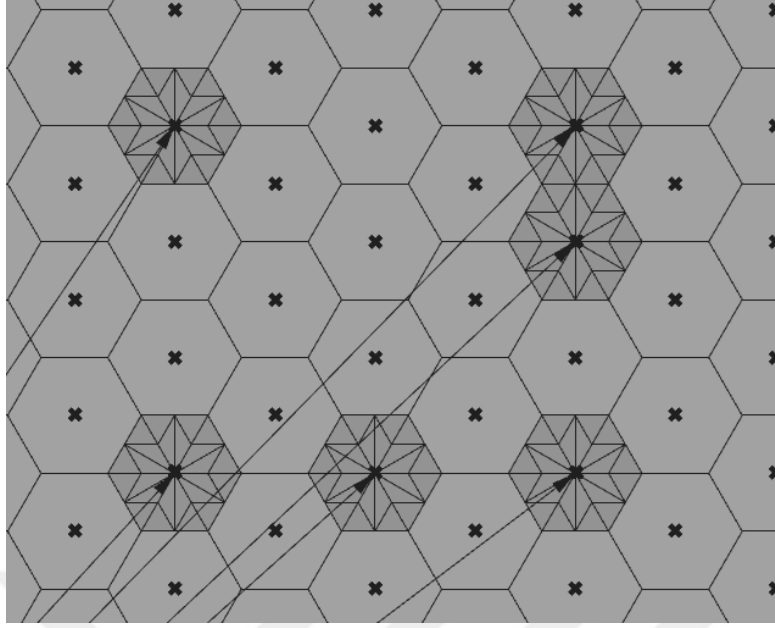
Şekil 64. Rhino programı Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş Tepe Modülü

Modülde vadi ise mavi renkte ve negatif alana ait kırılmaları oluşturmaktadır (Şekil 65). Kırmızı ve mavi ile gösterilen iki modül kural diziliminde kullanılacak olan gridal sistem üzerinde komşuluk ilişkilerine göre biçimsel bir tavır sergileyecektir.



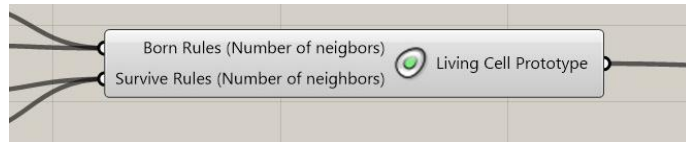
Şekil 65. Rhino programı Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş Vadi Modülü

Rhino programında oluşturulan Tepe ve Vadi modülü gridal sistemde örüntü olarak herhangi bir parametre girmeden Hücresel Özdevinim kuralı uygulanmıştır. Şekil 66'da yer alan görseldeki örüntüler hücre-modül ilişkisini göstermektedir.



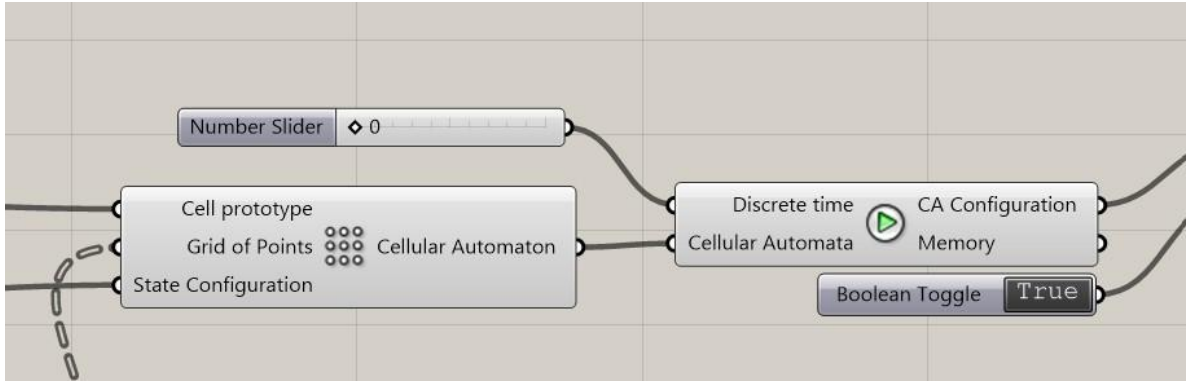
Şekil 66. Rhino programında Hücresel Özdevinim kuralı uygulayarak Tepe-Vadi İlişkisi

Herhangi bir parametre değeri girilmeden oluşturulan örüntü basit ve okunabilir bir biçim ortaya çıkarmaktadır. Hücresel Özdevinim kuralı ile hücre ve gridal sisteme entegre edilen modüler birim rhino programında Rabbit eklentisi ile şekillendirilmektedir. Rabbit eklentisi, Grasshopper için geliştirilmiş bir hücresel özdevinim (CA) ve L-sistemler (Lindenmayer) üretim aracıdır. Hücresel özdevinim kurallarının uygulanacağı düzenli bir grid sistemi tanımlanır. Çizim bileşenleriyle x-y düzleminde altıgen hücrelerden oluşan bir ızgara oluşturulur. Grid hücrelerinin boyutu (örneğin 10x10 birim), çözünürlük ve işlem yükünü belirlenir. Şekil 67’de Hücresel Özdevinime bağlı kural kodları oluşturulmuştur. CA sisteminin ilk adımında hangi hücrelerin aktif (1) veya pasif (0) olacağını belirlemek gerekir. Yaşayan hücreler belirlenerek modül üzerinden hücreler biçimlenmiştir.



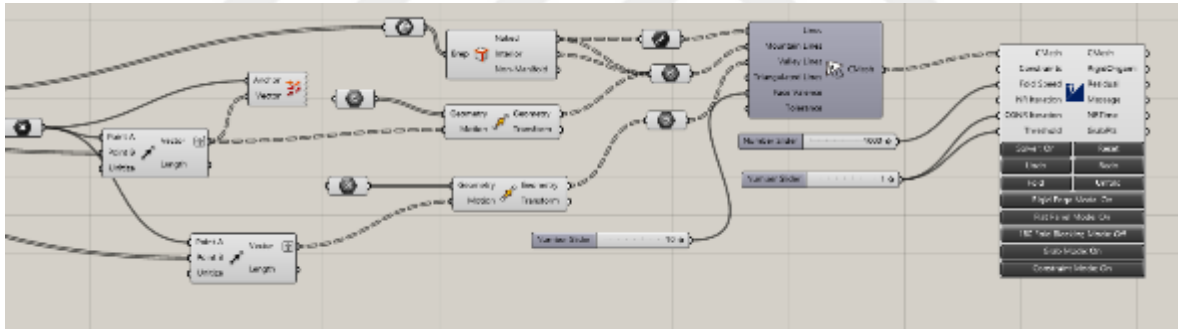
Şekil 67. Rhino Rabbit Eklentisi

Rhino programı Grasshopper eklentisinde yer alan Rabbit uzantısı ile Hücresel Özdevinim kuralı oluşturulmuştur. Şekil 68’de rabbit eklentisi ile hücrenin biçimsel durumu gridal sisteme entegre edilmiştir.



Şekil 68. Rhino Rabbit Eklentisi

Şekil 69’da Hücre, Komşuluk İlişkisi ve Gridal sistemin bulunduğu kural dizilimi oluşturulmuştur. Zaman parametresi eklenmiş olup sabit bırakılmıştır. Rhino Crane eklentisi kural diziliminin sonuna eklenerek Hücresel Özdevinime ait zaman parametrelerinin değişiminin simülasyonu oluşturulmuştur.

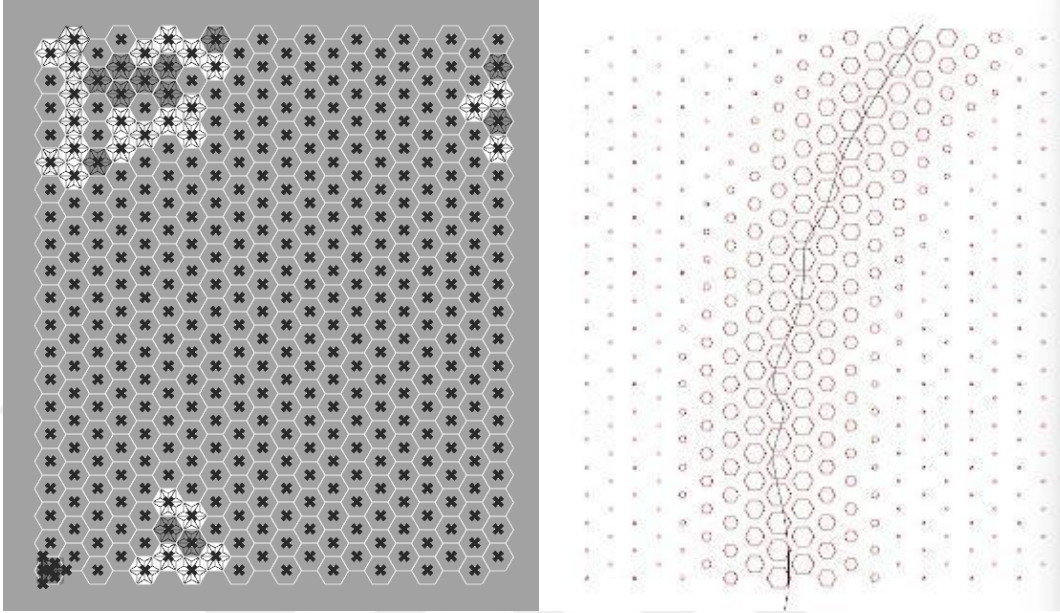


Şekil 69. Rhino Crane Eklentisi

Rabbit eklentisi, Hücresel Özdevinim kuralını dijital tasarım araçlarında uygulamak tasarımcının kontrolü sebebiyle önemlidir. Rhino programı Grasshopper eklentisi ile Hücresel Özdevinim kuralı algoritma sistemine uyumlu çalışmaktadır. Kural diziliminin başlangıç formu ile grafiksel olarak tanımlanmaktadır. Zaman parametresi ile değişken süreç kontrol edilip, müdahale edilmesine olanak sağlamaktadır.

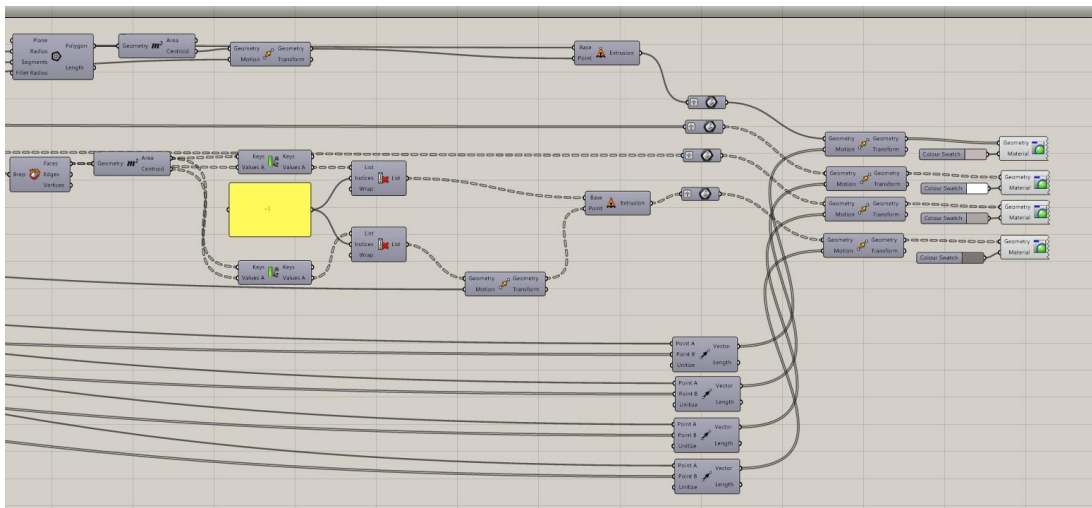
Rhino programı Grasshopper eklentisindeki Rabbit uzantısı iki ve üç boyut çalışmalarına bütünleşmiş çalışan eklentilerden biridir. Hücresel Özdevinim kural dizilimi ile zaman parametresine göre x,y ve z koordinatlarına göre alternatif varyasyonlar

gerçekleştirmektedir. Üst üste bindirilen modüler bileşenlerin oluşturduğu geometri basitten karmaşıklığa dönüşen ve büyüyen bir örüntü oluşturmaktadır.



Şekil 70. Hücre Durumunun entegrasyonu

Rabbit eklentisi, Grasshopper içinde çalışan bir plug-in'dir ve L-sistemleri (Lindenmayer Systems) ve hücresel özdevinim (1D, 2D ve 3D CA) oluşturmak için kullanılmaktadır.



Şekil 71. Rhino Programı Hücre Örüntülerinin Hücresel Özdevinim Kuralı ile Oluşturulması

Rabbit bileşeni çalıştırıldığında her adımda grid yapısı güncellenir. Ortaya çıkan hücre örüntüleri, Preview veya Custom Preview ile görselleştirilir. Her iterasyonda hücrelerin aktif-pasif durumları yeniden hesaplanır. Rabbit sayesinde tasarımcılar,

- Hücresel örüntüleri zaman adımlarına göre oluşturabilir,
- Parametreleri değiştirerek evrimsel desenler elde edebilir,
- Bu desenleri mimari yüzeylerde, cephelerde veya topografik sistemlerde kullanabilir.

Rhino Programı ile Hücresel Özdevinim kuralı şu aşamalarla oluşturulur:

- Başlangıç Grid'i Tanımlama: Rectangle Grid bileşeniyle düzenli bir 2D grid oluştur. Hücre boyutunu ve grid yoğunluğunu ayarla.
- Başlangıç Durumunu Belirleme: Rabbit, başlangıçta hangi hücrelerin aktif olduğunu belirlemenizi ister. Genellikle orta hücre aktif bırakılır veya rastgele bir desen tanımlanır.
- Komşuluk Tipi Seçimi: Rabbit, genellikle Moore komşuluğu (8 hücre) kullanır. Her hücrenin etrafındaki hücrelerin toplam aktiflik durumu değerlendirilir.
- Kural Setini Tanımlama: Rabbit içinde örneğin “Any 3 neighbors → alive” gibi binary kurallar belirlenir. Kurallar Boolean (1/0) mantığıyla işler: Örneğin: Eğer komşu sayısı = 3 → hücre yaşar. Komşu sayısı < 2 veya > 3 → hücre ölür.
- Zaman Adımları (Iterations): Iterations parametresi ile kaç zaman adımı ilerleyeceği belirlenir. Her iterasyonda tüm grid yeniden hesaplanır ve hücreler kural setine göre değişir.
- Çıktının Görselleştirilmesi: Her zaman adımı sonunda oluşan aktif hücreler Surface, Mesh veya Extrude ile 3D forma dönüştürülebilir. Ortaya çıkan yapılar parametrik cephe, kabuk, geçici yapı ya da topografya simülasyonlarında kullanılabilir.

2.5. Hücresel Özdevinim Kuralı ile Üretken Tasarım Modelinin Oluşturulması

Kültürel mirasını geçmişten günümüze taşıyan kentlerin, kent parçalarının bu bölgeye ait mimari dillerini sahip oldukları mimari özgürlüğünün jeomorfolojik geometri yardımıyla tanımlanması çalışmanın temel hedefidir. Jeomorfoloji oluşum bileşenleri ile Hücresel Özdevinim oluşum bileşenleri incelendiğinde benzer aşamalar ve ilişkiler görülmektedir.

Günümüzde mimarlık ve tasarım alanlarında doğal süreçlerin biçimsel izlerinin analizi, özellikle dijital araçlarla bütünleştğinde, tasarımın üretkenliğini ve bağlamsal derinliğini artırmaktadır. Bu bağlamda, jeomorfolojik biçimsel verilerden biri olan tepe-vadi ilişkisi, yalnızca coğrafi/topografik bir okuma sunmakla kalmayıp, aynı zamanda sistematik morfolojik örüntülerin algoritmik olarak modellenmesine de imkân tanımaktadır. Bu çalışmada, tepe-vadi örüntülerinin yapısal ve zamansal analizinden hareketle, hücresele özdevinim (cellular automata) kurallarının mimari tasarımda üretken (generative) bir model oluşturmak üzere nasıl kurgulanabileceği araştırılmaktadır.

Hücresele özdevinim, her biri belirli bir duruma sahip hücrelerin, komşuluk ilişkileri ve belirlenmiş kurallar çerçevesinde zamanla değişime uğraması esasına dayanır. Bu sistemin doğası gereği, basit başlangıç koşulları ve sınırlı kurallar bütünü ile karmaşık morfolojilerin üretilmesi mümkündür. Tepe-vadi ilişkisi ise, bu bağlamda, doğal eğrisellik, topografik süreklilik ve yerel minimum-maksimum noktaların bir aradalığı ile çok katmanlı ve değişken geometrilerin ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Bu örüntülerin sayısal olarak modellenmesi hem algoritmik form üretimini hem de morfolojik varyasyonların parametrik biçimde kontrol edilmesini mümkün kılmaktadır.

Çalışmada, tepe ve vadilerin eğim, yükseklik, yönelme gibi morfometrik parametreleri dijital tabanlı veriler üzerinden analiz edilmekte ve bu veriler hücresele bir grid sistemine entegre edilmektedir. Her bir hücre, yerel konfigürasyona bağlı olarak topografik bir anlam kazanmakta ve özdevinim kuralları doğrultusunda zaman içinde dönüşmektedir. Bu dönüşüm süreci, doğal topoğrafyanın formel bir temsili olmaktan çıkarak, aynı zamanda tasarımsal bir araç haline gelmektedir. Bu yaklaşımla geliştirilen üretken tasarım modeli, hem yerel morfolojik veriye dayalı karar verme süreçlerini hem de biçimsel çeşitliliği sistematik bir şekilde optimize etmeyi amaçlamaktadır. Hücresele özdevinimin sunduğu zamansal evrim, yalnızca statik formların değil, aynı zamanda süreç odaklı ve adaptif tasarım stratejilerinin de geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle, doğadan türetilmiş örüntülerin yalnızca estetik değil, aynı zamanda ekolojik, yapısal ve bağlamsal sürdürülebilirlik kriterleriyle de ilişkilendirilmesi mümkün olmaktadır.

Jeomorfolojik tepe-vadi ilişkilerinin hücresele özdevinim sistematikle yeniden yorumlanması hem morfolojik çeşitliliği hem de üretken tasarım pratiklerini derinleştiren yenilikçi bir paradigma sunmaktadır. Bu paradigma, mimari tasarımın yalnızca biçimsel değil, aynı zamanda süreçsel, sistematik ve bağlam duyarlı bir zeminde yeniden düşünülmesini teşvik etmektedir.

Jeomorfoloji (yer şekilleri) oluşum bileşenleri (Gilbert ve Davis, 1918); yapı, süreç ve zamandır. Hücresel Özdevinim (Cellular Automa) tasarım yönteminin 5 bileşeni vardır. Bunlar; kurallar, grid, hücre durumu, komşuluk ve zamandır. Hücresel Özdevinim kuralı ile üretken tasarım modelinin oluşturulması dört adım ile şekillendirilmektedir. Tablo 3'te yer alan Jeomorfoloji bileşenlerinden yapı parametresi hücre durumu ve komşuluk bileşenleri I. adımı, jeomorfoloji bileşeni olan süreç, Hücresel Özdevinim Kural dizilimi ile II. Adımı, Grid ile III. Adımı oluşturmaktadır. Zaman parametresi ise IV. adım olan son bileşen değişimini temsil etmektedir.

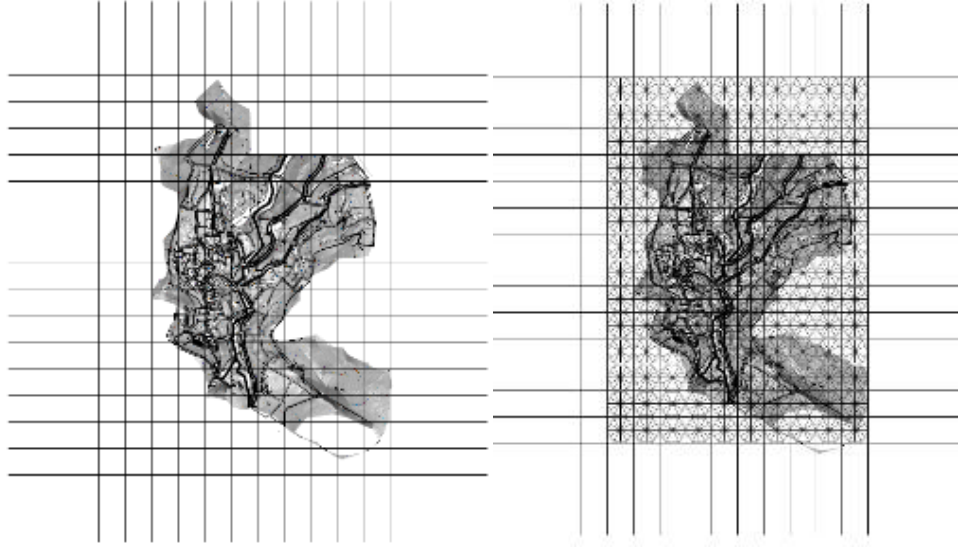
Tablo 3. Jeomorfoloji ve Hücresel Özdevinim Oluşum Bileşenleri

Jeomorfoloji Bileşenleri	Hücresel Özdevinim Bileşenleri	Tasarım Kuralının Oluşturulması
Yapı	Hücre Durumu	I. Adım
	Komşuluk	
Süreç	Kural	II. Adım
	Grid	III. Adım
Zaman	Zaman	IV. Adım

Üretken tasarım modelinde her iki verilere ait bileşenler çalışma modelinin oluşum adımlarını oluşturmaktadır (Tablo 3). Yapı-Hücre Durumu-Komşuluk ilk adımı şekillendirmektedir. II. Adım ise süreci tanımlayan kural dizilimi ve III. Adım ise grid sistemin oluşturulmasıdır. IV. Adım son aşamadır. Zamana bağlı kural dizilimine göre formun değişkenliğinin tespiti yapılacaktır.

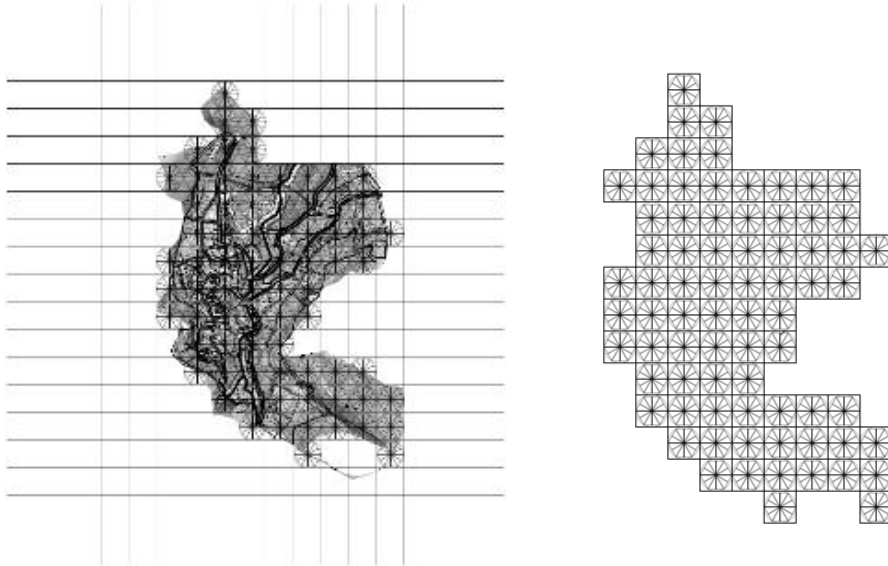
I. Adım: Hücre Durumu ve Komşuluk İlişkisinin Uygulanması

Hücresel özdevinim sistemleri, her biri belirli bir duruma sahip hücrelerden oluşan düzenli bir ızgara (grid) yapısı üzerinden çalışmaktadır. Bu sistemin temel bileşenleri, hücre durumu ve komşuluk ilişkisi olup, zaman içerisinde tüm sistemin evrimini belirleyen ana dinamiklerdir. Hücresel özdevinim kurallarının jeomorfolojik örüntülere uygulanması sürecinde bu iki unsur, topografyanın dinamik süreçlerini temsil etmek için yeniden tanımlanmakta ve üretken tasarım modellerine entegre edilmektedir.

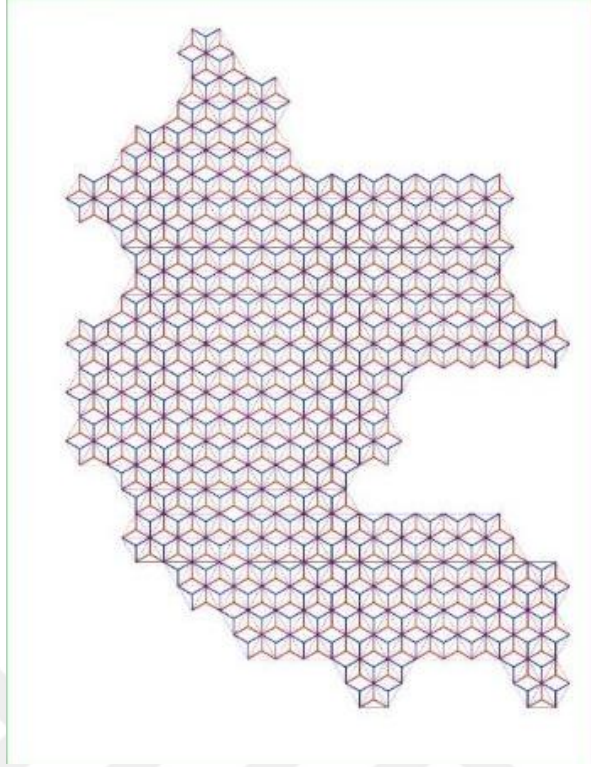


Şekil 72. İki boyut olarak Mahalle Sınırı ve Gridal Sistemin uygulanması

Parametre değerleri girilmeden sınırların ve gridal sistemin oluşturduğu örüntü grafiksel olarak oluşturulmaktadır. Jeomorfolojik biçimsel verilerin, hücresel özdevinim sistemlerinin temel bileşenleri olan hücre durumu ve komşuluk ilişkisi üzerinden modellenmesi, doğadan türeyen yapısal örüntülerin dijital tasarım süreçlerine entegre edilmesini sağlamaktadır.



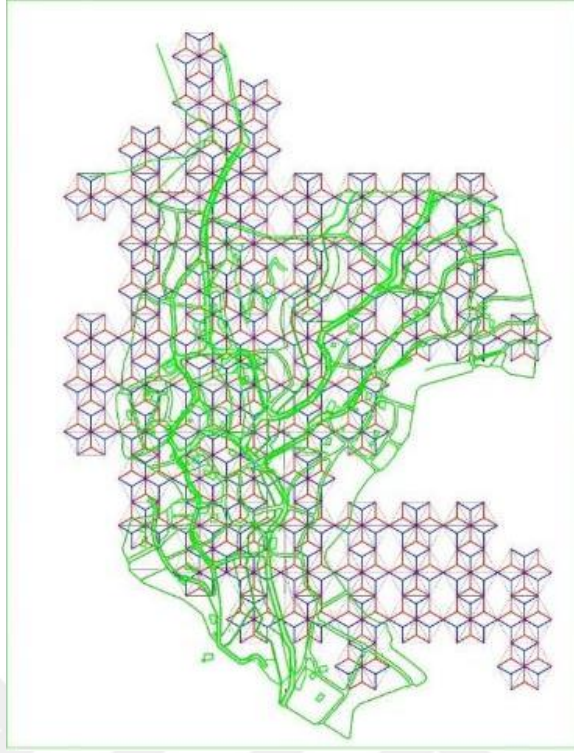
Şekil 73. İki boyut olarak Mahalle Sınırı ve Gridal Sistemin uygulanması



Şekil 74. Süleymaniye Mahallesi sınırları ve altıgen Komşuluk ilişkisi

II. Adım: Yüzeyin Oluşturulması (Alan-Sınır-Topografya)

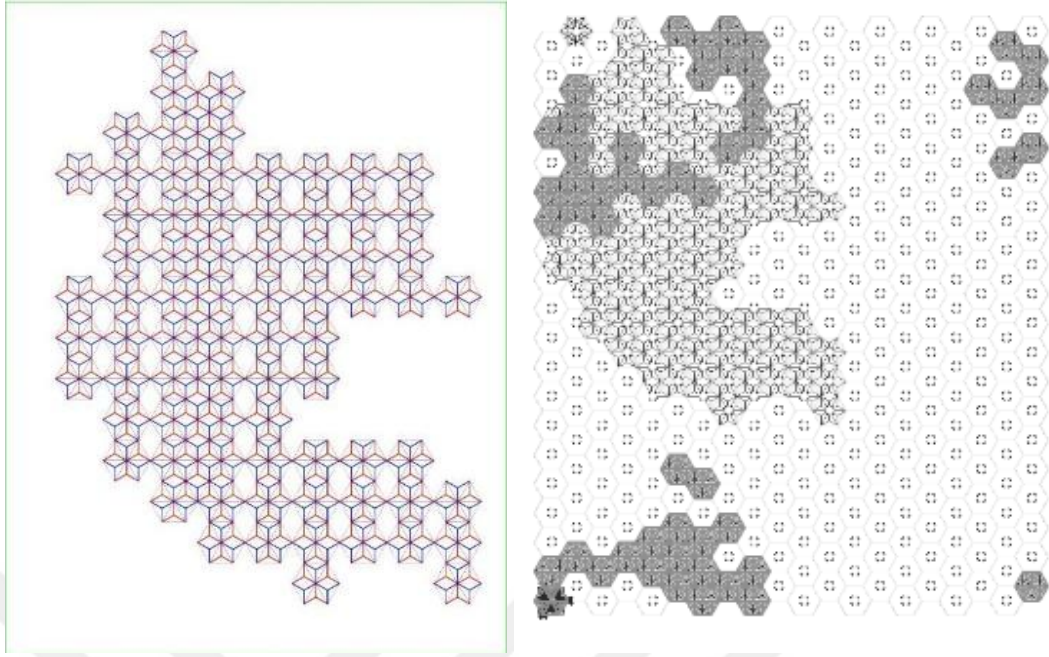
Üretken tasarım modellerinde yüzeyin oluşturulması, biçimsel girdilerin sistematik bir yapıya dönüştürülmesini sağlayan kritik bir aşamadır. Özellikle doğal sistemlerden türetilmiş jeomorfolojik biçimsel veriler ile çalışıldığında, yüzeyin tanımlanması yalnızca fiziksel bir zemin yaratmakla kalmaz, aynı zamanda tasarımın morfogenetik potansiyelini belirleyen bir altyapı işlevi görür. Bu bağlamda alan (field), sınır (boundary) ve topografya (topography) bileşenlerinin bütüncül bir kurgu içinde modellenmesi, hücresel özdevinim tabanlı üretken süreçlerin mekânsal dayanaklarını oluşturmaktadır. Hücresel Özdevinim bileşenlerinden biri olan grid; örneklem alanına uygulanarak karmaşık dokuyu ayrıştırarak algılanması sağlanacaktır. Dinamik katmanları, gridal sistemde düşey ölçü değişkenliğine göre sınırlandırılacaktır.



Şekil 75. Süleymaniye Mahallesi sınırları ve kural dizilimi

III. Adım: Kuralın Yüzeye Entegrasyonu

Hücrel özdevinim modellerinde kurallar, sistemin evrimsel davranışını belirleyen temel mekanizmalardır. Her hücrenin zaman içindeki durumsal değişimi, belirli algoritmik kurallar doğrultusunda komşu hücrelerle olan ilişkisine göre güncellenir. Bu kurallar, genellikle basit matematiksel veya mantıksal ifadelerden oluşsa da büyük ölçekli yüzey morfolojilerinin oluşumunda karmaşık ve öngörülemez örüntüler üretme kapasitesine sahiptir. Bu bağlamda, kuralların yüzeye entegrasyonu, jeomorfolojik özelliklerin üretken tasarım modeli içinde işlevsel birer girdi olarak yeniden yorumlanmasını mümkün kılar. Belirlenen altıgen biçim kuralı, yüzeye uygulanarak çalışma alanı ortaya çıkmıştır. Böylece grid sistemi ile sınırlandırılan alan, parametrelerin entegrasyonu ile değişken biçimsel modeller oluşturulacaktır.



Şekil 76. Süleymaniye Mahallesi sınırları ve gridal sistem ve çalışma alanının sınırlandırılması ve kuralın t:5 anındaki durumu

IV. Adım: Kuralın Forma Dönüşmesi

Hücresel özdevinim sistemlerinde tasarım süreci, önceden tanımlı kuralların belirli bir grid yapısı üzerinde zamansal olarak işlem görmesiyle başlar. Bu sistemler, basit yerel kurallarla çalışan hücrelerin etkileşimlerinden doğan karmaşık biçimsel örüntülerin oluşumuna olanak sağlar. Ancak, kuralların salt işlem mantığından çıkıp fiziksel olarak algılanabilir bir forma dönüşmesi, üretken tasarımın esas hedefini oluşturur. Bu süreç, sayısal bilgidan mekânsal gerçekliğe geçişin, yani bilgi-morfoloji etkileşiminin temel ifadesidir. Kuraldan forma geçiş süreci, deterministik bir sistemin olasılıksal ve emergent (kendiliğinden beliren) çıktılar üretmesi biçiminde tanımlanabilir. Başlangıçta her hücre belirli bir duruma sahiptir ve bu durum komşularla olan ilişkisine göre güncellenir. Bu güncellemelerin her biri, yerel ölçekte mikro değişiklikler yaratırken, makro ölçekte yeni bir yüzey dokusu ve morfoloji inşa etmektedir. Zaman parametresi olan IV. Aşama sürecinde iki boyut örüntülerdeki değişim aşağıdaki gibidir.

Rhino programında Eski Gümüşhane olarak bilinen Eski Süleymaniye Mahallesi sınırları aktarılıp iki boyutlu olarak yeniden oluşturulmaktadır. Hiçbir parametre girilmeden öncelikle süreç izlenmektedir.



Şekil 77. Kuralın forma dönüşmesi

Gümüşhane Eski Süleymaniye Mahallesi, tarihi, kültürel ve coğrafi olarak önemli bir bölgedir. Tarihsel süreçler boyunca geçirdiği değişim günümüzde hala devam etmektedir. Kültürel hafızanın yok olması ve bölgenin değerinin kaybolması çevre-yapı-insan ilişkisi içerisinde kopukluklar yer almaktadır. Çalışma kapsamında Eski Süleymaniye Mahallesi seçilmesi var olan kopuklukların mimari form üzerinde dijital tasarım yöntemleri ile deneysel olarak tasarlanacaktır. Coğrafyaya ait geometri ve fiziksel veriler (jeomorfoloji) ile tarihi dokuya ait bilgiler ışığında dijital yöntem (Hücresel Özdevinim) ile kurallar dizisi oluşturularak bir pavilyon öneri sunulması, geleceğe dair mimarlık anlayışında teori ve pratik ilişkisinin deneysel bir çıktısı olarak önem kazanmaktadır.

2.5.1. Verinin Toplanma Aşaması

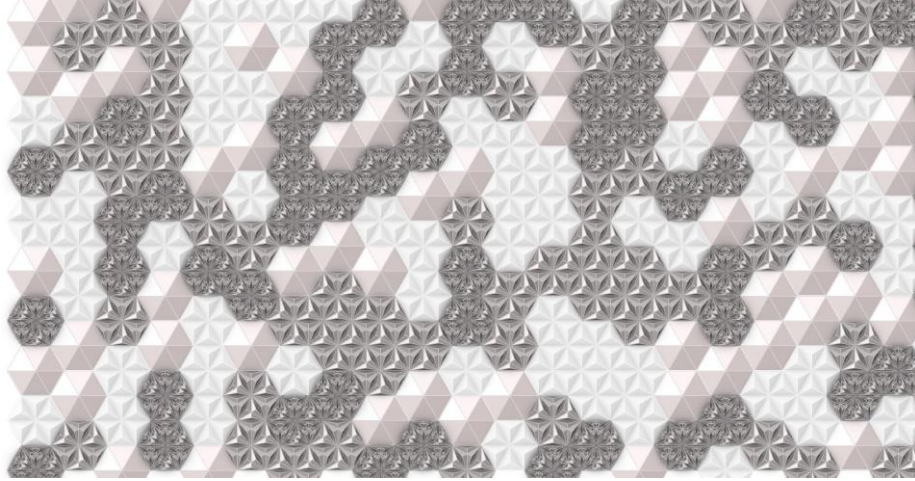
Kavramsal süreç jeomorfoloji ve hücresel özdevinim bileşenlerine yönelik izlenen aşamaların ilişkisini ve üretken tasarım modelinin şekillendirilmesini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda jeomorfoloji analiz sonucunda elde edilen verilen hücresel özdevinim kuralına entegre edilmesi ve zaman parametresine göre 2 ve 3 boyut örüntülerine yönelik kombinasyonlar meydana gelmektedir.



Şekil 78. Kuralın forma dönüşmesi

2.5.2. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Verinin Toplanması

Üretken tasarım modellerinde bağlamsal verilerin nicel biçimde analiz edilmesi ve dijital ortama aktarılması, tasarımın çevresel uyumu ve biçimsel doğruluğu açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, çalışılan örneklem alanına ait jeomorfolojik verilerin toplanması hem doğal morfolojinin okunması hem de bu verilerin hücresel özdevinim temelli tasarım süreçlerine entegre edilmesi için temel bir adımdır. Jeomorfolojik veri, topoğrafyanın biçimsel yapısını sayısal olarak temsil eder ve yüzeyin yüksekliğine, eğimine, yönelmesine ve hidrolojik karakteristiklerine ilişkin katmanlı bilgi sağlamaktadır.



Şekil 79. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural Örüntüsü

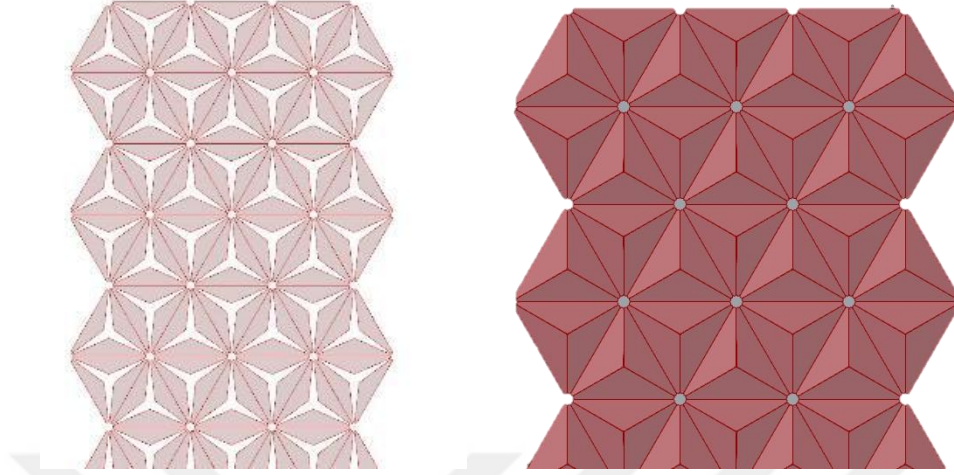
2.5.3. Verinin Üretim Aşaması: Hücresel Özdevinimi Kuralının Belirlenmesi

Üretken tasarım süreçlerinde, sayısal çevresel verilerin biçimsel çıktılara dönüştürülmesi yalnızca veri işleme aşamasıyla sınırlı değildir. Bu verilerin mekânsal olarak anlam kazanması ve sistematik biçimde biçime evrilmesi, tanımlanacak kurallar bütününe bağlıdır. Hücresel özdevinim modelleri, yerel komşuluk ilişkileri üzerinden çalışan ve zamanla karmaşık morfolojiler üretebilen algoritmik sistemlerdir. Bu bağlamda, jeomorfolojik veri matrisinin yüzeye dönüştürülmesi için temel adımlardan biri, hücresel özdevinim kuralının belirlenmesidir. Söz konusu kural, hem doğadan türetilmiş bir morfolojik ilkeyi hem de biçimsel üretim sürecini yönlendiren tasarımsal kararı temsil etmektedir. 2D ve 3D örüntüler tasarım modelinin biçimsel kurgusunun temelini oluşturmaktadır.

2.5.4. 2D Örüntüler

Hücresel özdevinim (cellular automata) modelleri, yerel kurallar aracılığıyla zaman içinde gelişen morfolojik davranışları temsil etmek için güçlü bir yöntem sunmaktadır. Özellikle jeomorfolojik veriye dayalı üretken tasarım süreçlerinde, 2D düzlemde oluşan örüntüler, hem sistemin işleyiş mantığını hem de yüzeydeki değişim potansiyelini görsel olarak analiz etmenin etkili bir yoludur. Bu örüntüler, yüzey topolojisinin soyutlanmış bir

temsili olarak formun zamansal evrimini iki boyutlu bir grid yapısı içerisinde ifade etmektedir.

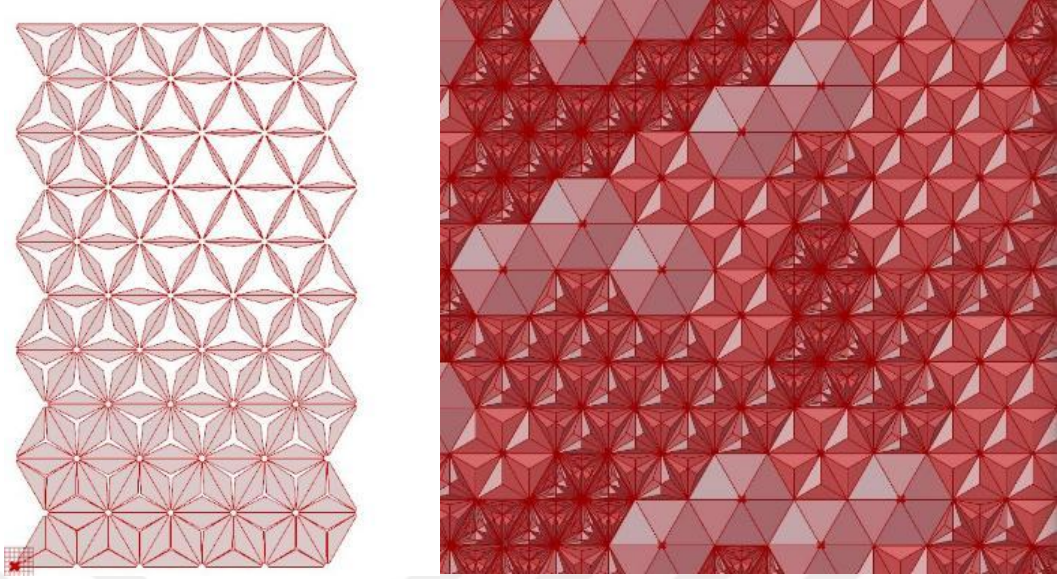


Şekil 80. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntü

2D örüntüler, hücresel özdevinim sistemlerinin zamansal evriminin yalın ve etkili temsilleridir. Bu örüntüler, doğal süreçlerin dijital ortamdaki iz düşümlerini anlaşılır hale getirerek üretken tasarım sürecine veri, desen ve biçim önerisi olarak katkı sağlar. Aynı zamanda, parametrik modelleme ortamlarında bu verilerin doğrudan 3B forma dönüştürülmesine de zemin hazırlamaktadır.

2.5.5. 3D Örüntüler

Hücresel özdevinim (cellular automata) sistemlerinin üretken tasarımda kullanımı, yalnızca iki boyutlu düzlemlerde örüntüsel değişkenlik üretmekle sınırlı kalmaz; aynı zamanda bu örüntülerin üçüncü boyutta formel bir yüzeye dönüşmesini mümkün kılmaktadır. Bu dönüşüm, kurallara bağlı olarak gelişen zamansal evrimsel süreçlerin mekânsal bir temsili olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda 3D örüntüler, jeomorfolojik süreçlerin dijital ortamda simülasyonu ve mimari tasarıma entegre edilebilecek biçimsel stratejilerinin somutlaştığı yüzey modelleri olarak ele almaktadır.



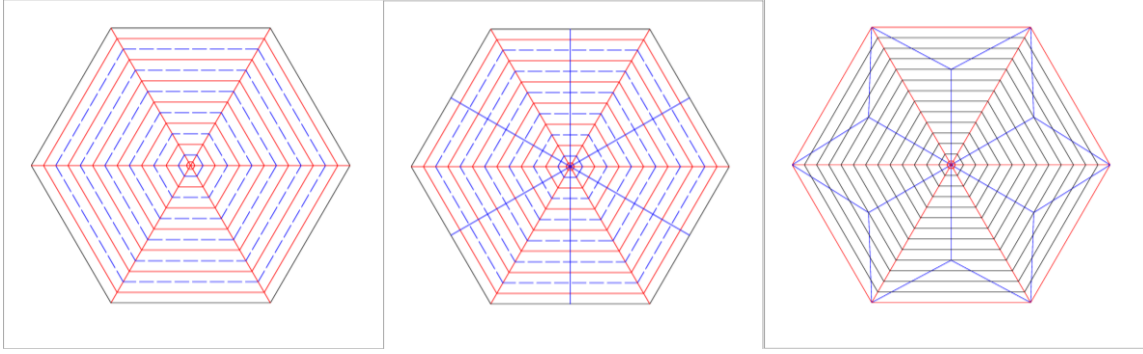
Şekil 81. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 3D Örüntü

3D örüntüler, grid tabanlı hücre sistemlerinin yükseklik verisi ile ilişkilendirilmesi sonucunda üretilir. Her bir hücre, x ve y koordinatları yanında bir z ekseni değeri (yükseklik) kazanır. Bu değer, genellikle aşağıdaki parametrelerin bir kombinasyonu ile hesaplanmaktadır.

2.6. Jeomorfolojik Verinin Hücresel Özdevinim Kuralına Dayalı Tasarım Modeli Aşaması

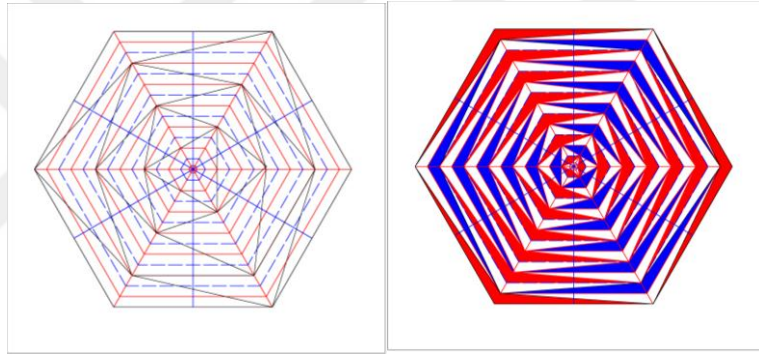
2.6.1. Hücre Durumu

Hücresel özdevinim (cellular automata) sistemlerinde her hücre, belirli bir zaman anında "durum" (state) olarak adlandırılan sayısal ya da nitel bir değere sahiptir. Bu durum, sistemin evrimsel işleyişinde hücrenin ne şekilde davranacağını ve gelecekteki formasyon sürecine nasıl katkı sağlayacağını belirleyen temel parametredir. Jeomorfolojik üretken tasarım modellerinde, hücre durumu doğadan türetilmiş topografik, hidrolojik ya da morfometrik verilerin bir ifadesi olarak değerlendirilir ve tasarıma veri temelli bir altyapı kazandırılmaktadır.



Şekil 82. Hücre 2D Durumu

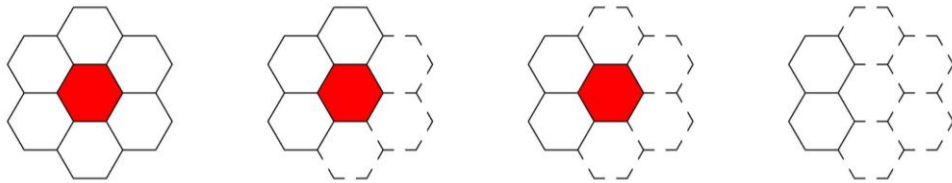
Altıgen birimlerden hücrelerin 2d örüntüleri gridal sistemi oluşturmaktadır. Altıgen biçimin aksları ile jeomorfoloji biçimlenmeden üretilen üçgen tepe-vadi mozaikler yerleştirilmiştir.



Şekil 83. Hücre 2D Durumu

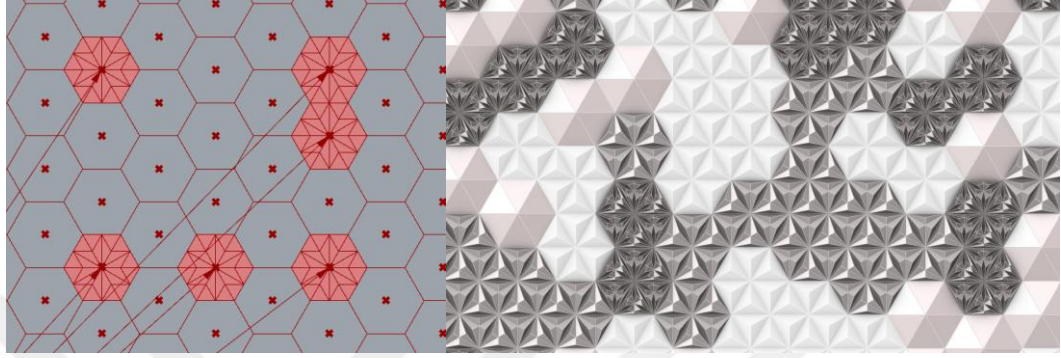
2.6.2. Komşuluk

Hücresel özdevinim (cellular automata) modellerinde komşuluk (neighborhood), bir hücrenin karar alma sürecinde dikkate aldığı çevresel hücre kümesini ifade etmektedir. Bu kavram, sistemin mekânsal ve zamansal dinamiklerini belirleyen temel bir etkileşim düzeyidir.



Şekil 84. Hücre 2D Komşuluk İlişkisi

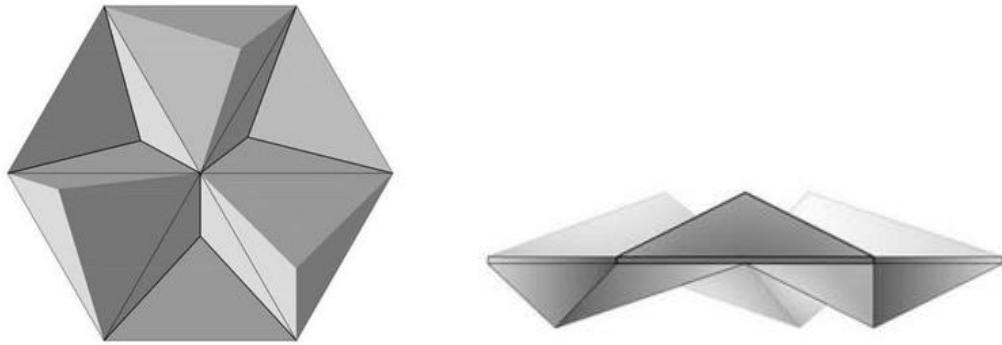
Komşuluk ilişkileri, hücrelerin durumlarının birbirini nasıl etkilediğini tanımlar ve böylece jeomorfolojik süreçlerin dijital ortamda simüle edilmesini ve morfolojik örüntülerin üretilmesini mümkün kılmaktadır. Hücresel özdevinimin üretken tasarım modeline entegre edilmesinde komşuluk, formun evrimine yön veren yerel kuralların mekânsal ölçeğini belirlemektedir.



Şekil 85. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü

2.6.3. Kural

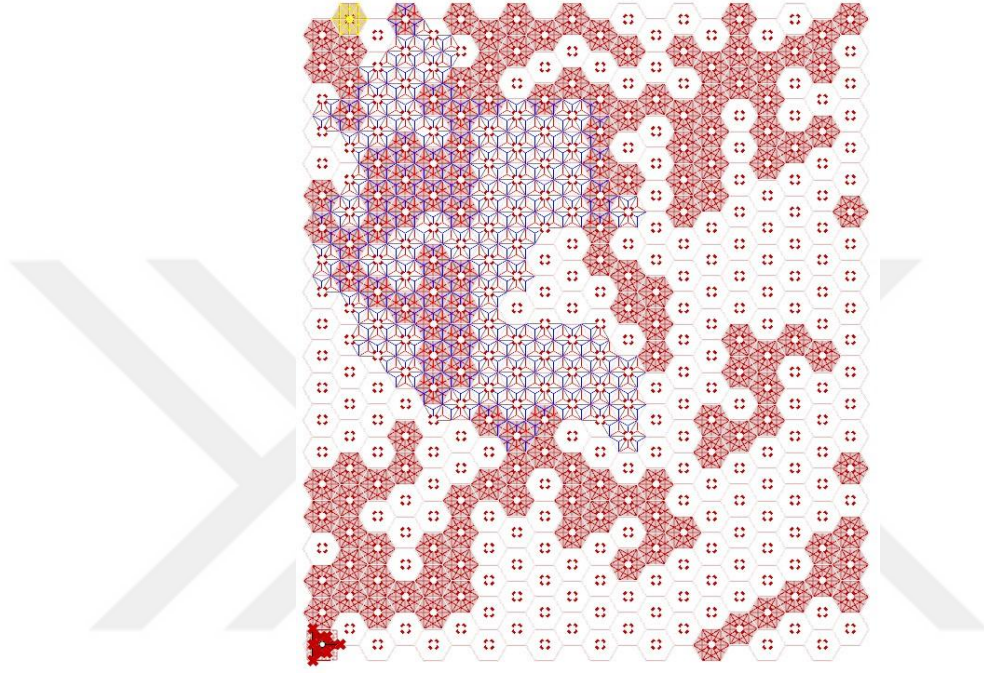
Hücresel özdevinim (cellular automata) sistemlerinde kural, her bir hücrenin belirli bir zaman anındaki durumunun, komşularıyla kurduğu ilişkiler doğrultusunda nasıl değişeceğini tanımlayan algoritmik bir yapıdır. Bu yapı, sistemin evrimsel işleyişini yönlendiren temel mantıksal çerçeveyi oluşturmaktadır. Üretken tasarım süreçlerinde ise kural, veriden türetilen formun davranışsal altyapısını tanımlamaktadır. Özellikle jeomorfolojik bağlamda, kural; doğal süreçlerin dijital ortamdaki karşılığını ifade eden ve tasarımın zamansal biçimlenmesini sağlayan araçtır.



Şekil 86. Hücrenin t:1 anındaki biçimlenmesi

2.6.4. Grid

Hücresel özdevinim (cellular automata) sistemlerinde grid (ızgara), sistemin temel mekânsal örgütlenme yapısını oluşturan iki veya üç boyutlu hücrelerden oluşmuş düzenli bir matristir. Her bir hücre, belirli bir konumda yer alan, tanımlı bir duruma sahip birimdir ve bu hücrelerin kolektif yapısı grid sistemini meydana getirmektedir.



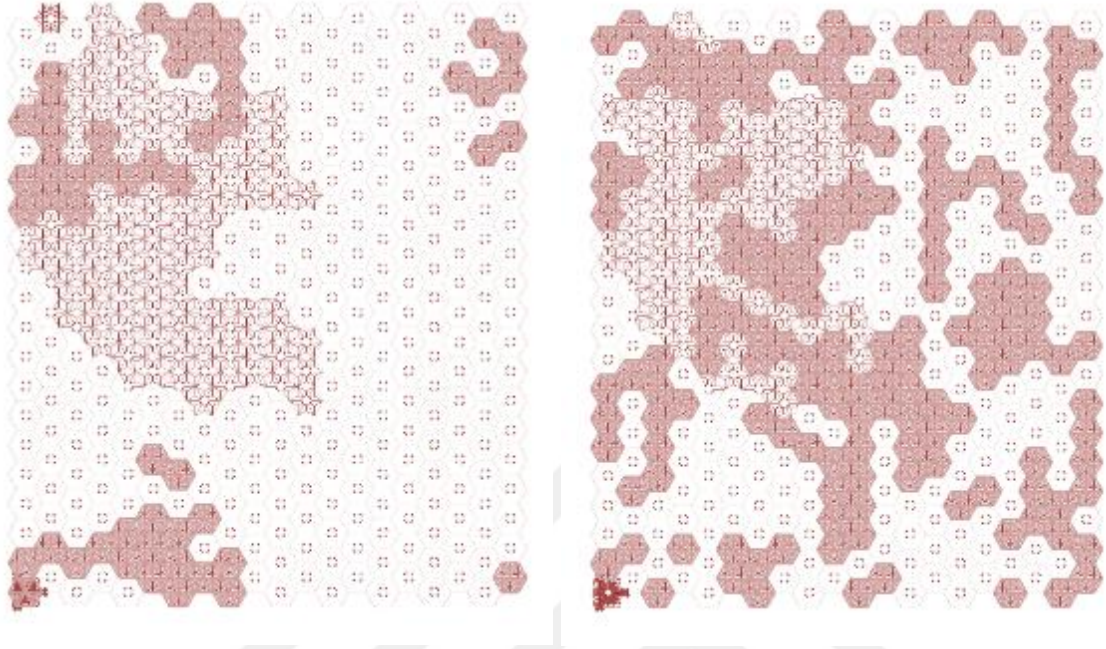
Şekil 87. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü

Üretken tasarım bağlamında, özellikle jeomorfolojik veriye dayalı çalışmalarda, grid yapısı, doğal süreçlerin sayısal ortamda modellenmesini ve biçimsel evrimin mekânsal olarak izlenmesini mümkün kılan temel iskeleti temsil etmektedir.

2.6.5. Zaman

Hücresel özdevinim (cellular automata) modellerinde zaman, sistemin evrimsel doğasını tanımlayan ve biçimsel değişimi yöneten temel parametrelerden biridir. Bu modellerde zaman, klasik anlamıyla sürekli akan fiziksel bir süreç değil; her biri belirli kuralların uygulanmasıyla gerçekleşen ayrık adımlar dizisi olarak kurgulanmaktadır. Özellikle jeomorfolojik veriye dayalı üretken tasarım süreçlerinde, zaman, hem formun

oluşumuna rehberlik eden süreçsel bir bağlam, hem de değişimin izlenebilirliği açısından kavramsal bir çerçevedir.

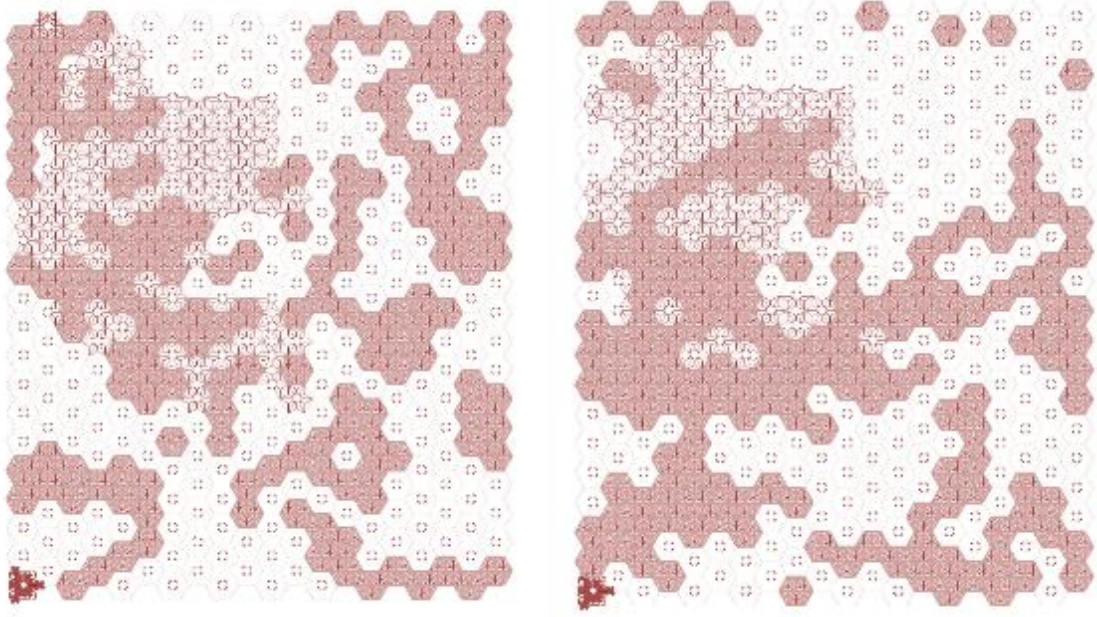


Şekil 88. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü t:5 ve t:15

Zaman, hücresel özdevinim sisteminde genellikle "iteration" (yineleme, zaman adımı) olarak tanımlanmaktadır. Her bir iterasyonda:

- Tanımlı kural(lar) tüm grid üzerindeki hücrelere uygulanmaktadır.
- Hücreler, kendi mevcut durumları ve komşularının durumları doğrultusunda yeni bir duruma geçmektedir.
- Grid yüzeyi, her zaman adımında yeni bir morfolojik örüntü üretmektedir.

Bu bağlamda, zaman adımları bir sistemin durağan halden karmaşık bir formel yapıya dönüşme sürecini temsil etmektedir.



Şekil 89. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü t:20 ve t:50

Zaman, hücresel özdevinim sistemlerinde biçimsel dönüşümün ardışık mantığını belirleyen, üretken tasarımın sürece dayalı yapısını ortaya koyan kavramsal bir araçtır. Jeomorfolojik veriye dayalı modellerde zamanın kullanımı, doğadan türeyen formun yalnızca statik bir sonuç değil; evrimleşen, dönüşen ve zamansallık içeren bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, formu bir sonuç değil, bir süreç olarak tasarlamamanın önünü açar ve dijital tasarım pratiklerine derinlik kazandırmaktadır.

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular kavramsal kurgunun oluşturduğu tasarım model aşamalarının biçimsel yapıya yönelik bulgular iki temel başlık altında sunulmaktadır.

(i) Kavramsal kurguya dayalı tasarım modelinin 2d örüntülerine dair biçimsel çıktılara ilişkin gözlemler ve değerlendirmeler,

(ii) Kavramsal kurguya dayalı tasarım modelinin 3d örüntülerine dair biçimsel çıktılara ilişkin gözlemler ve değerlendirmeler,

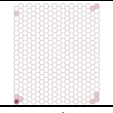
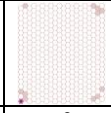
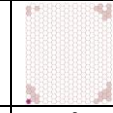
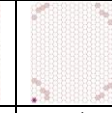
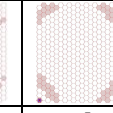
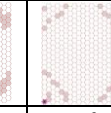
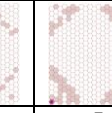
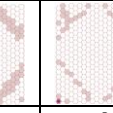
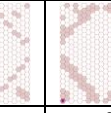
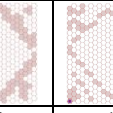
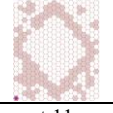
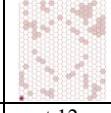
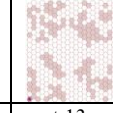
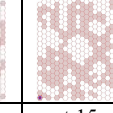
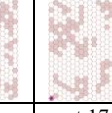
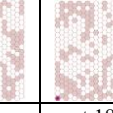
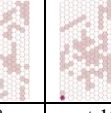
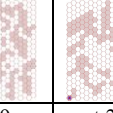
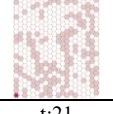
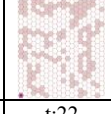
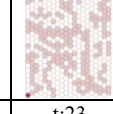
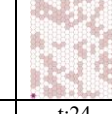
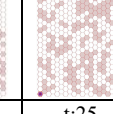
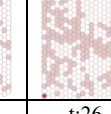
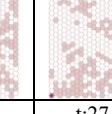
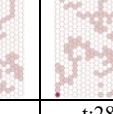
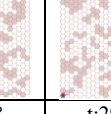
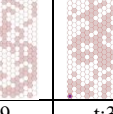
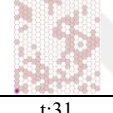
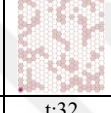
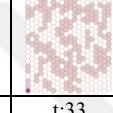
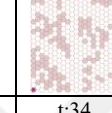
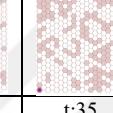
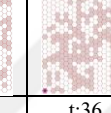
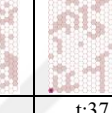
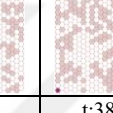
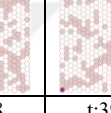
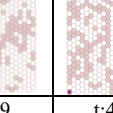
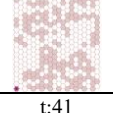
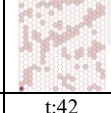
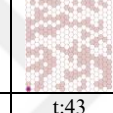
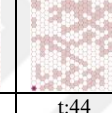
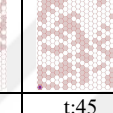
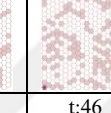
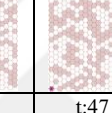
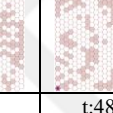
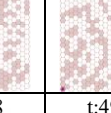
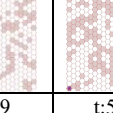
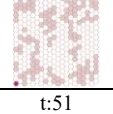
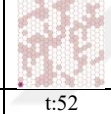
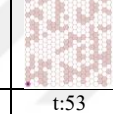
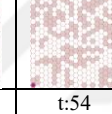
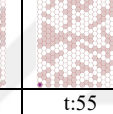
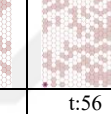
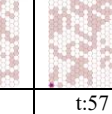
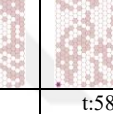
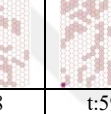
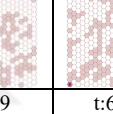
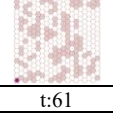
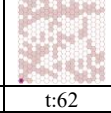
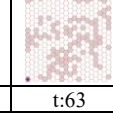
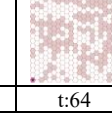
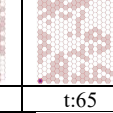
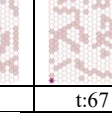
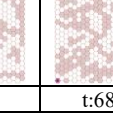
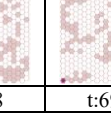
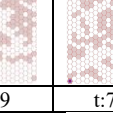
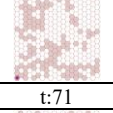
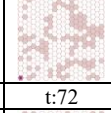
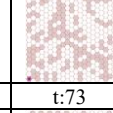
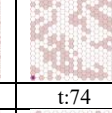
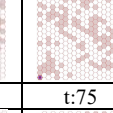
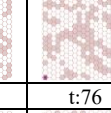
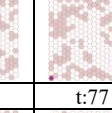
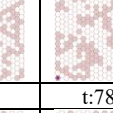
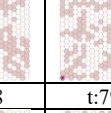
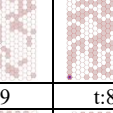
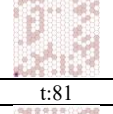
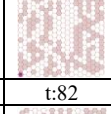
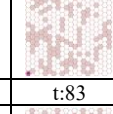
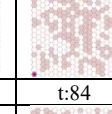
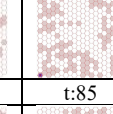
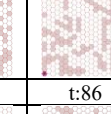
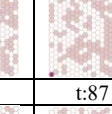
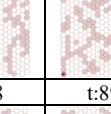
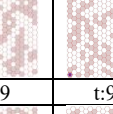
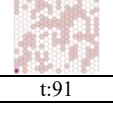
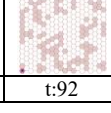
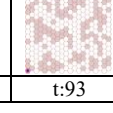
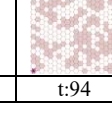
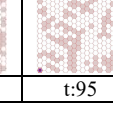
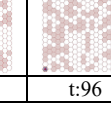
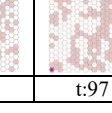
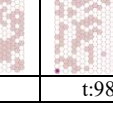
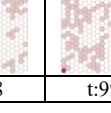
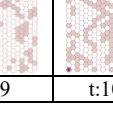
İlk olarak, kuramsal altyapıdan hareketle geliştirilen tasarım modelinin yapısal bileşenleri ve süreç odaklı ilerleyişi analiz edilmiştir. Bu aşamada, hücresel özdevinim sistemine entegre edilen jeomorfolojik veriler aracılığıyla kurgulanan tasarım stratejisinin hangi mantıksal kademelerle ilerlediği, kural belirleme, hücre durumu, komşuluk ilişkisi ve zaman boyutu gibi temel değişkenler üzerinden sistematik olarak değerlendirilmiştir.

İkinci olarak ise, söz konusu modelin farklı zaman adımlarında ve kural varyasyonlarında ürettiği biçimsel örüntüler, mimari tasarım bağlamında taşıdığı potansiyel üzerinden okunmuş; yüzey sürekliliği, topografik derinlik, modüler varyasyonlar ve strüktürel uyarlanabilirlik gibi ölçütler çerçevesinde yorumlanmıştır. Bu bulgular hem dijital üretim süreçlerinin hem de bağlamla ilişkili biçimsel stratejilerin geliştirilebilirliğini göstermesi bakımından önem arz etmektedir.

3.1. Modelin 2D Örüntüsü

Tablo 5'te yer alan 0-100 zaman dilimine bağlı 2D örüntüler, hücresel özdevinim ilkelerine dayalı olarak biçimsel evrimi temsil eden bir dizi jeomorfolojik morfoloji varyasyonunu sunmaktadır. Her bir örüntü, altıgen grid sisteminde tanımlı yerel kuralların zamanla etkileşime girerek oluşturduğu kompleks örüntüsel davranışları yansıtmaktadır. 2D bulgular, hücresel yoğunluğun farklı bölgelerde nasıl kümелendiğine dair görsel veriler sunmaktadır. Bazı örüntülerde yoğunlaşma, merkezden çevreye dağılan bir tür radyal örgütsel yapıya dönüşürken; bazı desenlerde ise lineer akışkanlık, dalgalı geçişler veya grid bozulmaları gözlemlenmektedir. Bu, topografyanın zamanla geçirdiği evrime karşılık gelen dinamik morfolojilere karşılık gelmektedir.

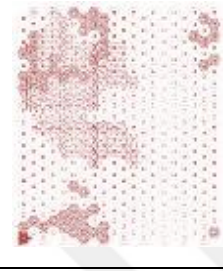
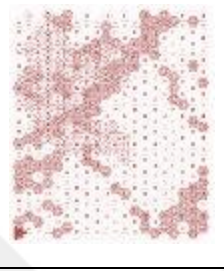
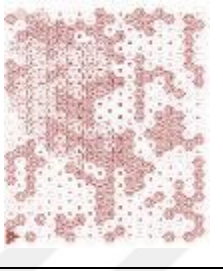
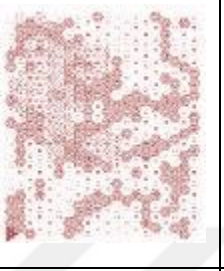
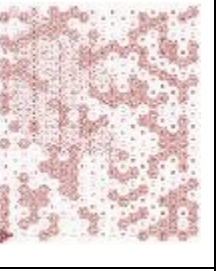
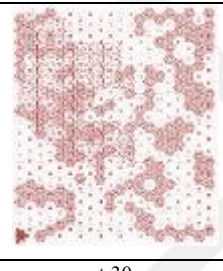
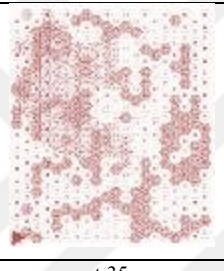
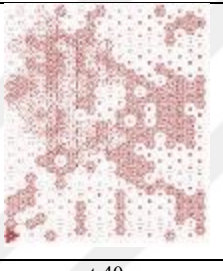
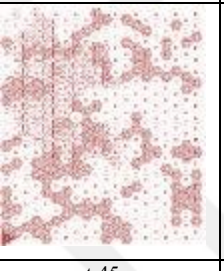
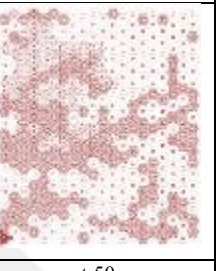
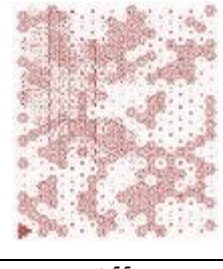
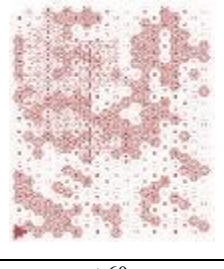
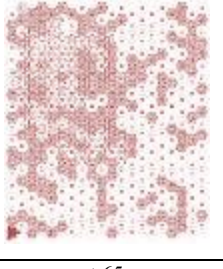
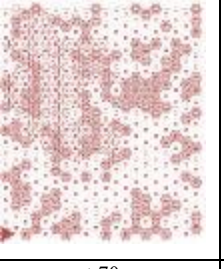
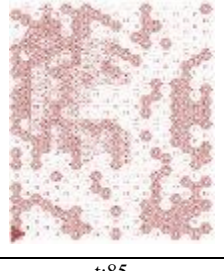
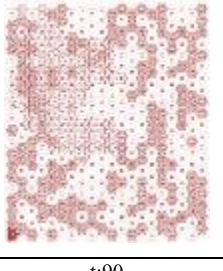
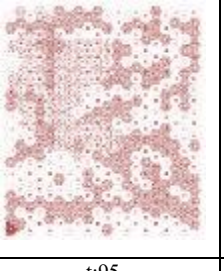
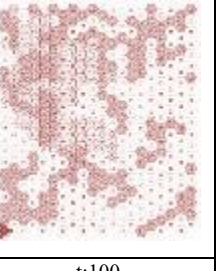
Tablo 4. Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman Parametresi

Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman Parametresi									
									
t:1	t:2	t:3	t:4	t:5	t:6	t:7	t:8	t:9	t:10
									
t:11	t:12	t:13	t:14	t:15	t:16	t:17	t:18	t:19	t:20
									
t:21	t:22	t:23	t:24	t:25	t:26	t:27	t:28	t:29	t:30
									
t:31	t:32	t:33	t:34	t:35	t:36	t:37	t:38	t:39	t:40
									
t:41	t:42	t:43	t:44	t:45	t:46	t:47	t:48	t:49	t:50
									
t:51	t:52	t:53	t:54	t:55	t:56	t:57	t:58	t:59	t:60
									
t:61	t:62	t:63	t:64	t:65	t:66	t:67	t:68	t:69	t:70
									
t:71	t:72	t:73	t:74	t:75	t:76	t:77	t:78	t:79	t:80
									
t:81	t:82	t:83	t:84	t:85	t:86	t:87	t:88	t:89	t:90
									
t:91	t:92	t:93	t:94	t:95	t:96	t:97	t:98	t:99	t:100

2D örüntüler, jeomorfolojik biçimlenme süreçlerinin dijital ortamda hücresel özdevinim prensipleriyle yeniden kurgulanabileceğini ve mimari yüzey tasarımlarında morfolojik çeşitliliğin sistematik olarak üretilebileceğini ortaya koymaktadır. Tasarımlar, doğadan esinlenen ancak hesaplamalı mantıkla evrilen bir yapay morfoloji üretim

metodunun başarılı örnekleridir. Bu yaklaşım, gelecekteki parametrik tasarım yöntemlerinde arazi topolojileriyle bütünleşen yapısal dokuların oluşturulması açısından önemli potansiyeller barındırmaktadır.

Tablo 5. Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman ve Komşuluk Parametresi

Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman ve Komşuluk Parametresi				
				
t:5	t:10	t:15	t:20	t:25
				
t:30	t:35	t:40	t:45	t:50
				
t:55	t:60	t:65	t:70	t:75
				
t:80	t:85	t:90	t:95	t:100

İki boyutlu örüntülerin üretim süreci, jeomorfolojik biçimlenme dinamiklerinin dijital ortamda hücresel özdevinim prensipleri doğrultusunda yeniden simüle edilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda geliştirilen tasarımlar, yalnızca doğadan türetilmiş görsel referanslara dayanmamakta; aynı zamanda zaman ve komşuluk gibi parametrik girdilerin

etkisiyle evrimleşen bir yapay morfogenez süreci olarak değerlendirilmelidir. Hücresel ağlarda her hücrenin durumu, belirli bir zaman döngüsünde komşu hücrelerle olan ilişkisine göre değiştiğinden, biçimsel üretim süreci deterministik değil, evrimsel ve öngörülemeyen bir karakter kazanmaktadır.

Tasarımda bu yaklaşım, doğadaki topografik örüntülerin hesaplamalı tasarım ortamında sistematik biçimde yeniden üretilebileceğini göstermektedir. Zaman içerisinde gelişen morfolojik dönüşümler sayesinde, yüzey geometrileri farklı ölçeklerde varyasyonlar sergileyebilmekte; bu durum, mimari yüzey tasarımlarında hem estetik hem de yapısal anlamda çeşitliliği mümkün kılmaktadır. Özellikle komşuluk kurallarının parametrik olarak manipüle edilebilir oluşu, hücresel sistemin hem mikro hem makro ölçekte biçimsel kararlar üretmesini sağlamaktadır. Bu çerçevede geliştirilen yapay morfolojiler, doğadan esinlenen fakat dijital algoritmalarla türetilen hesaplamalı bir üretim metodolojisinin somut çıktıları olarak değerlendirilebilir. Söz konusu yaklaşımda, gelecekteki parametrik tasarım stratejilerinde, arazi topolojileriyle bütünleşen, bağlamsal ve adaptif mimari dokuların üretilmesine yönelik önemli olanaklar sunmaktadır.

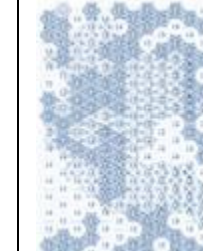
Zaman parametresi, HÖ sisteminin evrimsel karakterini belirleyen en temel değişkendir. Her bir zaman adımı (t), hücrelerin komşu hücrelerle olan ilişkisine dayalı olarak yeniden hesaplanmasını sağlar ve bu süreçte örüntülerde hem içeriksel hem de biçimsel dönüşümler meydana gelir. Başlangıçta tekil veya sınırlı sayıda aktif hücre içeren sistem, zaman ilerledikçe kendi iç dinamiklerine bağlı olarak daha büyük ve karmaşık alanlara yayılır. Bu yayılma, bazı kurallar altında simetrik ve öngörülebilir bir genişleme biçiminde olurken, bazı durumlarda ise asimetrik, belirsiz ve öngörülemez formasyonlara evrimlemektedir. Bu bağlamda, zaman yalnızca bir ilerleme metriği değil, aynı zamanda formun dönüşüm potansiyelini açığa çıkaran dinamik bir yapılandırıcı olarak işlev görmektedir.

Komşuluk ilişkisi ise, her hücrenin hangi çevresel hücrelerle etkileşim kurduğunu belirleyerek sistemin topolojik yapısını etkilemektedir. Moore komşuluğu (sekiz yönlü) daha yaygın ve homojen bir yayılma etkisi yaratırken, Von Neumann komşuluğu (dört yönlü) daha sınırlı ve doğrusal etkileşim alanları üretmektedir. Komşuluk tipi, yalnızca formun yayılma hızını değil, aynı zamanda hücrelerin birleşme, kümelenme ve ayrışma eğilimlerini de doğrudan etkilemektedir. Özellikle düzensiz (asimetrik veya rastlantısal) komşuluk tanımları, örüntüde heterojen ve beklenmedik biçimsel oluşumların ortaya çıkmasına neden

olmaktadır. Bu durum, mimari tasarımda öngörülemeyen morfolojilerin üretimi için yaratıcı bir potansiyel taşımaktadır.

Zaman ve komşuluk parametreleri birlikte ele alındığında, HÖ sistemleri farklı biçimsel davranış kategorileri üretir: durağan (stabil), salınımlı (periodik), kaotik veya sınırlı büyüme gösteren örüntüler. Bu kategoriler hem geometrik varyasyonları hem de sistemin üretkenliğini belirleyen önemli birer analiz aracıdır. Parametreler arasındaki küçük farklar, örüntülerin biçimsel karakterinde dramatik değişimlere yol açabilir; bu da sistemin hassas başlangıç koşullarına bağlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman ve Komşuluk ve Sınır Parametresi

Hücresel Özdevinim Kuralı Zaman ve Komşuluk ve Sınır Parametresi				
				
t:5	t:10	t:15	t:20	t:25
				
t:30	t:35	t:40	t:45	t:50
				
t:55	t:60	t:65	t:70	t:75
				
t:80	t:85	t:90	t:95	t:100

İki boyutlu örüntülerin üretim süreci, jeomorfolojik biçimlenmenin dijital ortamda hücresel özdevinim kuralları doğrultusunda yeniden kurgulanabileceğini ve bu süreç aracılığıyla mimari yüzeylerde morfolojik çeşitliliğin sistematik olarak oluşturulabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda form üretim süreci, üç temel parametre etrafında şekillenmektedir: hücre durumu, komşuluk ilişkileri ve sistem sınırları.

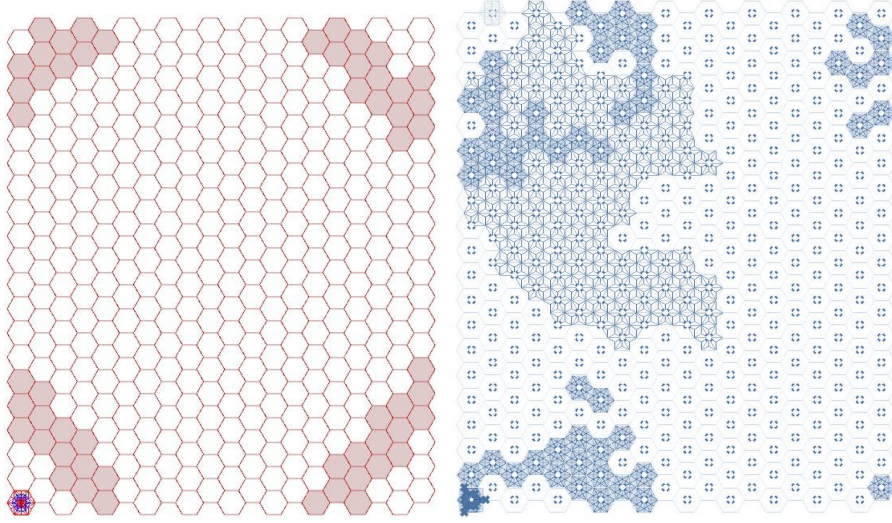
Her bir hücrenin durumu (ölü/canlı) sistemin bütünsel formunu doğrudan etkilemekte; dolayısıyla yerel kararların küresel morfolojiye etkisi, özdevinim sürecin temel yapısını oluşturmaktadır. Bu hücresel davranış, belirli kurallar çerçevesinde hücrenin kendi geçmiş durumuna ve çevresindeki komşu hücrelerin konumuna bağlı olarak evrilmektedir. Böylece tasarım süreci, statik bir form üretiminden ziyade, adaptif ve evrimsel bir formasyon sürecine dönüşmektedir.

Komşuluk kuralları, özellikle hücrelerin çevresel farkındalığını biçimlendiren önemli bir parametredir. Her bir hücrenin belirli sayıda ve konumda komşuya sahip olması, sistemin nasıl değişeceğini ve ne tür örüntüler oluşturacağını belirlemektedir. Bu bağlamda, komşuluk yapılarının farklı topolojilerde modellenmesi, yüzeylerde oluşacak biçimsel düzenin karakterini doğrudan şekillendirmektedir.

Öte yandan, sistemin sınır koşulları (başlangıç geometri, kenar davranışları veya dış müdahale parametreleri) morfolojik üretimlerin yönünü, yayılımını ve sınırlılığını belirleyen önemli bir faktördür. Sınırların geçirgen ya da kapalı olarak tanımlanması, hücrelerin etkileşim potansiyelini yeniden yapılandırmakta; bu da örüntülerin yönlenmesi, ritmi ve sürekliliği üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

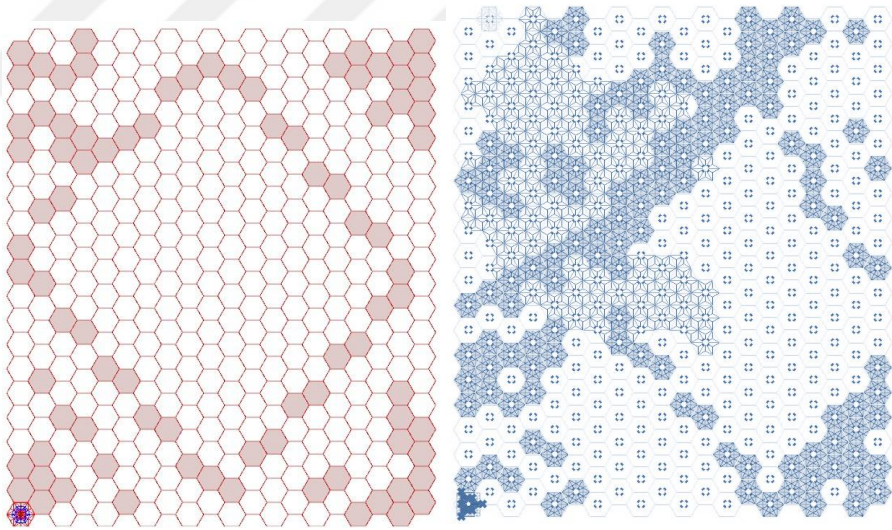
Bu üç temel parametrenin birlikte değerlendirilmesiyle oluşturulan yapay morfolojiler, doğadan esinlenen ancak hesaplamalı mantıkla gelişen biçimsel sistemlerin üretimini mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle topografik verilerle bütünleşen adaptif yüzeylerin tasarlanması açısından, parametrik ve biyo-dijital mimari için yenilikçi bir metodolojik çerçeve sunmaktadır.

Tasarım modeli ile oluşturulan 2d örüntüler karşılaştırıldığında birçok analiz yapılabilmektedir. Şekil 90'da yer alan görsellerde kuralsız ve kurallı 2d örüntülerin farklı kümeleşmesi dikkat çekmektedir. Düzgün ve eşkenar altıgen hücrelerden oluşan bir grid sisteminde, belirli hücrelerin dolu (koyu renkli) ve diğerlerinin boş (beyaz) olarak tanımlandığı bir örüntü sunulmuştur. Bu yapı, hücresel özdevinim modelinin temel kural setlerinden biri olan "ikili hücre durumu" (dolu/boş) prensibine dayanmaktadır.



Şekil 90. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:5

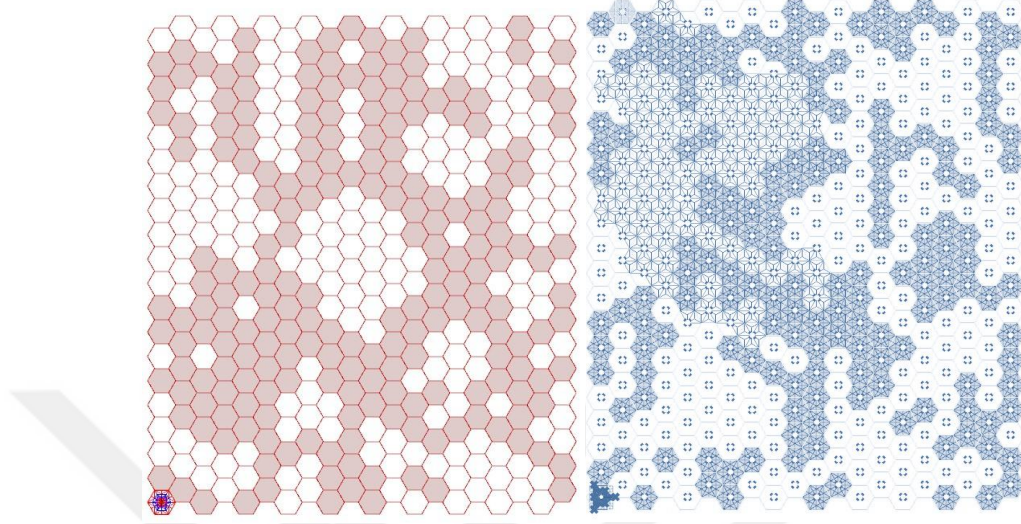
Altıgen hücre gridine entegre edilmiş çok daha karmaşık ve fraktal nitelikli bir desenlenme görülmektedir. Buradaki sistemde hem içsel alt örüntüler hem de hücrelerin aralarındaki geçiş alanları detaylı olarak modellenmiştir.



Şekil 91. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:10

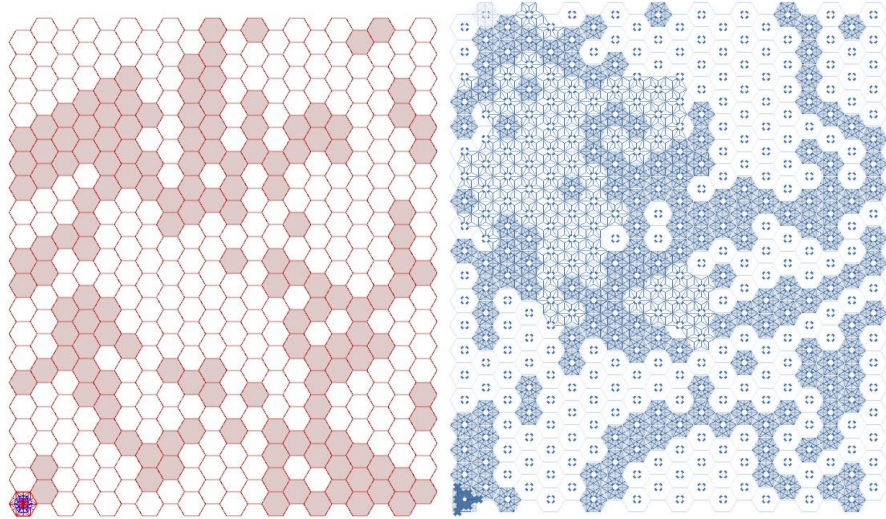
t=10 durumunda kuralsız örüntüde kenar bölgelerde yoğunlaşma söz konusu iken kurallı olan örüntüde ise ağırlıklı orta bölgede çapraz lineer bir uzanım görülmektedir. Aynı zamanda köşede de bir örüntü kümelenmesine rastlanmıştır.

$t=15$ anında ise kuralsız örüntüde çok fazla yoğunluk ve bütüncül bir kümelenme olduğu görülmektedir. Kurallı 2d örüntüde ise kümelenme yoğunluğunun fazla olduğu ancak kuralsız örüntüye göre daha fazla parçalanma gerçekleştiği tespit edilmiştir.



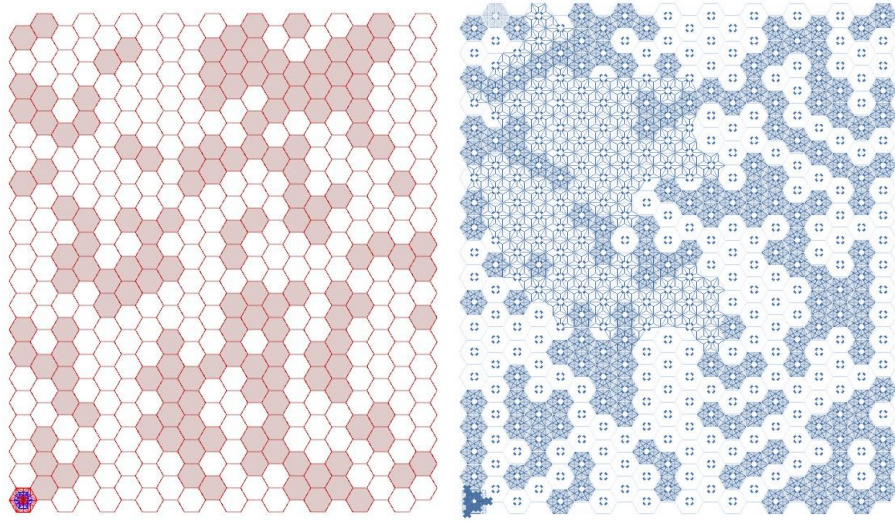
Şekil 92. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü $t:15$

$t=20$ durumunda kuralsız örüntüde birleşik kümelenmenin dağıldığı ancak yine de fazla hücrenin birlikte olduğu görülmektedir. Kurallı örüntü de ise alanı uzanım olarak yayılan bir örüntü görülmektedir.



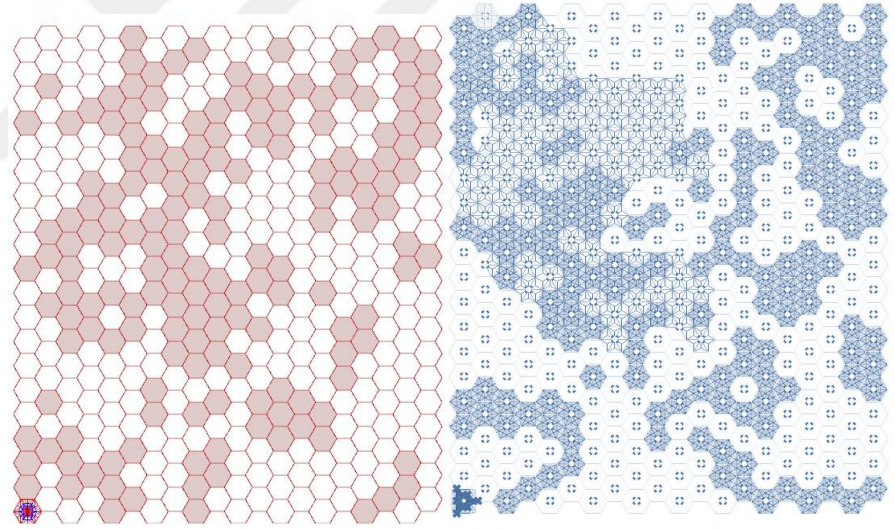
Şekil 93. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü $t:20$

Kuralsız örüntü $t=25$ anında farklı gruplarla komşuluk ilişkisi kurduğu, kurallı örüntü de ise kümeleşmenin fazlaca küçük öbekler halinde gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 94. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:25

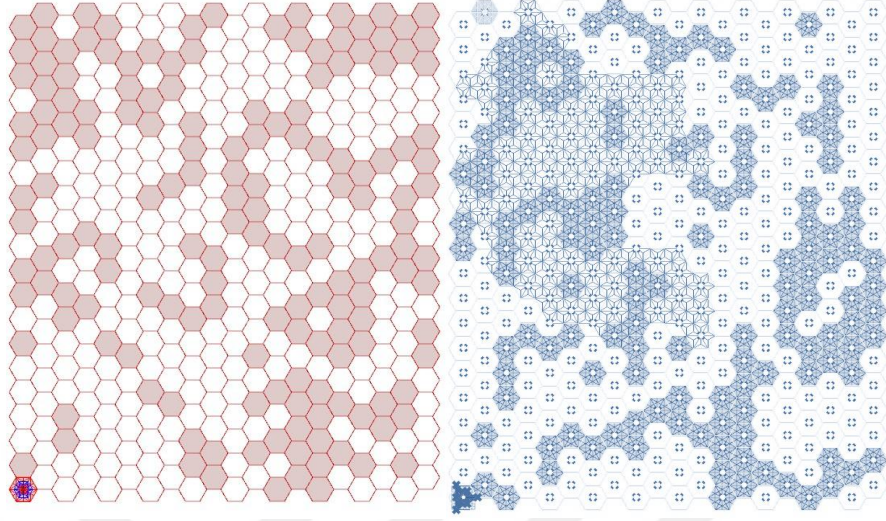
t=30 zamanında kuralsız örüntüde birleşik bir hücresel küme, kurallı örüntüde ise bir önceki zamana göre daha büyük hücresel örüntünün oluştuğu tespit edilmiştir.



Şekil 95. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:30

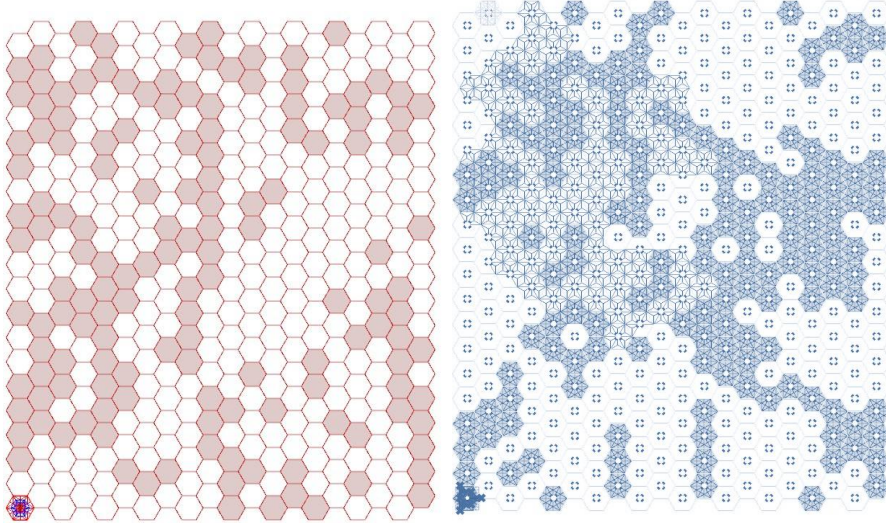
Hem kurallı hem de kuralsız sistemlerde, erken evrelerde gözlemlenen örüntüler, genellikle dağınık dağılımlı ve küçük ölçekli hücresel oluşumlar şeklindedir. Zamanın ilerlemesiyle birlikte, özellikle $t = 35$ anında, sistemde belirgin bir kümeleşme davranışı gözlenmekte; bu durum, özellikle kurallı yapılar içinde boşluklu ve düzenli örüntülerin oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle kurallı sistemlerde bu süreç, hücresel özdevinimin deterministik yapısı doğrultusunda daha öngörülebilir bir düzen oluştururken; kuralsız

sistemlerde ise kümelenmeler daha dağınık, asimetrik ve geçici yapılar olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 96. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:35

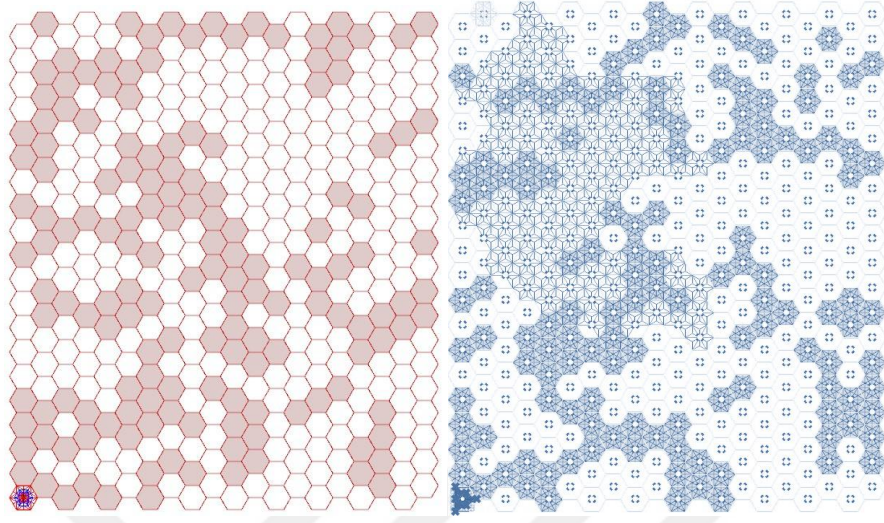
$t = 40$ zaman diliminde, kuralsız örüntü yapısında hücresel yoğunlaşmaların ağırlıklı olarak kenar bölgelerde toplandığı gözlemlenmiştir. Bu durum, sistemde sınır koşullarının ve yerel komşuluk ilişkilerinin rastlantısal varyasyonlarla birleşerek çevresel birikmelere neden olduğunu göstermektedir.



Şekil 97. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:40

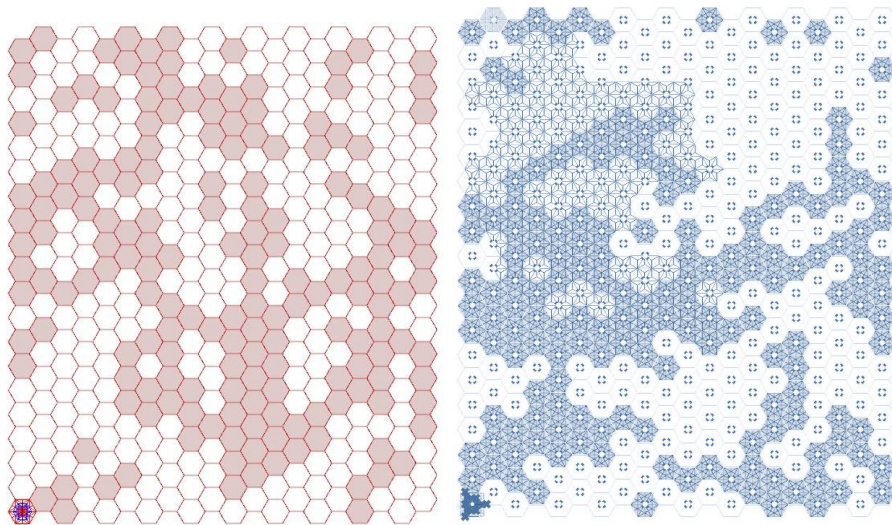
$t=45$ kurallı örüntü yapısında aynı zaman aralığında daha belirgin ve organize bir form oluşumu dikkat çekmektedir. Kurallı 2d örüntünde ise dağınık bir kümeleşme görülmektedir.

Bu evrede, hücreler arasındaki komşuluk ilişkilerinin yoğunlaşması, belirli bölgelerde morfolojik organizasyonların sistematik biçimde yapılandığını göstermektedir.



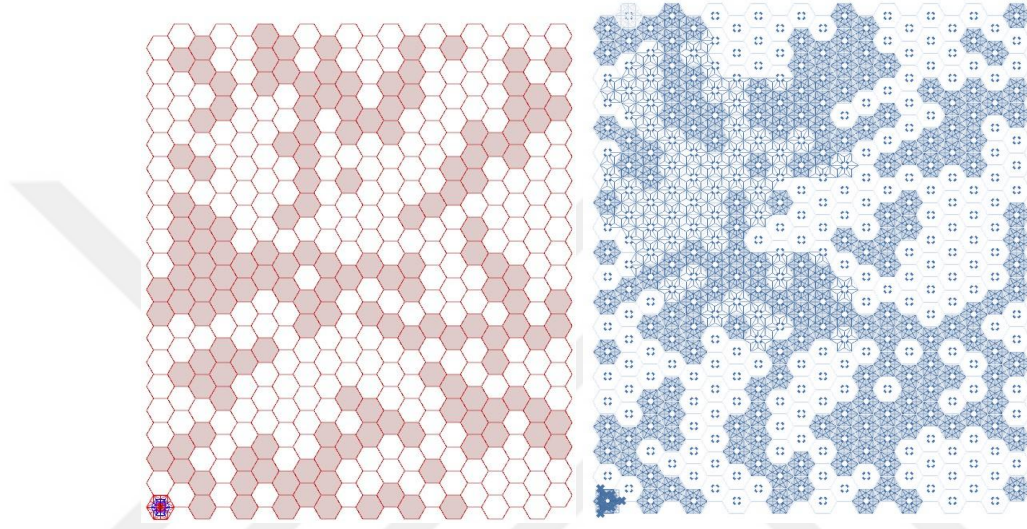
Şekil 98. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:45

$t=50$ anında örüntü, ağırlıklı olarak orta bölgede, çapraz eksenle uzanan lineer bir dizilim göstermektedir. Bu lineer formasyon, kurallı sistemin içsel süreklilik ve yönelime dayalı morfogenetik özelliklerini yansıtmaktadır. Ayrıca sistemin bir köşesinde tespit edilen ikincil bir kümelenme, kuralların yerel varyasyonlara duyarlılığı sayesinde sistem içinde bölgesel yoğunlukların da oluşabileceğini göstermektedir. Bu bulgu, kurallı örüntülerin yalnızca merkezî değil, marjinal bölgelerde de yönlendirilmiş kümelenmelere olanak tanıdığını işaret etmektedir.



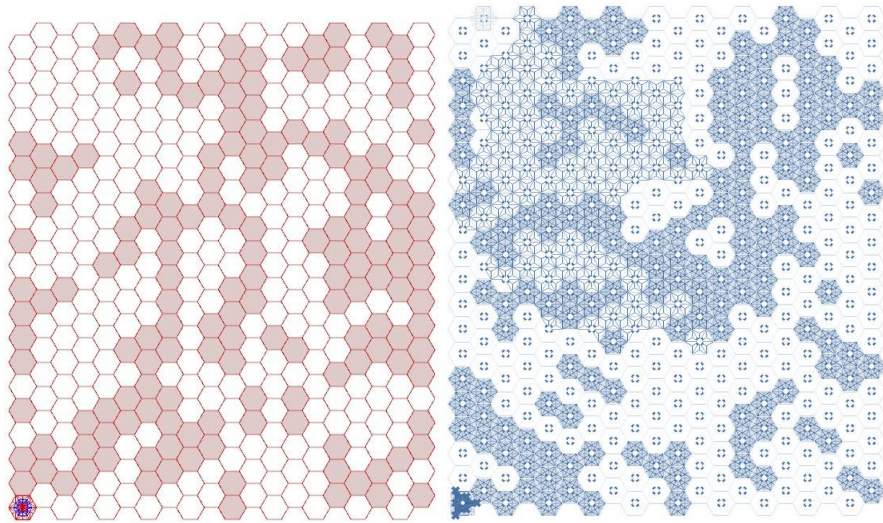
Şekil 99. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:50

$t = 55$ zaman diliminde, kuralsız örüntü yapısının farklı hücre gruplarıyla kurduğu heterojen komşuluk ilişkileri dikkat çekmektedir. Hücreler, belirli bir düzen izlemeksizin çeşitli kümelerle etkileşime geçmekte; bu durum, sistemde çok merkezli ve dağınık bir morfolojik yapı oluşmasına neden olmaktadır. Buna karşılık, aynı zaman anında kurallı örüntü yapısında kümeleşmenin daha küçük ölçekli ve lokal öbekler şeklinde gerçekleştiği gözlemlenmektedir.



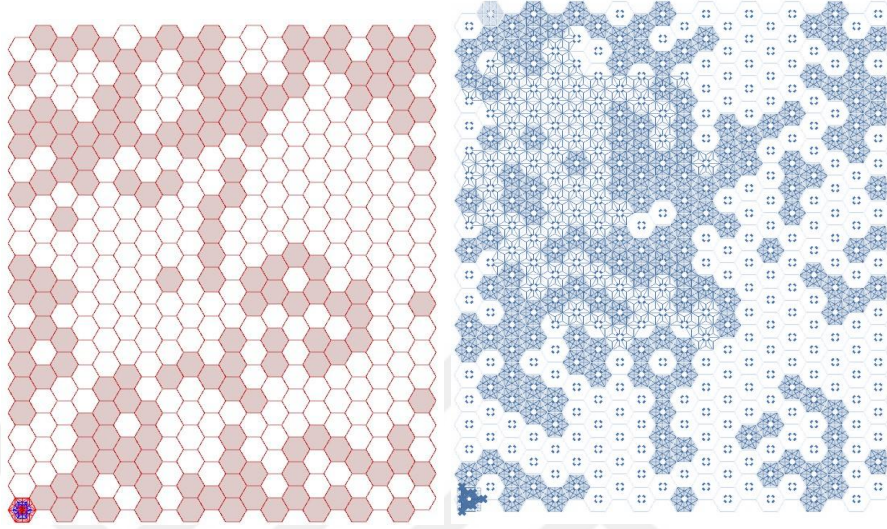
Şekil 100. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü $t:55$

Kenarlarda oluşan bu düzensiz kümelenmeler, kuralsız sistemin öngörülemez doğasına paralel şekilde yerel etkileşimlerin ani değişimlerle sonuçlandığını ortaya koymaktadır.



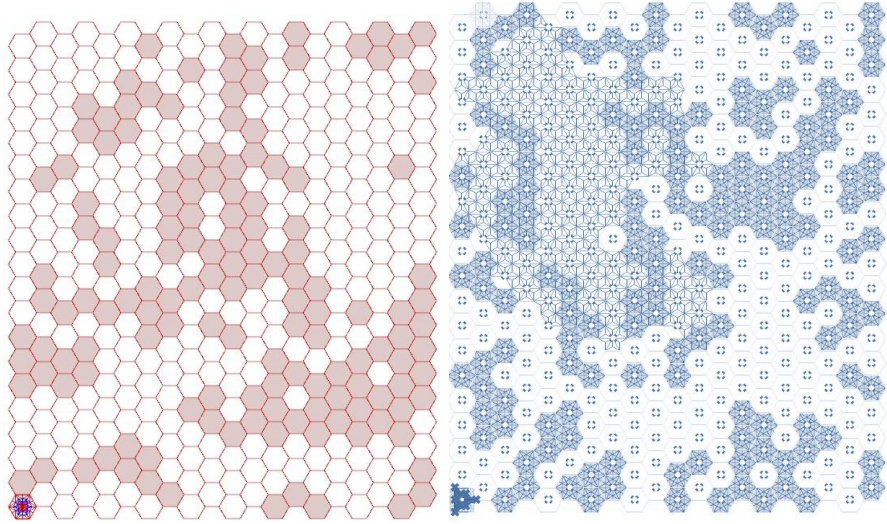
Şekil 101. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü $t:60$

Rastlantısal etkileşimler sayesinde ortaya çıkan bu çeşitlenmiş bağlam, örüntünün topolojik olarak sürekli yeniden şekillendiğini ve esnek bir yapı sergilediğini göstermektedir.



Şekil 102. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:65

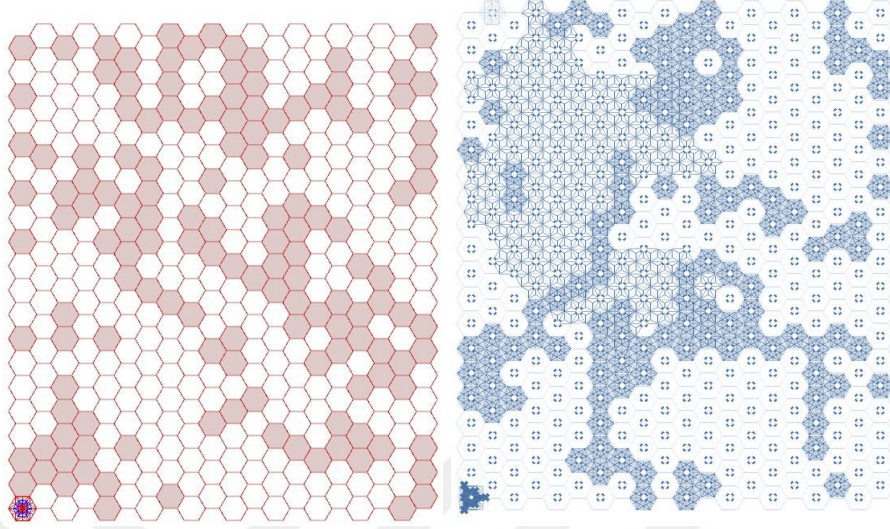
Kurallı ve kuralsız olarak her iki çalışmada dağınık ve küçük örüntüler görülmektedir. Kümeleşme t:70 anında boşluklu kurallı örüntüler oluşturmaktadır.



Şekil 103. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:70

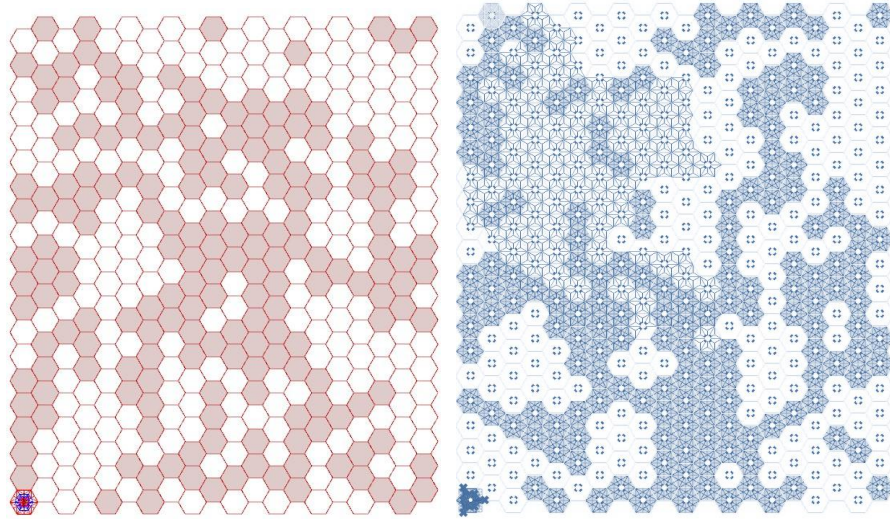
t=75 anında hücresel davranışlar önceden tanımlanmış kurallar doğrultusunda ilerlediğinden, sistem daha sabit, kontrollü ve modüler kümelenmelere yönelmektedir. Bu durum, form üretiminin daha öngörülebilir bir çerçevede seyrettiğini ve her bir alt kümenin

sınırlı bir biçimsel varyasyonla yapılandığını ortaya koymaktadır. Kurallı ve kuralsız örüntülerde bu bağlamda dağınık bir yerleşim izlenmiştir.



Şekil 104. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:75

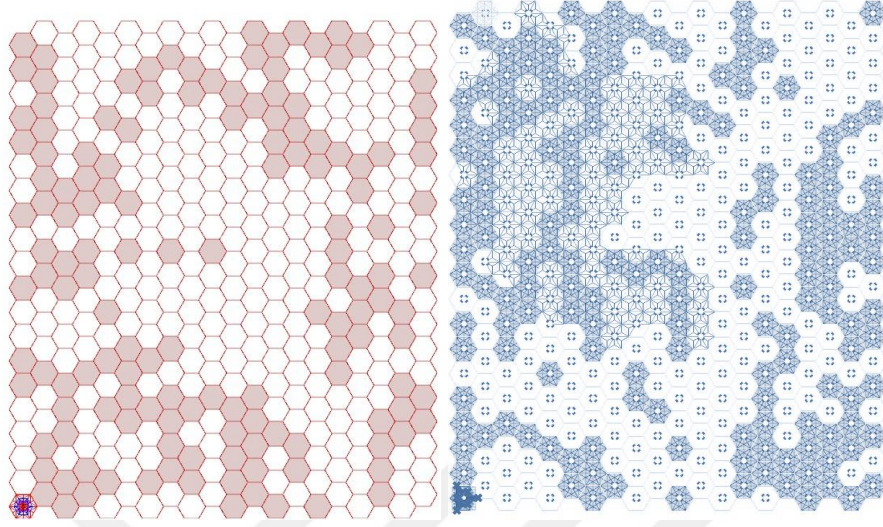
$t = 80$ zaman diliminde, kuralsız örüntü yapısında önceki evrelere kıyasla daha belirgin bir biçimde şekillenmiş, birleşik ve yoğun bir hücresel küme oluşumu gözlemlenmiştir. Kurallı örüntüde ise dağınık bir kümeleşme görülmektedir.



Şekil 105. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:80

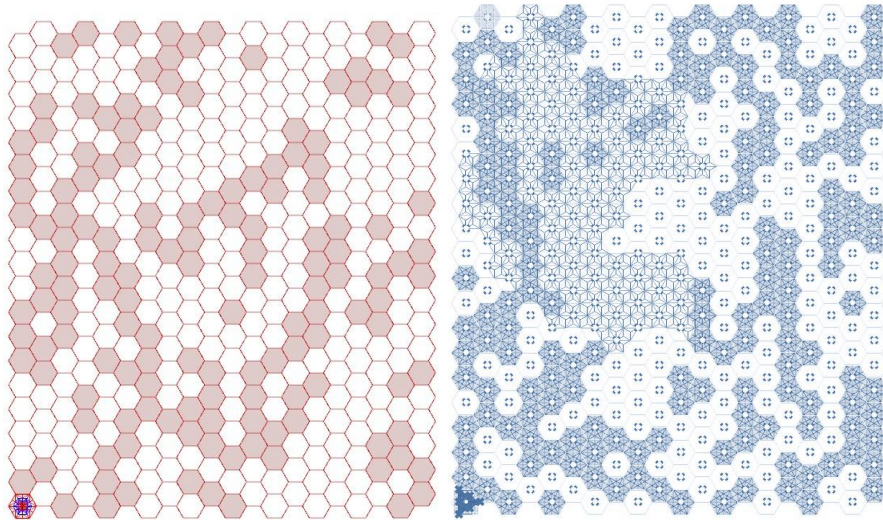
$t = 85$ zaman diliminde, kuralsız örüntü yapısı, önceki evrelere kıyasla belirgin bir lineer biçim sergilemiş; bu bağlamda, sistem içerisinde birleşik ve yüksek yoğunluklu bir hücresel kümeleşme gözlemlenmemiştir. Buna karşılık, aynı zaman diliminde kurallı örüntü

yapısı, hücresel davranışların belirli kurallar çerçevesinde işlemesine rağmen daha dağınık, küçük ölçekli ve ayırık kümeler biçiminde bir yapı sergilemiştir.



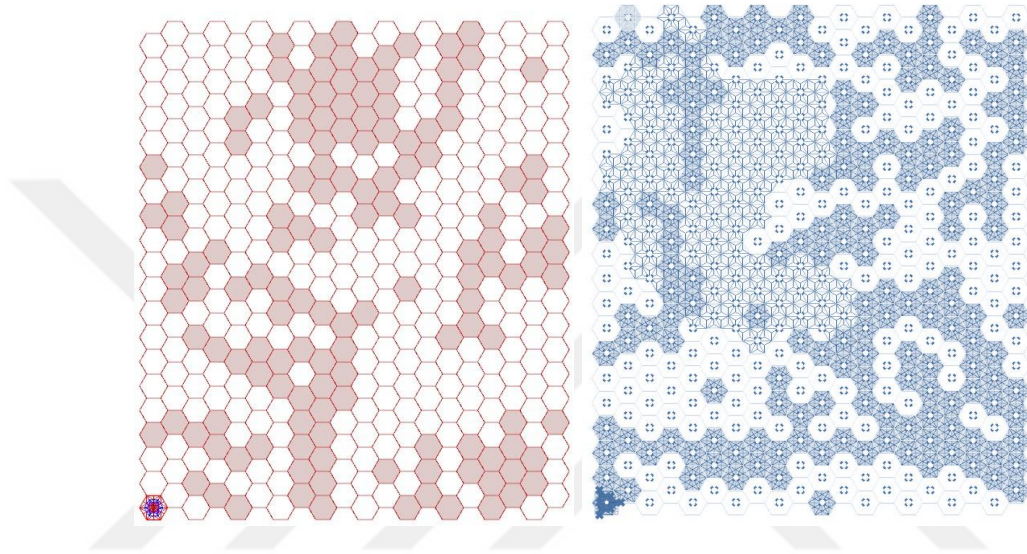
Şekil 106. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:85

$t = 85$ zaman diliminde kurallı örüntü yapısında, bir önceki evreye göre daha geniş ölçekli ve yoğunluğu artmış bir hücresel organizasyonun geliştiği tespit edilmiştir. Sistem, belirli kurallar çerçevesinde evrilmeye devam ederek örüntünün hem alan üzerindeki yayılımını hem de yapısal tutarlılığını artırmıştır. Bu durum, kurallı sistemin zamansal ilerleme ile birlikte daha kararlı ve sürekli bir form üretim süreci sergilediğine işaret etmektedir.



Şekil 107. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:90

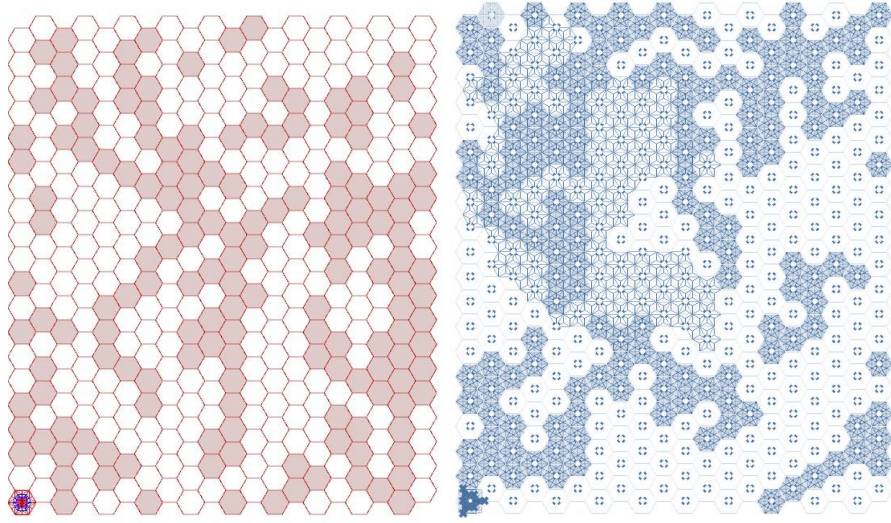
$t = 90$ zaman diliminde hem kuralsız hem de kurallı örüntü sistemleri, uzun süreli evrimsel süreçler sonucunda kendi iç dinamikleri doğrultusunda dağınık, parçalanmış ve biçimsel olarak belirsiz örüntü yapıları üretmiştir. Her iki örüntü tipi de başlangıçta belirli bir yönelim ya da kümelenme eğilimi göstermiş olmasına rağmen, zamansal ilerlemeyle birlikte bu yapısal organizasyonlar yerini daha heterojen ve istikrarsız formasyonlara bırakmıştır.



Şekil 108. Kuralsız ve Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:95

$t = 100$ zaman diliminde, kuralsız örüntü yapısında daha önce gözlenen birleşik kümelenmenin belirgin ölçüde dağıldığı, ancak buna rağmen çok sayıda hücrenin hâlen lokal yoğunluklar oluşturarak birlikte konumlandığı gözlemlenmektedir. Bu durum, kuralsız sistemlerde rastlantısallığın getirdiği yapısal belirsizliğe rağmen, hücreler arası etkileşimin yer yer süreklilik kazandığını ve belirli noktalarda geçici kümelenmelerin sürdüğünü göstermektedir.

Buna karşılık, kurallı örüntü yapısında aynı zaman diliminde, alan boyunca daha homojen ve yönlendirilmiş bir yayılım sergileyen düzenli bir uzanım örüntüsü oluşmuştur. Bu örüntü, hücrel özdevinim sisteminin belirli kurallar doğrultusunda ilerlemesiyle birlikte biçimsel süreklilik kazandığını ve hücrelerin birbirine bağlı, kontrollü bir biçimde yayılma eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 109. Kuralsız ve Örnekleme Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D Örüntüsü t:100

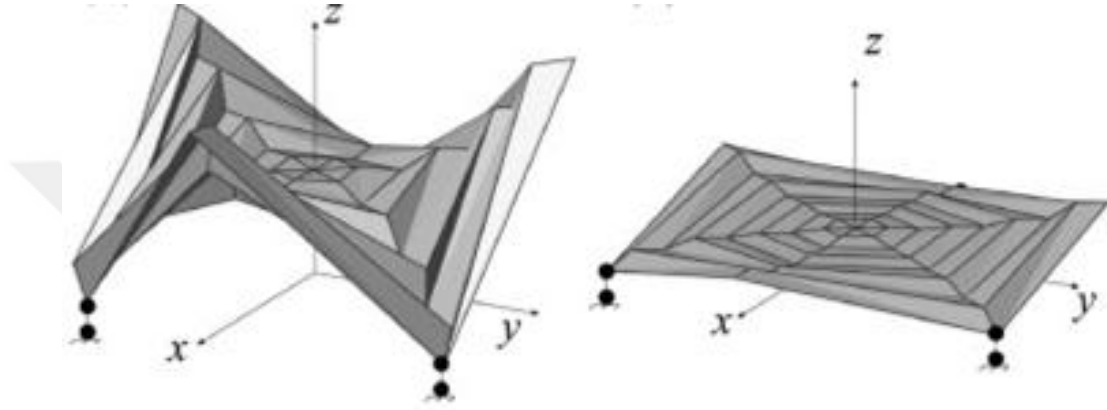
$t=0-100$ arası kuralsız ve Örnekleme Alanına Ait Jeomorfolojik kurallı kural, zaman ve sınır parametreleri ile 300 tane 2d örüntü oluşturulmuştur. Hücresel özdevinim süreçlerinde zamanın ilerlemesine bağlı olarak sistemin form üretme kapasitesinin doygunluğa ulaşması ya da kararsızlaşması ile örneklerde görülmüş ve irdelenmiştir. Kuralsız örüntüde, rastlantısal hücre davranışlarının bir araya gelerek oluşturduğu yapılar düzensizliğini korurken; kurallı örüntüde ise başlangıçtaki yönlendirilmiş yayılım, zamanla parçalı yapılara dönüşmüş ve örüntüdeki yapısal bütünlük güçlenmiştir.

Zaman evresindeki her değişim her iki sistemde de belirgin bir yönelim ya da kümelenme düzeninden söz etmek mümkün olmayıp; bunun yerine, kontrolsüz yayılım, lokal yoğunlukların dağılması ve yapısal çözülme gibi dinamikler ön plana çıkmaktadır. Bu durum rastlantısal bir yaklaşım sağlayıp deneysel bir tasarım çıktısını sunmaktadır. Hücresel özdevinim hücresel kuralı bu deneyselliği form üretim çıktıları ile desteklemektedir.

Hücresel özdevinimin temel düzeyde nasıl form oluşturduğunu açıklarken; ikinci görsel, aynı kuramın parametrik tasarım ve geometrik komplekslik üzerinden mekânsal organizasyona nasıl dönüşebileceğini göstermektedir. Bu iki görsel birlikte değerlendirildiğinde, hücresel özdevinim sistemlerinin mimari tasarımda hem öngörülebilir düzenlerin hem de öngörülemez karmaşıklıkların üretiminde etkili bir yöntem olduğu açıkça ortaya konulmaktadır. Bu bağlamda, görseller, özdevinim kurguların deneysel mimari üretimler ve jeomorfolojik desenlemelerle olan ilişkisini kuramsal bir zeminde değerlendirme fırsatı sunmaktadır.

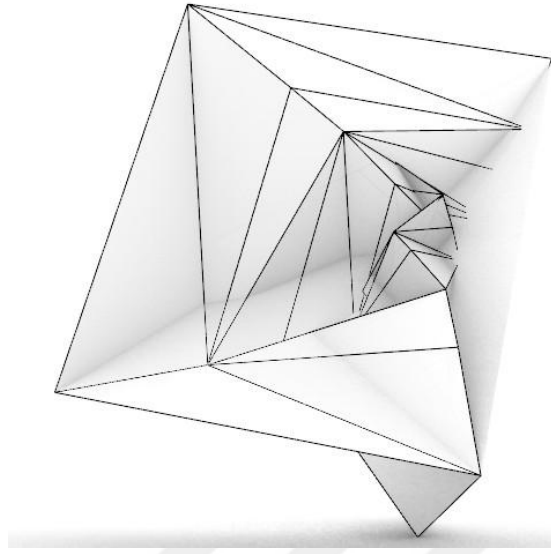
3.2. Modelin 3D Örüntüsü

3D örüntüler, hücresel özdevinim sistemlerinin biçimsel üretim kapasitesini en üst düzeyde temsil eden araçlardır. Jeomorfolojik verinin yüzeye aktarımıyla elde edilen bu örüntüler, zamansal süreçlerin mekânsal olarak yeniden kurgulanmasını mümkün kılmaktadır. Böylelikle doğaya referansla üretilen form, dijital tasarım ortamlarında evrimsel olarak gelişen, üretilebilir ve bağlamla ilişki kuran bir tasarım nesnesine dönüşmektedir.



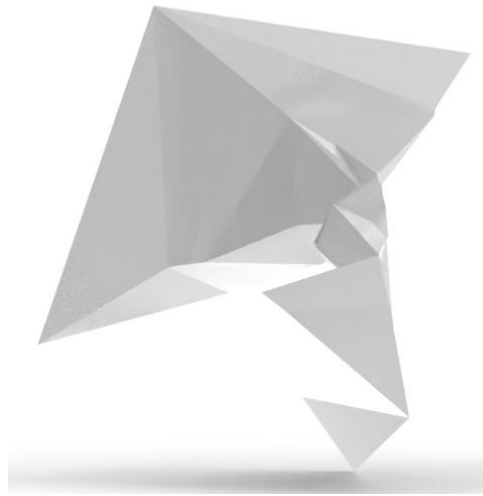
Şekil 110. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 2D ve 3D Örüntüsü t:1

Parametrik olarak tanımlanmış bir altıgen tabanlı yüzeyin geometrik dönüşümlerini ve uzamsal deformasyonlarını gösteren bir analiz şemasıdır. Üç aşamalı olarak sunulmuş olan bu diyagram hem düzlemsel organizasyonu hem de uzaysal formların dönüşümünü anlamaya yardımcı olmaktadır. Geliştirilen modelde altıgen hücrelerden oluşan bir grid sistemi temel alınmıştır. Altıgen hücrelerin tercih edilme nedeni, doğadaki organizasyonel yapılarda (bazalt sütunlarında, arı peteklerinde) gözlenen yüksek verimlilik ve yüzeysel sürekliliktir. Hücresel özdevinim kuralları, her hücrenin komşuluk ilişkileri bağlamında zaman içinde geçirdiği durum değişimlerine dayalıdır. Böylece, başlangıçta tekil olan hücreler zamanla karmaşık, çok katmanlı ve akışkan formasyonlara dönüşmektedir.



Şekil 111. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 3D Örüntüsü t:1

Şekil 111’de yer alan altıgen temelli bir modülasyonla başlayan ve belirli kurallar doğrultusunda evrilen bir sistemin sonucudur. İlk görseldeki soyut biçim, topolojik bir katlanma, sıkışma ve yön değiştirme hareketlerini barındırmakta; ikinci görsel ise bu formun geometrik analitiğini sunmaktadır. Formun alt bölümde keskinleşerek yere temas etmesi, yerçekimsel bir etkileşim izlenimi yaratırken; üst kısımdaki genişleme, iç mekâna dair geçirgenlik ve açıklık olasılıklarını çağrıştırmaktadır. Bu bağlamda form, yalnızca strüktürel bir nesne değil, aynı zamanda mekânsal bir akış üreticisidir.



Şekil 112. Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kural 3D Örüntüsü t:1

Örneklem Alanına Ait Jeomorfolojik Kuralına bağlı t:1 anında tek bir hücreye ait 3d form çok düzlemli, kırıklı yüzeylerden oluşan geometrik hücre formudur. Görseldeki hücresel form, çok yüzeyli, kırıklı ve asimetrik yapısıyla yalnızca geometrik bir yapı değil, aynı zamanda hesaplamalı mimarlık bağlamında potansiyel bir modüler örüntü bileşeni olarak değerlendirilmelidir. Formun kendi içindeki katlanma hatları, keskin kenar tanımları ve açısal süreksizlikleri, bu yapının yalnızca bireysel bir hücre değil, aynı zamanda parametrik varyasyonlara açık bir örüntü modülü olduğunu göstermektedir.

Hücrenin sahip olduğu çok yüzeyli kırılım yapısı, komşu hücrelerle bağlantı kurabilecek çoklu yüzey kesişim noktaları barındırmaktadır. Bu, modüler sistem içerisinde hücrelerin döndürülerek ya da ayna yansımasıyla birleştirilmesine olanak sağlayarak topolojik sürekliliği desteklemektedir. Böylece, örüntü yalnızca doğrusal bir ağ değil, aynı zamanda mekânı saran heterojen bir hacim örgüsü hâline gelebilmektedir.

Hücrenin iç bükey ve dış bükey yüzeyler arasında kurduğu gerilimli yapı, fraktal düzende tekrarlanabilir alt-geometrilere üretmeye elverişlidir. Özellikle yüzey normaline dik olarak yönelen kenarların varyasyonu, çok katmanlı yüzey sistemlerinin oluşturulmasına imkân tanımaktadır. Bu durum, kendini yineleyen ama her ölçekte farklılaşabilen örüntü sistemlerinin geliştirilmesine olanak sunmaktadır. Bu tür hücre formları, parametrik tasarım süreçlerinde özellikle Grasshopper gibi araçlarla çoğaltılabilir, dönüştürülebilir ve çevresel verilerle etkileşime sokulabilir. Işık geçirgenliği, yönlenme, ses yutuculuğu gibi performatif kriterler, hücrenin biçimini farklı işlevsel bağlamlara göre optimize etmeye imkân vermektedir. Bu bağlamda, bu formun çoğaltılmasıyla oluşturulacak üç boyutlu örüntüler, yalnızca estetik bir sistem değil, aynı zamanda veriyle biçimlenen performatif yüzey sistemleri oluşturma potansiyeline sahiptir.

Üretilen çok yüzeyli hücresel form hem fraktal hem parametrik hem de topolojik bağlamda yüksek düzeyde örüntü çeşitliliği sunmaktadır. Mimari yüzeylerde, mekânsal kabuklarda ya da yapı kabuğu sistemlerinde kullanıldığında, yalnızca biçimsel değil, adaptif ve çevresel olarak duyarlı tasarım sistemlerinin önünü açabilecek nitelikte bir modüldür.

Hücrenin çok yüzeyli yapısı, farklı geometrik kenar türleri aracılığıyla modüller arasında topolojik eşleşme sağlamaktadır. Bu eşleşmeler:

- Köşe, kenar ve yüzey düzleminde hizalanma biçiminde olabilir,
- Her hücrenin diğerine rotasyonel ya da yansıtımlı bağlanmasıyla örüntüde yönsel farklılıklar üretilebilir,

- Böylece, sistem simetrik olmayan ama süreklilik sağlayan bir morfolojik bütünlük geliştirir.
- Bu strateji, yapı kabuklarında çift-eğrisel yüzeyler veya kümesel yoğunluk bölgeleri üretmek için uygundur.

Tablo 7. Hücresel Özdevinim Kuralı Uygulanmadan Oluşturulan 3D Örüntüler

Hücresel Özdevinim Kuralı Uygulanmadan Oluşturulan 3D Örüntüler									
									
t:1	t:2	t:3	t:4	t:5	t:6	t:7	t:8	t:9	t:10
									
t:11	t:12	t:13	t:14	t:15	t:16	t:17	t:18	t:19	t:20
									
t:21	t:22	t:23	t:24	t:25	t:26	t:27	t:28	t:29	t:30
									
t:31	t:32	t:33	t:34	t:35	t:36	t:37	t:38	t:39	t:40
									
t:41	t:42	t:43	t:44	t:45	t:46	t:47	t:48	t:49	t:50
									
t:51	t:52	t:53	t:54	t:55	t:56	t:57	t:58	t:59	t:60
									
t:61	t:62	t:63	t:64	t:65	t:66	t:67	t:68	t:69	t:70
									
t:71	t:72	t:73	t:74	t:75	t:76	t:77	t:78	t:79	t:80
									
t:81	t:82	t:83	t:84	t:85	t:86	t:87	t:88	t:89	t:90
									
t:91	t:92	t:93	t:94	t:95	t:96	t:97	t:98	t:99	t:100

Hücresel Özdevinim (HÖ), özellikle 3B uzamda uygulandığında yalnızca yüzeysel biçimlenmeler değil, hacimsel, yapısal ve mekânsal organizasyonların da üretimini mümkün kılan güçlü bir hesaplamalı model sunar. 3B HÖ sistemleri, üç boyutlu bir kafes (grid) yapısı içerisinde her hücrenin komşularıyla olan etkileşimlerine dayalı olarak zaman içerisinde

evrimleşmesiyle biçimsel örüntüler üretir. Bu tür sistemlerde hücreler, küresel ya da kübik hacimler olarak tanımlanmakta; komşuluk ilişkileri ise genellikle 6'lı komşuluk türleriyle belirlenmektedir. Her hücre, belirlenen kurallar doğrultusunda aktif (1) ya da pasif (0) durumuna göre güncellenir ve bu evrimsel süreç sonucunda karmaşık, çok katmanlı ve çoğunlukla öngörülemez üç boyutlu morfolojiler ortaya çıkmaktadır. Zamansal evrim ve hacimsel komşuluk etkileşimlerinin birleşimiyle oluşan bu 3B örüntüler, mekânsal süreklilik, gözeneklilik, yoğunluk gradyanları ve strüktürel örgütlenme gibi parametreler açısından okunabilir hâle gelmektedir. 3B HÖ sistemlerinin ürettiği yapılar, yalnızca biçimsel çeşitlilik sunmakla kalmaz, aynı zamanda mimari tasarımda dolaşım, hacimsel dağılım, ışık geçirgenliği ya da taşıyıcı sistem analizi gibi performans odaklı araştırmalara da olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, 3B hücresel örüntüler birer biçimsel deney değil, aynı zamanda işlevsel ve çevresel stratejiye dayalı mekânsal kurgu araçları olarak da değerlendirilmelidir. 3D HÖ uygulamalarında kullanılan algoritmalar 2B düzlemlerdeki ardışık iterasyonların üst üste yığılmasıyla üç boyutlu hacimler üretmektedir. Böylelikle her zaman adımı, uzay-zaman ilişkili bir katman olarak okunabilir ve biçimin oluşumu zamansal süreklilik içerisinde analiz edilebilir. Rhino-Grasshopper platformunda çalışan Rabbit gibi eklentiler, bu tür 3B üretimleri görselleştirme ve analiz etme açısından tasarımcıya sezgisel bir ortam sunmaktadır.

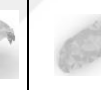
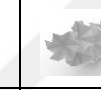
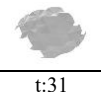
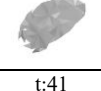
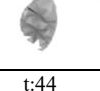
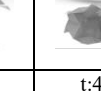
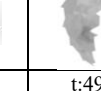
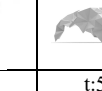
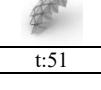
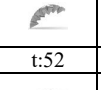
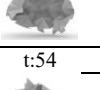
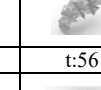
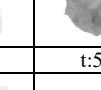
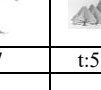
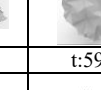
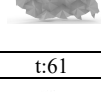
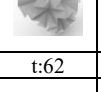
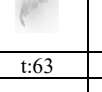
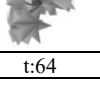
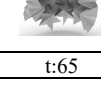
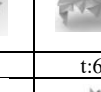
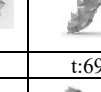
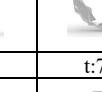
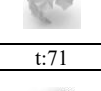
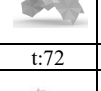
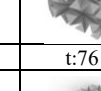
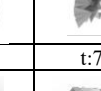
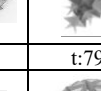
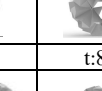
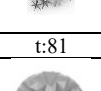
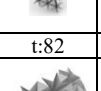
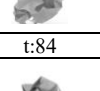
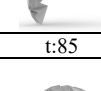
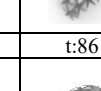
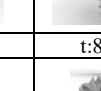
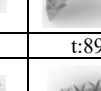
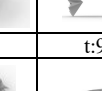
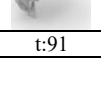
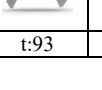
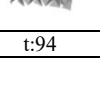
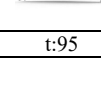
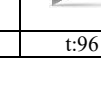
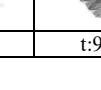
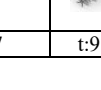
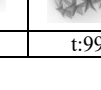
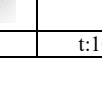
Üç boyutlu hücresel örüntüler, biyomorfik yapılarla da yakın ilişkilidir. Özellikle doğadaki kristal büyümeleri, mantar miselyumları, süngerimsi dokular ya da hücre organizasyonları gibi biyolojik sistemlerde gözlemlenen hacimsel organizasyonlar, 3B HÖ sistemleri aracılığıyla dijital olarak yeniden modellenebilir. Bu yönüyle 3D HÖ, biyomimikri temelli tasarım süreçlerinde alternatif bir üretim paradigması olarak öne çıkmaktadır.

3D Hücresel Özdevinim sistemleri; biçim, yapı ve performans etkileşimini bütüncül bir biçimde ele alan, parametrik ve algoritmik tasarım pratikleri için üretken bir zemin sunar. Bu sistemler aracılığıyla elde edilen hacimsel örüntüler, çağdaş mimarlıkta yalnızca estetik arayışlara değil, aynı zamanda işlevsel, çevresel ve yapısal gereksinimlere de yanıt verebilecek bütünsel tasarım stratejileri geliştirmek açısından önem taşımaktadır.

Mimari formun zamanla evrilen, adaptif ve çoğulcu doğasını ortaya koyan bu yaklaşımlar, tasarımın statik değil, yaşayan ve dönüşen bir organizma gibi ele alınmasını mümkün kılmaktadır.

Tablo 8’de yer alan 3d örüntüler zaman parametresine göre çeşitli varyasyonlar meydana getirmiştir. 2d ve 3d hücrelerin oluşturduğu örüntüler birçok varyasyonu ortaya koyarak tasarımda deneysel çalışma konularına potansiyel fırsatlar yaratmaktadır. Bu bağlamda yukarıda oluşturulan 3d hücre, Tasarım Modeline uyarlanarak 3d örüntüler oluşturulmuştur.

Tablo 8. Hücresel Özdevinim Kuralı 3D Örüntüler

Hücresel Özdevinim Kuralı 3D Örüntüler									
									
t:1	t:2	t:3	t:4	t:5	t:6	t:7	t:8	t:9	t:10
									
t:11	t:12	t:13	t:14	t:15	t:16	t:17	t:18	t:19	t:20
									
t:21	t:22	t:23	t:24	t:25	t:26	t:27	t:28	t:29	t:30
									
t:31	t:32	t:33	t:34	t:35	t:36	t:37	t:38	t:39	t:40
									
t:41	t:42	t:43	t:44	t:45	t:46	t:47	t:48	t:49	t:50
									
t:51	t:52	t:53	t:54	t:55	t:56	t:57	t:58	t:59	t:60
									
t:61	t:62	t:63	t:64	t:65	t:66	t:67	t:68	t:69	t:70
									
t:71	t:72	t:73	t:74	t:75	t:76	t:77	t:78	t:79	t:80
									
t:81	t:82	t:83	t:84	t:85	t:86	t:87	t:88	t:89	t:90
									
t:91	t:92	t:93	t:94	t:95	t:96	t:97	t:98	t:99	t:100

Basit birimlerin tekrarıyla başlayan örüntü üretimi, kuralların çeşitlenmesiyle birlikte daha karmaşık, çok katmanlı ve hiyerarşik yüzey morfolojilerine dönüşmüştür. Bu süreç, tasarımcının müdahalesi olmaksızın sistemin kendi iç dinamikleriyle gelişebilen strüktürel yapılar ortaya koyabileceğini göstermiştir.



Şekil 113. Üretken Tasarım Modeli t:5

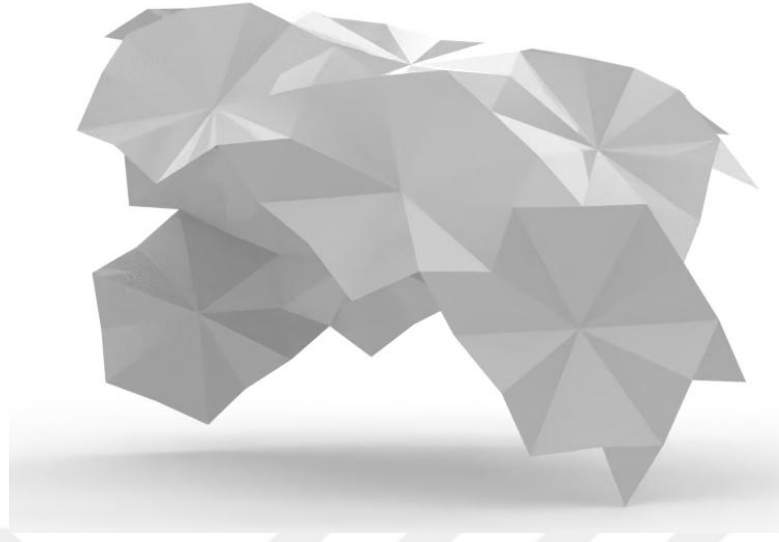
t:5 anındaki 3d örüntü, aynı dijital üretim tekniğine dayanmasına rağmen, biçimsel farklılıklarıyla farklı mekânsal etkiler yaratmaktadır. İlk görsel sakin ve yatay biçimlenmeye sahiptir.



Şekil 114. Üretken Tasarım Modeli t:10

t:10 örüntüsünde ise biçim t:5'e göre daha vurucu, hacimsel ve dinamik bir mimari yaklaşımı temsil etmektedir. Daha belirgin tepe ve vadi hatları görülmektedir. t:5'te topografik bir zeminin dijital soyutlaması gibi okunabilmektedir.

Süreklilik ve zeminle ilişkisi güçlüdür. Yatay gelişimi, yerle bütünleşen bir tasarım dili önermektedir. t:10 ise daha dinamik, yerden kopuk ve yerçekimine karşı duran bir yapı önerir. Bu durum, formun daha özerk ve ikonik bir yapıya dönüşmesine olanak tanımaktadır. Zaman parametresi ilerledikçe örüntünün uçlarının toplandığı ve hacimsel olarak bir alan yarattığı görülmektedir. Bu durum tepe-vadi akslarının ortaya çıkmasına ve fiziksel imkanların değerlendirilmesine de olanak tanımaktadır.



Şekil 115. Üretken Tasarım Modeli t:15

Sistem, özellikle orta düzeyde rastlantısallık içeren kural varyasyonlarında, önceden öngörülemeyen ancak morfolojik bütünlük taşıyan yapılar üretmiştir. Bu durum, klasik tasarımın sınırlarını aşan spekülative formların geliştirilmesine olanak tanımaktadır.



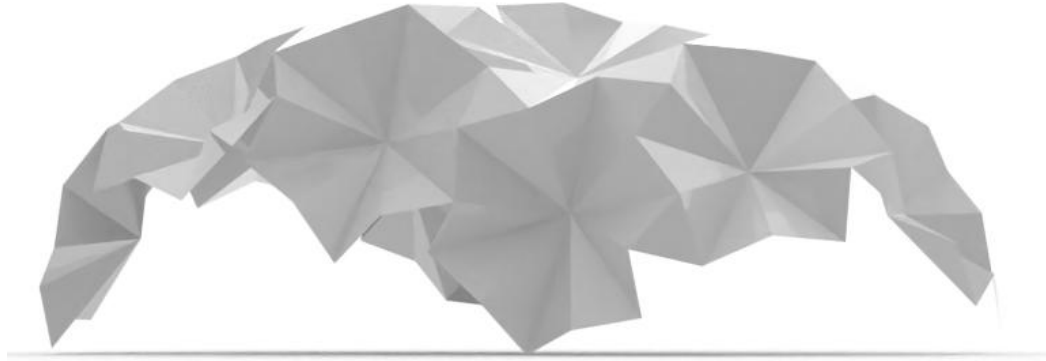
Şekil 116. Üretken Tasarım Modeli t:20

t:20 anında oluşan 3d örüntüde poligon yüzeyler daha keskin, üçgensel bölünmeler daha yoğun ve farklı yönlerde dönüktür. Bu da formun çok yönlü kırıldığını ve ışık-gölge oyunlarının daha karmaşık hâle geldiğini göstermektedir. Yüzeyde hem içbükey hem dışbükey alanlar gözlenmektedir; bu, derinlik etkisini arttırmaktadır.



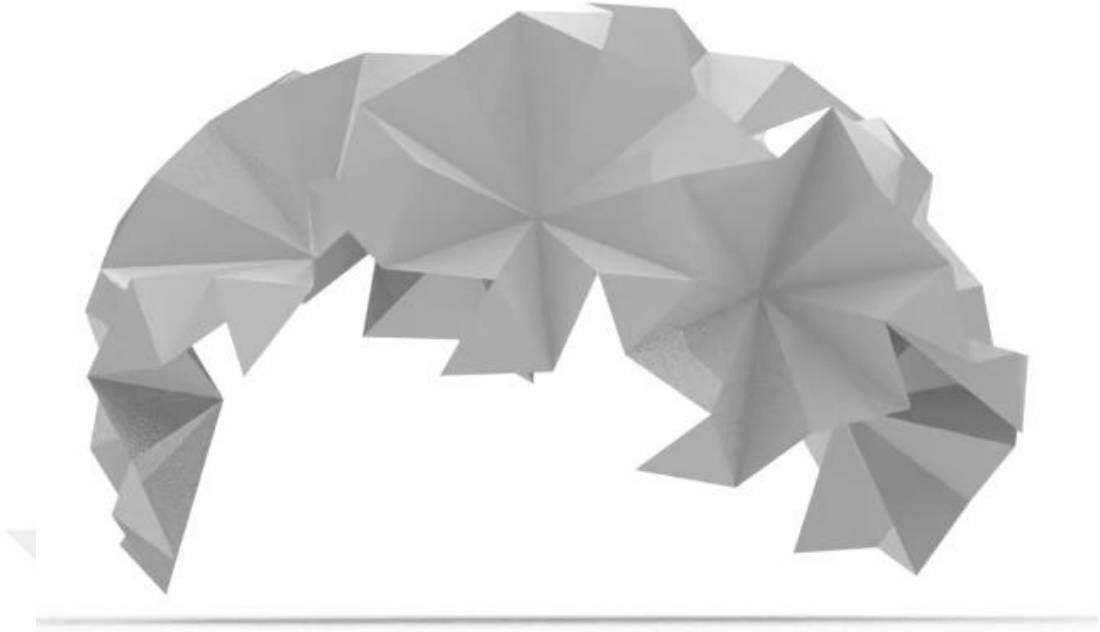
Şekil 117. Üretken Tasarım Modeli t:25

Grasshopper gibi parametrik tasarım araçlarıyla geliştirilen örüntüler, 3D baskı, CNC üretim veya robotik imalat gibi gelişmiş dijital üretim tekniklerine doğrudan aktarılabilir yapıdadır. Bu durum, teorik düzeyde geliştirilen modelin pratik tasarım ve üretim süreçleriyle güçlü bir ilişki kurabileceğini ortaya koymaktadır.



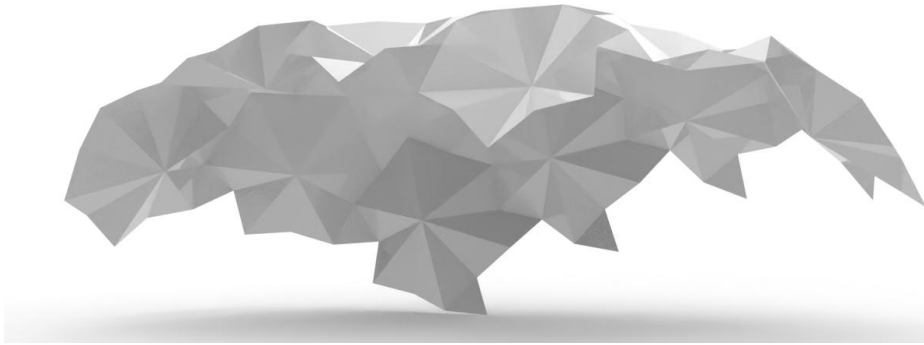
Şekil 118. Üretken Tasarım Modeli t:30

t:30 anında formun merkezi kısmında yüksek hacimli, dik ve keskin üçgen yüzeyler yer almaktadır. Merkez, çevresine göre belirgin biçimde yükselmekte ve baskınlık kazanmaktadır. Bu durum, formun ikonik ve anıtsal bir etki yaratmasını sağlamaktadır.



Şekil 119. Üretken Tasarım Modeli t:35

Elde edilen yüzey örüntüleri, yalnızca topografik simülasyon olarak kalmamış, aynı zamanda potansiyel mimari elemanlar (örneğin zemin dokusu, cephe örgüsü, çatı kabuğu) olarak yeniden yorumlanabilecek biçimsel öneriler sunmuştur. Bu örüntülerden elde edilen çıktılar hem mekânsal yoğunluk hem de strüktürel adaptasyon açısından tasarıma entegre edilebilecek niteliktedir.



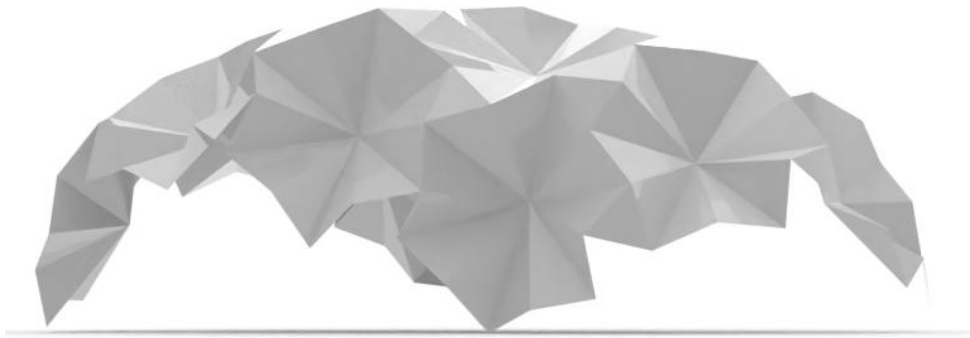
Şekil 120. Üretken Tasarım Modeli t:40

Formun alt bölgesinde büyük bir boşluk oluşmuş; bu, yüzeyin adeta yukarıdan asılı olduğu izlenimini vermektedir. Önceki t zamanlarında yataya yakın ilerleyen kütle, t:40 anında yukarı doğru kalkarak kavisli, kemer benzeri bir geometrik yapıya evrilmiştir.



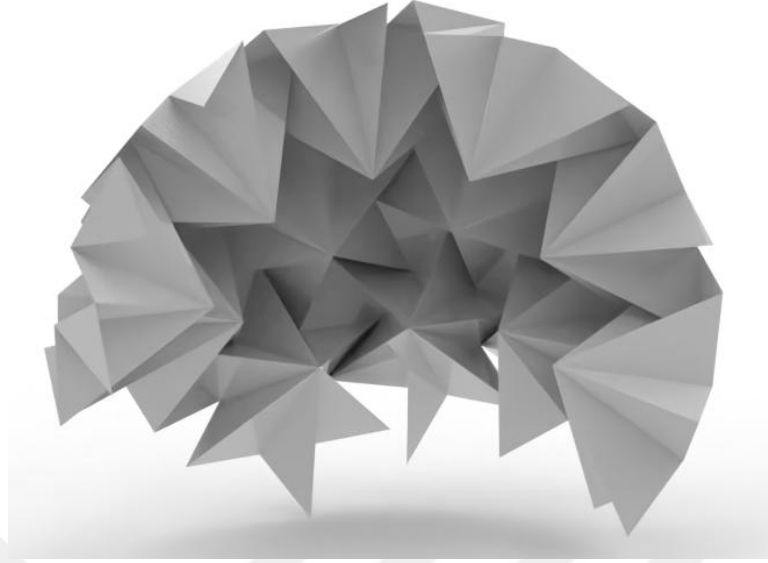
Şekil 121. Üretken Tasarım Modeli t:45

Bu formlar, özdevinim kural sistemlerinin geometrik birimler (üçgen, altıgen) üzerinden oluşturduğu yoğunluk haritasının, yükseklik haritası gibi okunarak z eksenine aktarılmasıyla ortaya çıkmıştır. Her bir üçgen yüzeyin yönelimi ve yüksekliği, ilgili hücredeki özdevinim durumu ile ilişkilidir.



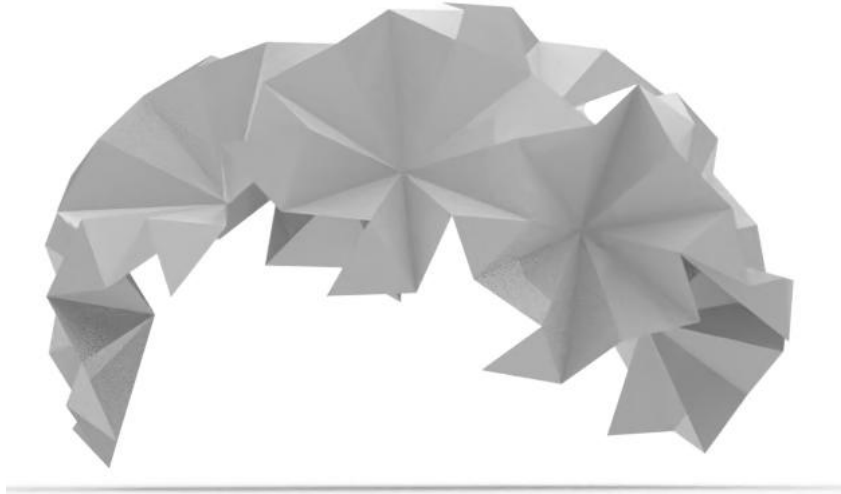
Şekil 122. Üretken Tasarım Modeli t:50

Klasik mimari kabuk sistemlerinden farklı olarak, öngörülemez ama sistematik olarak üretilmiş deneysel yüzeylerdir. Her biri, parametrik tasarım süreci içinde malzeme, üretim ve performans açısından test edilebilecek prototiplerdir.



Şekil 123. Üretken Tasarım Modeli t:55

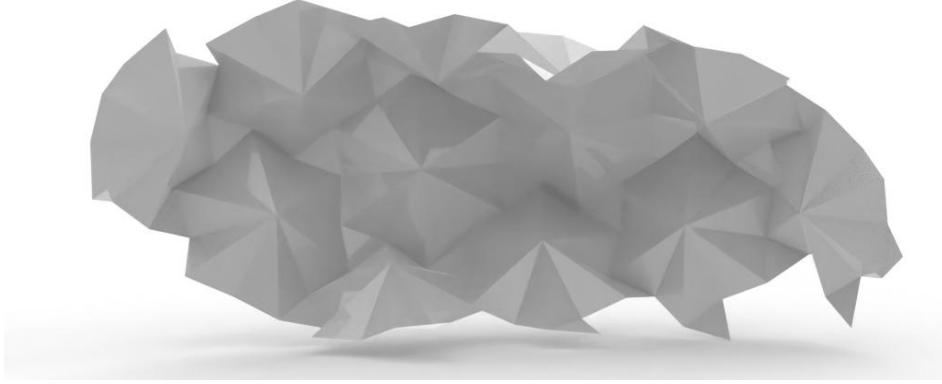
Keskin kenarlı, üçgen yüzeylerden oluşan modüler bir sistem ile oluşturulmuştur. Bu sistem, özdevinim örüntülerinin iki boyutlu düzlemdeki evrimsel verisinin üçüncü boyuta katlanarak ya da kıvrılarak taşınmasıyla biçimlenmiştir. Ortaya çıkan morfoloji, origami mimarisi, dijital katlama (digital folding) estetiğiyle doğrudan ilişkilidir.



Şekil 124. Üretken Tasarım Modeli t:60

t:60 zamanında form, önceki t:35'teki parçalı ve gerilimli yapıdan daha kararlı ve simetrik bir morfolojiye evrilmiştir. Merkezdeki hacimsel çıkıntılar korunmuş, ancak

kenarlara doğru daha düzenli bir dağılım göstermektedir. Form adeta bir kemer ya da yarım kubbe yapısı gibi dengeli bir kavis ile tanımlanmaktadır.



Şekil 125. Üretken Tasarım Modeli t:65

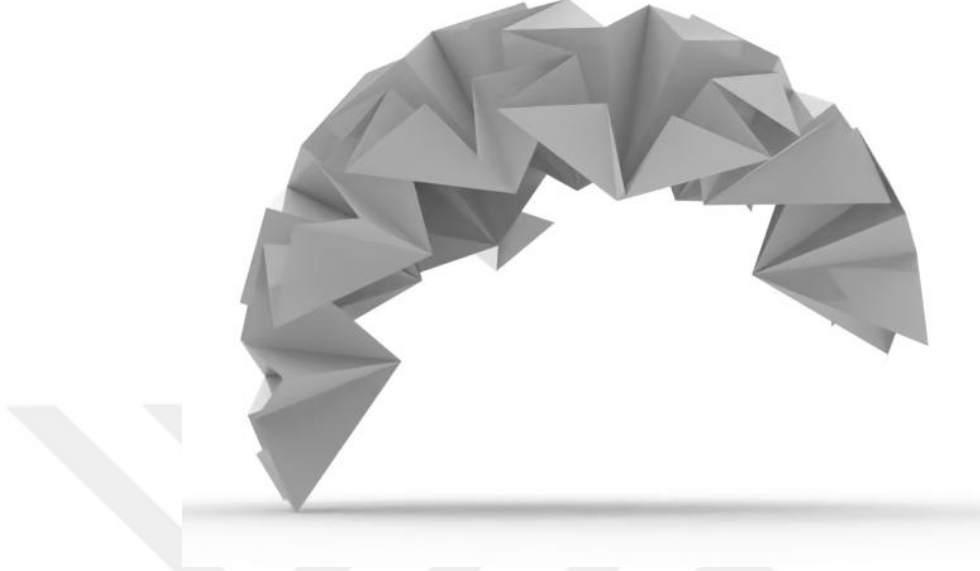
Görselde yer alan altıgen grid tabanlı yapılar, hücresel özdevinim kuramının 2D düzlemdeki temel örüntülerini temsil etmektedir. Bu yapı, her bir hücrenin komşuluk ilişkilerine göre zaman içinde evrim geçirdiği deterministik bir sistemdir (Wolfram, 2002).



Şekil 126. Üretken Tasarım Modeli t:70

t:70, Hücresel Özdevinim sisteminin en akışkan ve evrimsel form durumlarından birini temsil etmektedir. Burada yapı: Merkezi düzen fikrinden koparak asimetrik ama dengeli bir yönselliğe kavuşmuştur. Artık sistem sadece büyümek ya da çoğalmakla kalmaz, kendi içinde yönelir, kıvrılır ve mekânı çevreleyen bir dil geliştirir. Bu durum, öz-örgütlenme

ilkelerinde görülen lokal kararların zamanla yönsel davranışlara dönüşmesi prensibini açıkça yansıtmaktadır.



Şekil 127. Üretken Tasarım Modeli t:75

t:75 anında form, önceki aşamalardan farklı olarak daha kompakt, katmanlı ve iç içe geçmiş poligon dizilerinden oluşmaktadır. Üçgensel yüzeyler belirgin bir düzende üst üste binmiş, bu da bir katlanma (folding) etkisi yaratmıştır. Yüzeyler adeta "arka arkaya" sıralanmış gibi görünmekte ve bu durum bir mimari örüntü ya da kabuk dili üretmektedir.



Şekil 128. Üretken Tasarım Modeli t:80

t:80 anında 3d örüntü yüzeyindeki üçgenler hâlâ keskin, ancak dairesel tekrara bağlı şekilde organize olmuştur. Önceki zaman dilimlerine göre yüzey sürekliliği daha fazla; yani poligonlar artık rastgele değil, birbirine bağlanmış, sürekli bir dokunun parçaları olarak davranmaktadır.



Şekil 129. Üretken Tasarım Modeli t:85

t:85 anında form, tam bir yarım daireye yaklaşan güçlü bir dönel kütle izlenimi vermektedir. Bu yapı, hem yukarı doğru kıvrılan bir kemer hem de aşağı yönlü bir organizma spiral gibi okunabilir. Formun tüm yüzeyinde tekrarlayan üçgen modüller içe ve dışa doğru yönlendirilerek katmanlı bir kabuk yapısı oluşturur.

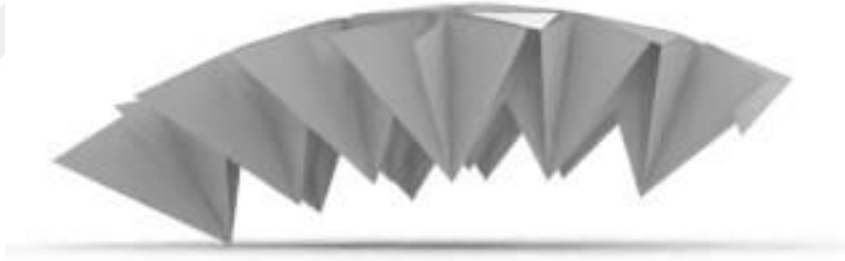


Şekil 130. Üretken Tasarım Modeli t:90



Şekil 131. Üretken Tasarım Modeli t:95

t:95 anında 3d örüntüde yer alan yüzeylerde hâlen keskin üçgenler ve kırıklıklar gözlemlenmektedir, ancak bunlar artık daha sıkı bir örgüyle bağlanmış ve tekrar eden bir sistem içerisinde organize edilmiştir. Bu da yüzeyin kontrollü bir karmaşıklık içinde tasarlandığını ve içsel ritmini koruduğunu göstermektedir.



Şekil 132. Üretken Tasarım Modeli t:100

Son örüntü olan t:100 anındaki form, belirgin bir şekilde ritmik düşey kırıklar ile şekillenir; her modül aşağıya doğru sivrilerek zemine yaklaşmaktadır. Bu düşey elemanlar, hem bir taşıyıcı ayak etkisi yaratmakta hem de yüzey boyunca bir strüktürel modülasyon oluşturmaktadır. Her üçgensel çıkıntı, bir sonrakiyle neredeyse aynı eğim ve hacim ilişkisine sahip olacak şekilde tekrarlayıcı bir yüzey örgüsü kurmaktadır.

Dolu ve boş hücreler üzerinden gelişen bu örüntüler, görsellerdeki gibi farklı yoğunluk haritaları oluşturarak formun potansiyel morfolojisini tanımlamaktadır. Bu evrimsel süreç, mimar için sabit bir form üretiminden çok, bir biçimlenme sürecini izleme ve ona müdahale etme pratiğidir. Bu sistem, başlangıçta yalnızca grafiksel gibi görünse de üçüncü boyuta aktarılacak istendiğinde yüzey formuna dönüşebilecek bir veri tabanı görevi görmektedir.

Çalışma sonucunda, hücrel özdevinim temelli üretken tasarım modelinin hem kavramsal düzeyde sistematik hem de biçimsel düzeyde yenilikçi ve spekülâtif üretimlere olanak tanıdığı görülmüştür. Tasarım sürecine entegre edilen jeomorfolojik veriler, yalnızca bağlamsal duyarlılığı artırmakla kalmamış, aynı zamanda dijital tasarımın deneyselliğine katkı sunan yeni form üretim potansiyelleri doğurmuştur.

Tasarım süreci, klasik mimarlıkta rastlanmayan bir biçim araştırma pratiğini temsil etmektedir. Form, sabit bir sonuç değil; sürekli gelişen, dönüşen ve optimize edilen dinamik bir süreçtir. Mimari tasarım süreçlerinde örüntü kavramı, mekânsal düzenin hem görsel hem de yapısal düzeyde organizasyonunu belirleyen temel bir araçtır. Bu bağlamda örüntüler, üretim sistematığına bağlı olarak kurallı ya da kuralsız (öngörülemeyen) biçimlerde sınıflandırılabilir. Her iki örüntü türü, mimari yüzeylerin, hacimlerin ve malzeme birleşimlerinin organizasyonunda farklı estetik ve işlevsel potansiyeller sunmaktadır.

Kurallı örüntüler, belirli geometrik ya da algoritmik kurallara göre tanımlanmış, düzenli ve tekrar eden yapıların bütünüdür. Bu tür örüntülerde, form üretimi önceden belirlenmiş parametreler çerçevesinde ilerler; simetri, modülerlik ve ritim gibi ilkeler ön plandadır. Hücrel özdevinim gibi hesaplamalı sistemlerde, sabit komşuluk kuralları ve tekdüze hücre davranışlarıyla elde edilen örüntüler bu kategoriye girer. Kurallı örüntüler, genellikle öngörülebilirlik, üretim kolaylığı ve yapısal tutarlılık gibi avantajlara sahiptir.

Buna karşılık, kuralsız örüntüler, rastlantısallık, varyasyon ve belirsizlik temelinde şekillenen, öngörülemeyen biçimsel dizilimleri ifade etmektedir. Bu tür örüntülerde sistematik bir tekrar bulunmaz; bunun yerine, her hücre ya da bileşen kendi yerel durumuna göre farklılaşabilir. Jeomorfolojik süreçlerin ya da biyolojik organizmaların evrimsel gelişiminde gözlemlenen düzensizlikler, dijital tasarım ortamında kuralsız örüntüler için birer model oluşturabilir. Hücrel özdevinim sistemlerinde, başlangıç koşullarının çok küçük değişikliklerle bile dramatik biçimsel sonuçlara yol açtığı durumlar bu tür üretimlerin temelini oluşturmaktadır.

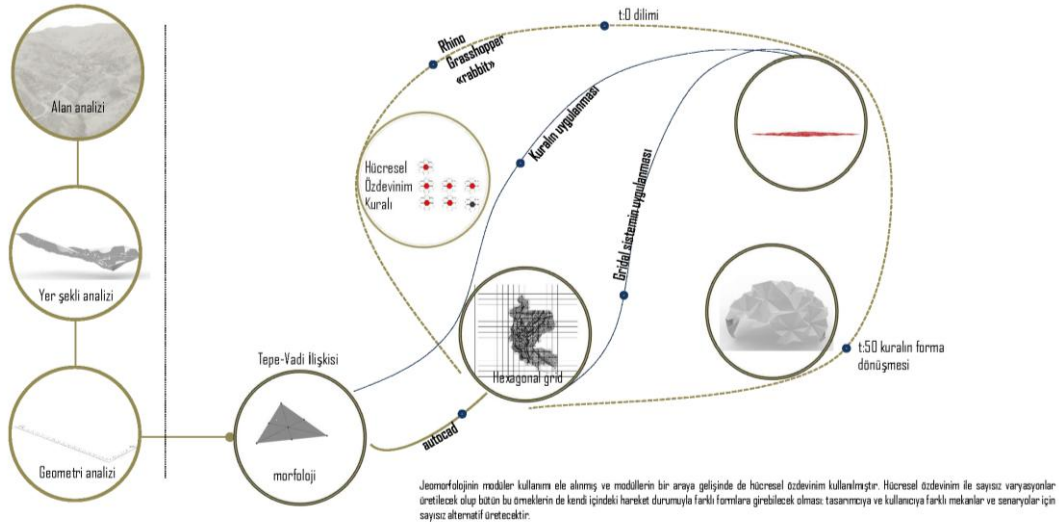
Kurallı ve kuralsız örüntüler arasındaki fark, yalnızca görsel estetikte değil, aynı zamanda tasarımın üretim süreci, esnekliği ve bağlamsal adaptasyonu gibi yönlerde de belirleyicidir. Kurallı yapılar, sistematik üretim ve yapısal öngörü gerektiren tasarım süreçlerinde tercih edilirken; kuralsız örüntüler, deneysel, adaptif ve bağlamla etkileşim kuran tasarımlar için daha elverişli zemin sunmaktadır. Bu iki yaklaşım birbirinin karşıtı olmaktan ziyade, hesaplamalı tasarımın sunduğu imkânlar doğrultusunda birbirini tamamlayıcı stratejiler olarak değerlendirilebilir. Günümüz mimarlığında, kurallı

örüntülerin yapısal rasyonelliği ile kurlsız örüntülerin biçimsel özgürlüğü arasındaki etkileşim, yeni nesil dijital tasarım yaklaşımlarının temel dinamiğini oluşturmaktadır.

2D örüntülerde hücresel yoğunluk kurguları, zaman içinde gelişen topolojik haritalar oluşturmaktadır.

Üç boyutlu görsellerdeki yüzeyler, bu haritaların fiziksel karşılığı olarak ortaya çıkmaktadır.

Her bir form, hücre davranışlarına ve üretim kurallarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu yönüyle, araştırma süreci; biçimsel çeşitliliğin sınındığı, algoritmaların yön verdiği ve sezgiyle denetlenen bir tasarım laboratuvarına dönüşmektedir.



Şekil 133. Form Üretme Modelinin İşlem Grafiği

Mimarlık disiplininde deneysellik kavramı, öz-örgütlenme ilkesi ile ele alınarak, jeomorfolojik verilerin üretken tasarım yöntemleriyle biçime dönüştürülmesine yönelik deneysel bir model önerisi geliştirilmiştir. Diyagram, sürecin çok katmanlı yapısını ve tasarım girdilerinin sistematik dönüşümünü bütüncül bir bakışla ortaya koymaktadır.

Süreç; alan, yer şekli ve geometri analizleri ile başlamaktadır. Bu analizler sonucunda elde edilen morfolojik veriler, tepe-vadi ilişkisi çerçevesinde okunarak sayısal bir model haline getirilmektedir. AutoCAD ortamında oluşturulan hexagonal grid, tasarım sisteminin örgütleneceği zemin altyapısını tanımlamaktadır.

Zemine, Hücresel Özdevinim Kuralı (Cellular Automata) uygulanarak tasarımın kendiliğinden gelişmesine olanak tanıyan bir örgütlenme yapısı kurulmuştur. Rabbit ve Grasshopper gibi üretken modelleme araçları aracılığıyla, bu kurallar parametrik ortamda zaman-temelli olarak $t=0$ anından itibaren işletilir ve kuralın tasarıma uygulanması sağlanmaktadır.

Zamansal ilerlemeyle birlikte, sistem $t=50$ zaman biriminde anlamlı bir form üretimine ulaşmaktadır. Bu noktada, kural dizisi mimari forma dönüşür ve önerilen pavyon yapısı ortaya çıkmaktadır. Süreç boyunca dijital ortamda veri işleme, kural tanımlama ve biçimsel dönüşüm adımları iteratif bir yaklaşımla birbirini beslemektedir.

Üretken Tasarım Modeli, öz-örgütlenmeye dayalı modüler üretim ilkelerini, jeomorfolojik formasyonlar ile bütünleştirerek hem doğal verilerle uyumlu hem de dijital araçlarla üretilebilir deneysel mimari formlar geliştirme potansiyeli taşımaktadır. Hücresel Özdevinim yaklaşımı ile sayısız varyasyonun üretilebilmesi, tasarımcının ve kullanıcıların ihtiyaçlarına göre farklı senaryolar geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Böylece, mekânsal organizasyon sadece biçimsel bir çıktı olmaktan çıkarak, kendiliğinden gelişen dinamik bir tasarım süreci olarak tanımlanmaktadır.

Deneysel mimarlıkta süreç, sonuçtan daha önemlidir. Tasarım süreci, çoğu zaman belirli bir sonuca ulaşmaktan ziyade, farklı ihtimalleri test etme, başarısızlığı kabul etme ve öğrenme odaklıdır (Cross, 2006). Hücresel özdevinim sistemlerinin doğası gereği, tasarımcının müdahalesiyle sürekli yeni varyasyonlar üretilebilir. Bu durum, tekrarlanabilirlik ve mutasyon kapasitesi açısından oldukça zengindir.

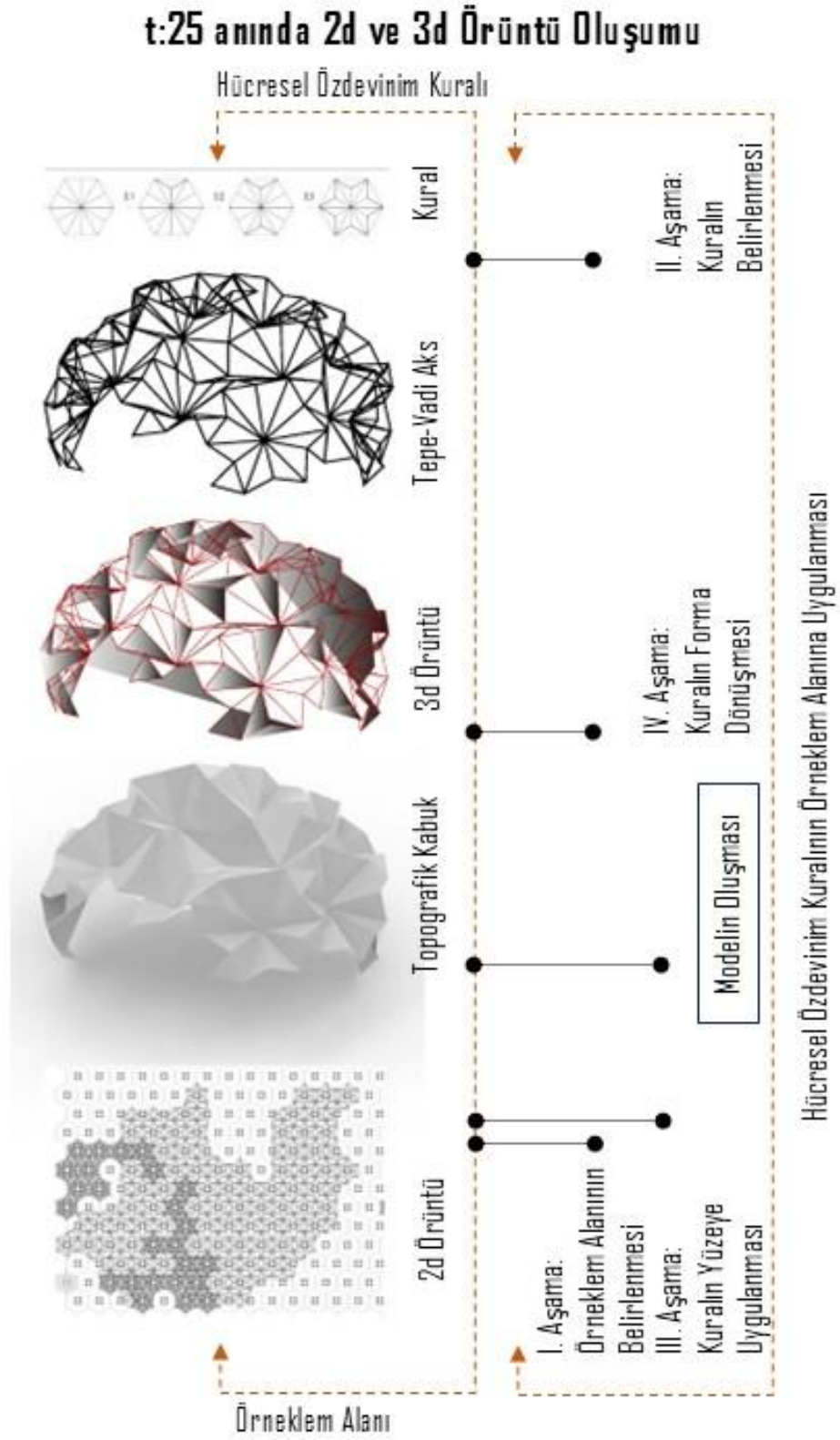
Görsellerdeki formlar da bu bağlamda değerlendirildiğinde, yalnızca bir mimari öneri değil; aynı zamanda formun bilgi üretim süreci içinde nasıl geliştiğine dair deneysel bir belge niteliğindedir.

Geleneksel mimari yaklaşımlarda form, genellikle fonksiyon, estetik veya yapı teknolojisiyle doğrudan ilişkilendirilirken; deneysel mimarlıkta form, bu sınırların ötesinde açık uçlu, evrimsel ve çoğulcu bir kavram halini almaktadır. Hücresel özdevinim, parametrik modelleme ve dijital üretim teknikleri ile desteklenen bu yaklaşımda, form:

- Bilgiye dayalıdır.
- Kendi kurallarını tanımlar.
- Değişime ve çeşitlenmeye açıktır.
- Yapım süreçleriyle bütünleşiktir.

Bu çerçevede deneysel mimarlık, sadece yeni formlar bulmayı değil; aynı zamanda yeni tasarım düşünme biçimleri geliştirmeyi de hedeflemektedir. Görselde yer alan yapılar, bu sürecin hem kuramsal hem de biçimsel izdüşümünü temsil etmektedir.





Şekil 134. Üretken Tasarım Modeli t:25

Örnek olarak seçilen t:25 zaman diliminde elde edilen örüntüye odaklanan diyagram, veri odaklı tasarım yaklaşımının sistematik aşamalarını temsil eden bütüncül bir süreç şeması sunmaktadır. Bu süreç; örneklem alanının belirlenmesi, hücresel özdevinim kurallarının uygulanması, topografik kabuğun oluşturulması, üç boyutlu örgü yapısının geliştirilmesi ve tepe-vadi akslarının tanımlanması gibi ardışık adımlardan oluşmaktadır.

Süreç, ilk olarak hücresel düzlemde (2D) oluşturulan altıgen tabanlı bir grid sistemine dayanmaktadır. Bu grid üzerinde, hücresel özdevinim kuralları belirlenerek belirli hücreler zaman içerisinde aktif veya pasif hale gelir. Böylece örneklem alanı, mekânsal bir desen üretecek şekilde örgütlenir. Hücrelerin aktiflik durumuna göre oluşan bu desen, veri odaklı bir dijital mantık çerçevesinde iki boyutlu örüntüye dönüşür.

İkinci aşamada, oluşturulan bu iki boyutlu desen, jeomorfolojik/topografik verilerle ilişkilendirilerek üçüncü boyuta taşınır. Böylece, sadece biçimsel bir örüntüden öte, topografyanın morfolojik karakteristiklerini taşıyan bir kabuk geometrisi elde edilir. Bu kabuk, doğa-tabanlı parametrik bir yüzey olarak veriyle biçimlenen mimari üretimin temelini oluşturur.

Üçüncü aşamada, bu kabuk yüzey üzerine uygulanan triangülasyon ağı (delaunay/mesh örgüleme) ile yüzeyin sayısallaştırılması sağlanır. Bu işlem hem yapısal analizlere hem de biçimsel çeşitlenmelere olanak tanır. Hücrelerin dağılım yoğunluğunu yansıtan bu üçgenleme sistemi, formun topolojik organizasyonunu desteklemektedir.

Dördüncü aşamada, topografik kabuğun tepe ve vadi aksları çıkarımlanarak formun içsel organizasyonu ve strüktürel davranışı analiz edilir. Bu analiz, formun taşıyıcılık ve mekânsal hiyerarşi bakımından değerlendirilmesine olanak tanır. Böylece tasarım, yalnızca biçimsel değil, aynı zamanda işlevsel ve strüktürel parametrelerle de şekillenmektedir.

Üst bölümde yer alan şema, hücresel özdevinim kurallarının biçimsel evrimini (S1, S2, S3...) göstererek, sürecin zamanla nasıl dönüşümlere uğradığını ortaya koymaktadır. Bu kural dizisi, dijital mimarlıkta algoritmik düşünmenin temel yapısını oluşturmakta ve formun ardındaki matematiksel mantığı açıklamaktadır. Bu bütüncül sistem; öz-örgütlenme, jeomorfolojik veri entegrasyonu, dijital modelleme ve üretken tasarım gibi alanların kesişiminde geliştirilen bir deneysel mimari üretim modeli olarak değerlendirilmelidir. Hem eğitim ortamlarında hem de profesyonel tasarım süreçlerinde, veriye dayalı, parametrik ve evrimsel bir yaklaşımın nasıl uygulanabileceğine dair somut bir örnek teşkil etmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Topografyanın fiziksel karakteristikleri, mimari formun oluşumunda belirleyici bir parametre olarak uzun süredir tasarım süreçlerinde yer almakta; iklimsel koşullar, bitki örtüsü ve sosyo-kültürel nitelikler ile etkileşim içinde biçimsel ve mekânsal anlamda dönüşmektedir. Geleneksel mimari pratiklerde topografya ile kurulan ilişki, büyük ölçüde konum, yönlenme ve eğim gibi sınırlı fiziksel veriler üzerinden okunmuş; bu durum, topografyanın taşıdığı biçimsel potansiyelin çoğunlukla göz ardı edilmesine yol açmıştır. Topografya, bir “yer” ya da “yurt” kavramsallaştırması çerçevesinde yalnızca inşa edilecek yapının zemini ve taşıyıcı yüzeyi olarak değerlendirilmiş, barındırdığı morfolojik çeşitlilik ve biçimsel dil mimari üretimin öncelikli bir girdisi olarak ele alınmamıştır.

Oysa 21. yüzyıl tasarım anlayışında, canlı ya da cansız her varlığın özgün bir nitelik ve ruh taşıdığına dair farkındalık, mimari tasarımın biçimsel ve kavramsal sınırlarını yeniden tanımlamıştır. Bu bağlamda, geleneksel değerleri yadsımadan, ancak onları çağdaş üretim teknikleriyle yeniden yorumlayan deneysel yaklaşımlar ön plana çıkmaktadır. Mimarlıkta deneysel süreçler; öngörülemeyen, çoklu ve kendi kendine örgütlenebilen tasarım biçimlerinin ortaya konmasına olanak tanıyan bir alan olarak gelişmiştir. Bu eğilim, daha önce tanımlanamayan ya da mimari bağlamda ilişki kurulamayan fiziksel verilerin tasarım sürecine aktif biçimde dahil edilmesini mümkün kılmaktadır.

Çalışma kapsamında geliştirilen model, dijital tasarım araçları aracılığıyla jeomorfolojik verilerin mimari forma dönüştürülmesini olanaklı kılmakta ve topografyanın biçimsel dili üzerinden alternatif form arayışlarını teşvik etmektedir. Rhino ve Grasshopper gibi parametrik tasarım ortamları kullanılarak, Hücresel Özdevinim (Cellular Automata) yöntemiyle oluşturulan üretken tasarım stratejisi, topografik sistemlerin içkin yapısal örüntülerini anlamlandırma ve yeniden üretme imkânı sunmuştur. Bu yöntem aracılığıyla, formun yalnızca sonuç değil aynı zamanda davranış geliştiren ve tepki veren bir süreç olarak ele alınması sağlanmış; parçadan bütüne uzanan, dinamik ve etkileşimli bir tasarım anlayışı geliştirilmiştir.

Süleymaniye Mahallesi’ne ait topografyanın jeomorfolojik özellikleri, bu bağlamda biçimsel bir modülasyon sistemine dönüştürülerek alternatif mekânsal organizasyonlara zemin hazırlamıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda geliştirilen kural tabanlı sistem, hem dijital ortamda biçim üretebilen bir model olarak işlev görmüş hem de yerel verinin mimari

tasarıma entegrasyonuna yönelik önemli bir açılım sunmuştur. Böylece, topografya yalnızca bir bağlam olarak değil, tasarımı yönlendiren aktif bir üretim bileşeni olarak yeniden konumlandırılmıştır. Bu yaklaşım, mimari tasarımda topografinin biçimsel potansiyelini yeniden keşfetmek ve gelecekteki deneysel üretimler için çoğulcu bir metodoloji önermek açısından önem taşımaktadır.

Çalışma kurgusunda oluşturulan araştırma soruları tezi şekillendirmektedir. Bu bağlamda elde edilen genel sonuçlar;

A.S.1: 21. yüzyılda mimarlık, teknolojik gelişmelerin yön verdiği çok katmanlı bir dönüşüm süreci geçirmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca üretim araçlarını değil; aynı zamanda tasarımın kavramsal temellerini ve mimari düşüncenin yönelimlerini de kapsamaktadır. Deneysel mimarlık, bu bağlamda yalnızca biçimsel arayışlara odaklanan bir yaklaşım olmaktan çıkarak, disiplinler arası bilgi üretimini, dijitalleşme ile yeniden tanımlanan tasarım süreçlerini ve veri odaklı yöntemleri kapsayan bütüncül bir paradigma haline gelmiştir. Mimarlığın deneyselliği, teknolojinin sunduğu hesaplama, simülasyon ve algoritmik modelleme imkânlarıyla daha da derinleşmiş; biçimsel üretimin yanı sıra, sürece dayalı tasarım düşüncelerini de ön plana çıkarmıştır.

A.S.2: Jeomorfoloji kavramının mimarlık pratiğindeki yeri giderek daha belirgin hâle gelmektedir. Doğal topoğrafyanın yapısal, yönelimsel ve morfolojik karakteristikleri, yalnızca bir bağlam verisi olarak değil; aynı zamanda biçim üretimini etkileyen aktif bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Jeomorfolojik verilerin dijital ortamlarda analiz edilmesi, doğal sistemlerle bütünleşen, yere özgü ve çevresel veriye duyarlı mimari çözümlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu da topografya ile tasarım arasında kurulan ilişkinin yalnızca temsili değil, üretken bir boyuta evrildiğini göstermektedir.

A.S.3: Deneysel mimarlık ortamında dijital tasarım yöntemlerinin uygulanması, klasik tasarım yaklaşımlarının ötesinde, veriye dayalı, kural tabanlı ve öngörülemeyen olasılıkları barındıran süreçleri gerektirmektedir. Bu yöntemler, tasarım sürecini lineer bir problem çözme sürecinden çıkararak, dinamik ve etkileşimli bir sistem olarak ele almayı zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, öz-örgütlenme prensibine dayalı yaklaşımlar hem tasarım teorisinde hem de uygulama pratiğinde ortaya çıkan belirsizlik ve karmaşıklık sorunlarına çözüm sunabilecek niteliktedir. Öz-örgütlenme; merkezi olmayan, yerel etkileşimlerle küresel biçimler oluşturan sistemlerin tasarıma aktarılması anlamına gelmekte ve bu yönüyle tasarımcının öngörü sınırlarının ötesinde biçimsel üretimler gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır.

A.S.4: Çalışmada ele alınan Hücresele Özdevinim (Cellular Automata) kural dizisi, yenilikçi form arayışları ile geçmişin deneyimlerini ilişkilendiren üretken bir model ortaya koymaktadır. Hücresele Özdevinim, basit yerel kuralların zamansal tekrar yoluyla karmaşık örüntüler oluşturduğu bir sistem olarak, hem doğadaki örüntüsel oluşumları taklit eder hem de dijital tasarım ortamında parametrik kontrollere açık, çok olasılıklı çözümler üretmektedir. Bu model aracılığıyla geliştirilen form üretim süreci, jeomorfolojik verilerle desteklenerek yere özgü, sürekli evrilen ve bağlamsal olarak zenginleşen mimari çıktılar elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

A.S.5: Mimarinin deneyselliği günümüzde yalnızca biçimsel çeşitliliği değil, aynı zamanda dijital teknolojilerle bütünleşmiş, veri temelli ve süreç odaklı bir tasarım düşüncesini temsil etmektedir. Öz-örgütlenme ve Hücresele Özdevinim gibi dijital araçlar, mimarlıkta hem teorik sorgulamalara hem de pratik uygulamalara yenilikçi bir bakış kazandırmakta; mimarlığın geleceğine yönelik yaratıcı ve sürdürülebilir çözümler üretilmesine katkı sunmaktadır.

Tasarım Modeli ile Elde Edilen Sonuçlar:

Hücresele Özdevinim (Cellular Automata) yöntemi, mimari tasarım süreçlerinde yalnızca biçimsel üretim sağlayan bir araç olmanın ötesine geçerek, düşünsel çeşitlilik, parametrik esneklik ve kavramsal yenilik üretme potansiyeline sahip deneysel bir tasarım stratejisine dönüşmüştür. Söz konusu yöntem; yeni biçimlerin ortaya çıkarılması, alternatif kompozisyon senaryolarının geliştirilmesi ve kuralların çeşitlendirilmesi yoluyla mimarlık disiplininde farklı çözüm alanlarının oluşturulmasına katkı sunmaktadır.

Örüntü kurgulama sürecinde Hücresele Özdevinim kullanılarak basit formlardan daha karmaşık form üretimlerine bir hiyerarşik düzen ile geçiş sağlanması tasarımcının süreci kontrol edebilmesine olanak sağlamaktadır. Modüler birimlerin tekrarlanarak kullanılması bir dizi oluştururken aynı zamanda kullanışlı bir model üretimlerini de ortaya çıkarmaktadır.

Klasik ve monoton olan yaklaşımlardan farklı olarak öngörülemeyen sonuçların elde ediliyor olması ise yeni fikirlerin oluşmasına imkân tanımaktadır. Hücresele Özdevinim ile jeomorfoloji entegrasyonu yeni bir tasarım düşüncesi ortaya koyma açısından olumlu sonuçlar vermiştir. Parçalardan meydana gelen bütün bir örüntü kurgusu hem tekilde hem de bütüncül olarak farklı form oluşturulmasına imkân vermektedir. Üretken bir model üretiminde dijital tasarım araçlarından yararlanılarak oluşturulan örüntü tasarımı mimarinin deneyselliğini destekler niteliktedir. Topografyanın biçimsel sınırlandırılması ve sadece

“yer” olarak değil aynı zamanda formun keşfedilmesine de destek olması sebebiyle 21. Yüzyıl tasarım düşüncesine önemli bir bakış açısı kazandırmaktadır.

Hücresele Özdevinim yöntemi, tasarım süreçlerinde yalnızca biçimsel bir üretim aracı olmanın ötesine geçerek, düşünsel çeşitlilik ve kavramsal esneklik sağlayan bir yaklaşıma dönüşmüştür. Yeni formların üretilmesi, alternatif kompozisyon senaryolarının geliştirilmesi ve kural varyasyonlarının çoğalması sayesinde, mimari tasarımda farklı çözüm alanlarına yön verebilen dinamik ve parametrik bir sistem inşa edilebilmektedir. Bu durum, yalnızca form üretimini değil, aynı zamanda tasarımcının karar alma süreçlerini de yeniden yapılandırmakta; esnek, çoğul ve adaptif bir tasarım dili oluşmasına zemin hazırlamaktadır.

Özellikle örüntü kurgulama süreçlerinde hücresele özdevinim kullanılarak, basit modüler birimlerden yola çıkarak daha karmaşık ve çok katmanlı formlara hiyerarşik bir geçiş sağlanabilmesi, tasarım sürecinin kontrol edilebilir ama aynı zamanda sezgisel olarak yönlendirilebilir bir yapıya bürünmesini mümkün kılmaktadır. Modüler hücrelerin tekrar ve varyasyon yoluyla kullanılması, yalnızca geometrik bir dizi oluşturmamakta; aynı zamanda, üretim açısından konstrüktif ve uygulanabilir modellerin elde edilmesini de desteklemektedir. Bu yapılar, mekânda hem mikro ölçekli detaylara hem de makro ölçekli bütünsel düzenlemelere olanak sunmaktadır.

Klasik, lineer ve öngörülebilir form üretim yaklaşımlarının aksine; hücresele özdevinimle çalışan sistemlerde önceden tahmin edilemeyen, emergent (kendiliğinden beliren) örüntüler elde edilebilmekte, bu da mimarlıkta yaratıcı düşünceye ve deneysel form araştırmalarına alan açmaktadır. Belirsizlik, bu bağlamda bir sınırlayıcı değil, tasarımı zenginleştiren bir potansiyel olarak değerlendirilmekte; formun yalnızca sonuç değil, süreç odaklı bir deneyim alanı olarak yeniden yorumlanmasına imkân tanımaktadır.

Hücresele özdevinim ile jeomorfoloji verisinin entegrasyonu, bu yöntemin yalnızca soyut geometri üretiminden ibaret olmadığını; aynı zamanda doğal sistemlerle ilişkili, bağlamsal ve yerle ilişkili biçim üretimine olanak sağladığını ortaya koymaktadır. Parçaların birleşiminden oluşan bütüncül örüntü sistemleri, tasarımcının hem mikro seviyede detaylara odaklanmasını hem de makro ölçekte genel stratejiler geliştirmesini mümkün kılar. Dijital tasarım araçları aracılığıyla oluşturulan bu örüntü kurguları, mimarlıkta deneyselliği destekleyen üretken modeller için verimli bir zemin sunar.

Hücresele özdevinim yöntemiyle oluşturulan jeomorfolojik temelli üretken tasarım modelleri; mekânın hem biçimsel hem de kavramsal sınırlarını yeniden tanımlayan, adaptif, çoğul ve evrimsel sistemler olarak 21. yüzyıl mimarlık düşüncesine önemli katkılar

sunmaktadır. Bu yöntem, topografyayı yalnızca fiziksel bir zemin değil; aynı zamanda biçimsel keşfin ve tasarım spekülasyonlarının aktif bir bileşeni olarak ele alarak, çağdaş mimarlıkta sürece dayalı düşüncenin temsilcisi haline gelmektedir.

Jeomorfoloji verileri ile üretken tasarım yöntemlerinin kullanımı ile oluşturulan model çalışması deneysel tasarım çıktıları için alternatif çözümlere imkân tanımaktadır. Bu durum mimarlık eğitimine entegre edilmesi çoklu öğrenme deneyimi için önemli bir kazanımdır. Modelin aşama aşama takip edilebilir olması öğrencilerin problem çözme yeteneklerinin gelişmesine ve geri bildirimlerle tasarımların iyileştirilebilir olmasına olanak sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında dijital tasarım yöntemlerinin de deneyimlenmesi teknolojik gelişmelerin takibi noktasında önemli bir noktadır. Dijital tasarım düşüncesinin mimarlık ve tasarım eğitim sürecine adaptasyonu hızlı ve pratik üretimler için çözümci bir yaklaşımdır. Yeni veya deneyimlenmemiş olanı deneyimleme cesareti ve imkanını yaratan bu yaklaşım, hayal gücünün gelişmesine ve form haricinde malzeme, strüktür, işlev ve sunum tekniklerinin de artmasına olanak sağlamaktadır. Tüm bu parametreler bütüncül olarak ele alınması tasarım düşüncesinin teori ve pratik kesişim alanını da arttırmaktadır.

Tasarım düşüncesinin deneyselliğini ele alan bu çalışmada, dijital üretim yöntemi ile deneysel form tasarımları 2 ve 3 boyutlu olarak ortaya koyulmuştur. Malzeme, üretim tekniği, strüktür ve işlev parametreleri göz ardı edilerek alternatif üretimler incelenmiştir. İlerleyen çalışmalarda tasarım modeline göz ardı edilen bu parametreler de dahil ederek üretilebilir bir tasarım çıktısı geliştirilmesi önerilmektedir.

Dizisel örgü, sadece estetik değil, aynı zamanda işlevsel ve yapısal bir potansiyel taşımaktadır. Üç boyutlu olarak çoğaltılan hücreler; kabuk yapılarında rijitlik sağlayabilir, ışık geçirgenliği, gölgelendirme veya akustik yutuculuk gibi performatif amaçlarla şekillenebilir, iç boşluklarıyla mekânsal geçirgenlik ve yönlendirme stratejileri geliştirmek için kullanılabilir. Bu da dizinin mimarlık ve iç mekân tasarımında strüktürel estetikle birleşen performatif yüzey sistemleri yaratma kapasitesine işaret etmektedir. Jeomorfolojik verilerle eşleşmiş hücresel modeller üzerinden üretilen formlar, mekânsal süreklilik, çevresel bütünleşme ve öz-organizasyon ilkeleri doğrultusunda senaryolaştırılmıştır. Bu senaryolar, mimari formun yalnızca son ürün değil, süregelen bir dönüşüm dizisi olarak ele alındığı süreç odaklı üretimlerdir. Süleymaniye Mahallesi'nde mevcut olan boşluk-zemin ilişkisi, parçalanmış doku ve mikro-eşikler bu üretimlerin temel dayanaklarını oluşturmuştur. Her bir senaryo, mekânsal evrim potansiyelini test eden bir simülasyon olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada örneklem alanına ait jeomorfoloji biçimler ele alınmıştır. Yer kavramının tanımında yer alan kültürel bağlam farklı çalışmalarda ele alınarak model üzerinde deneyimlenerek tekrarlanması önerilmektedir. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalarda, form üretimiyle sınırlı kalınsız malzeme, üretim tekniği, işlev ve sunum teknikleri gibi parametrelerin de modele entegre edilmesi önerilmektedir. Böylece üretilebilir, uygulanabilir ve sürdürülebilir tasarım çıktılarının oluşturulması sağlanabilir. Jeomorfolojik verilerle bütünleştirilmiş hücresel sistemler, yalnızca estetik ve biçimsel değil; aynı zamanda bağlamsal, işlevsel ve çevresel bütünleşmeyi önceleyen mimari modellerin geliştirilmesi açısından değerli bir açılım sunmaktadır.

Hücresel Özdevinim gibi kural-tabanlı üretken modeller, tasarım sürecinde alternatif biçim arayışlarını destekleyen yapılar olarak, özellikle erken tasarım aşamalarında sistematik araçlar olarak kullanılmalıdır.

Dijital tasarım yöntemleri, çevresel verilerle (topografya, iklim, yönlenme vb.) entegre edilerek yere özgü, bağlamsal mimari çözümler üretecek biçimde yapılandırılmalıdır.

Mimarlık eğitimi içerisinde, deneysel ve hesaplamalı yaklaşımlara yönelik atölye çalışmaları, parametrik tasarım eğitimleri ve algoritmik modelleme içerikleri yaygınlaştırılmalıdır.

Geleceğe yönelik araştırmalar için,

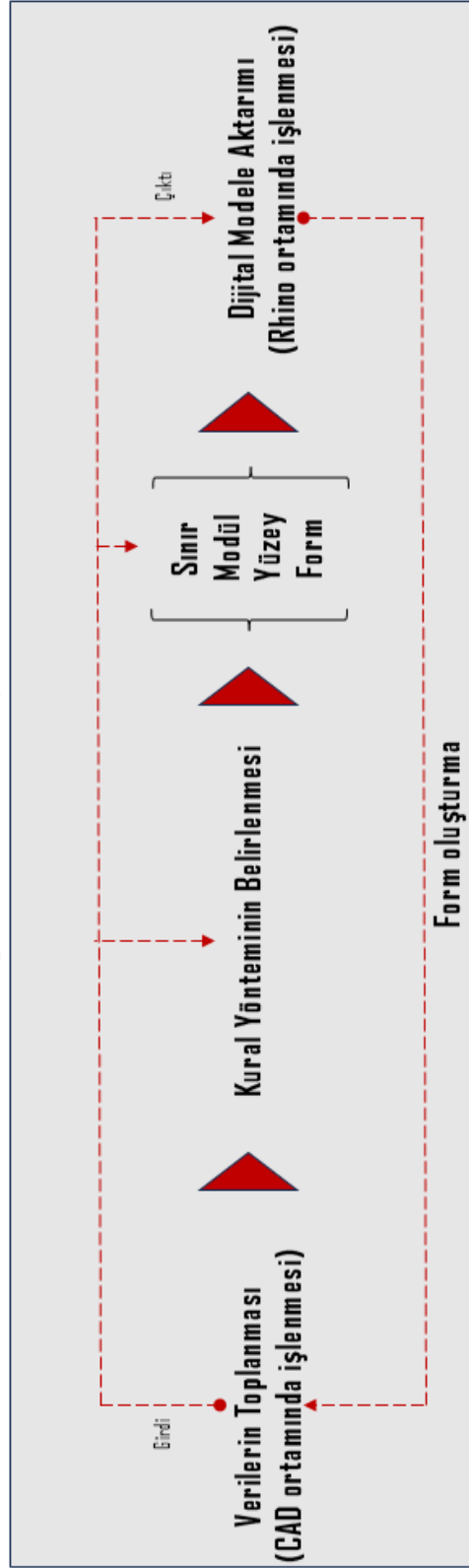
-Hücresel Özdevinim kurallarının farklı varyasyonları ve boyutları (örneğin 3D cellular automata, stochastic CA) kullanılarak form üretim modellerinin çeşitliliği artırılabilir.

-Bu model, kent ölçeğinde kentsel morfoloji çalışmaları veya peyzaj tasarımı gibi geniş ölçekli tasarım alanlarına da uyarlanarak yeni araştırma alanları açılabilir.

-Jeomorfolojik veri analizlerinin yapay zekâ destekli tasarım algoritmalarıyla birleştirilmesi, mimarlıkta ileri düzey üretkenlik sağlayan hibrit modellerin geliştirilmesini mümkün kılabilir.

Mimaride deneysel yaklaşımlar; dijital tasarım teknolojilerinin sunduğu üretken olanaklar, doğadan türetilen veriler ve öz-örgütlenme temelli sistemler aracılığıyla, biçimsel ve düşünsel çeşitliliği destekleyen, çok katmanlı ve yenilikçi bir tasarım paradigmasına dönüşmektedir.

Üretken Tasarım Araçları Kullanılarak Deneysel Form Üretim Modeli



Şekil 135. Model Kurgusu

Diyagram, üretken tasarım yaklaşımlarının dijital ortamda deneysel bir form üretimi süreciyle entegrasyonunu ortaya koyan sistematik bir model önerisini sunmaktadır. Model, veriye dayalı tasarım kararlarının belirli algoritmik kurallar doğrultusunda biçime dönüştürüldüğü bütüncül bir iş akışı sunar. Süreç, dört temel aşamadan oluşur:

Verilerin Toplanması (CAD Ortamında İşlenmesi):

Süreç, fiziksel ya da dijital ortamdan elde edilen topografik, morfolojik veya başka bağlamsal verilerin sayısallaştırılmasıyla başlar. Bu veriler, CAD tabanlı bir platformda işlenerek grid sistemine entegre edilir. Grid, tasarımın mekânsal sınırlarını ve parametrelerini tanımlayan temel altlık olarak görev yapmaktadır.

Kural Yönteminin Belirlenmesi:

İkinci aşamada, elde edilen veriler doğrultusunda algoritmik tasarımın kuralları tanımlanır. Bu aşama; hücrel özdevinim, öz-örgütlenme, fraktal dağılım veya parametrik kurgu gibi üretken tasarım yöntemlerinin seçimini içerir. Bu yöntemler, formun evrimsel süreçler aracılığıyla biçimlenmesini sağlamaktadır.

Sınır – Modül – Yüzey – Form Üretimi:

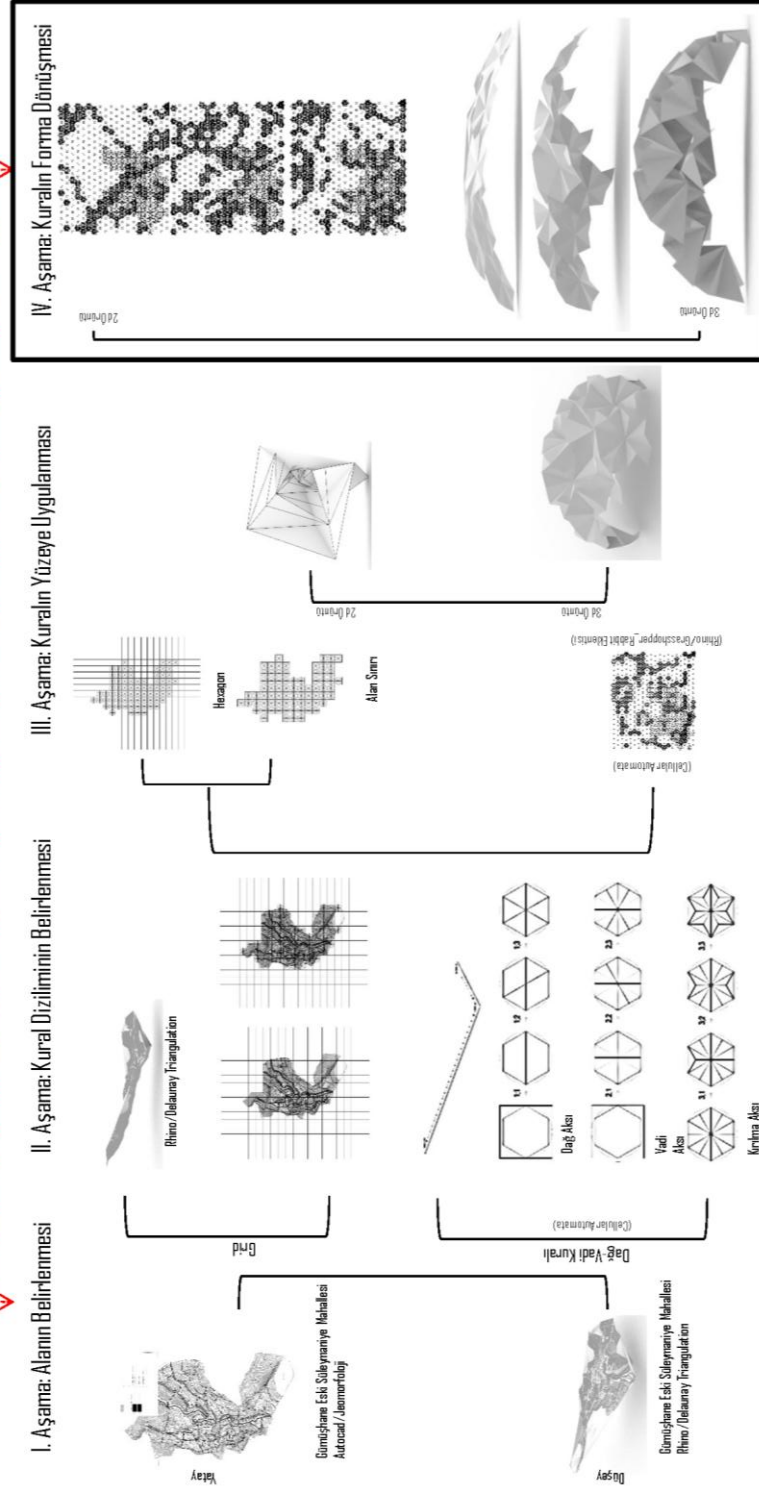
Üçüncü aşamada, belirlenen kurallar doğrultusunda form üretimi gerçekleştirilir. Bu üretim süreci; önce sınırların tanımlanmasıyla başlar, ardından modüler sistemin yerleştirilmesiyle devam eder ve yüzeyin tanımlanması ile biçimsel bütünlüğe ulaşır. Formun bu aşamadaki evrimi, üretken sistemin tanımladığı algoritmalara bağlı olarak dijital ortamda şekillenmektedir.

Dijital Modele Aktarımı (Rhino Ortamında İşlenmesi):

Son aşamada, formun dijital ortama aktarılması gerçekleştirilir. Rhino gibi parametrik modelleme ortamlarında gerçekleştirilen bu işlem, formun üç boyutlu olarak modellenmesini, optimize edilmesini ve analiz edilmesini mümkün kılar. Bu sayede form, fiziksel üretime veya ileri dijital işleme süreçlerine hazır hale gelmektedir.

Model, girdi ve çıktı arasında sürekli geri besleme sağlayan bir döngüsel yapıya sahiptir. Tasarımcı, her aşamada algoritmik kuralları yenileyebilir ve farklı varyasyonlar üreterek alternatif çözümler geliştirebilir. Bu esneklik, üretken tasarım sürecinin deneysel niteliğini güçlendirmekte ve çok yönlü form araştırmalarını desteklemektedir. Bu üretim modeli, mimari tasarımda dijital araçların, algoritmik düşüncenin ve veriye dayalı sistemlerin birlikte kullanımına yönelik yenilikçi bir çerçeve sunar. Aynı zamanda, eğitim ortamlarında da deneysel tasarım süreçlerinin anlaşılması ve uygulanması açısından işlevsel bir araç olarak değerlendirilebilir.

Dijital modellere dijital jeomorfoloji hareketinin simüle edilmesi: manuel çalışmalarda üretilemez, zor, sayıca fazla modelden oluşan kabul tasarımlarının gireceği formlar açısından yol gösterici olmuştur. Çalışmanın devamında tasarımın üretimine yönelik araştırmalar yapılmış olup sistem önerisi geliştirilmiştir. Son olarak bu sistemin kinetik durumu araştırılmış ve hareketli sağlayacak sisteme ilgili çalışmalar yapılmıştır. Jeomorfolojinin sahip olduğu lineerlik sistemi ve bunun hücresel desteklemesiyle, belirmeyi her açıdan destekleyen kullanıcı etkileşimli ve farklı sergilerde adapte edilebilen bir kabul tasarımına ulaşılmıştır.



Şekil 136. Model Aşamaları ve Sonuç

5. KAYNAKLAR

- AFAD. (2021). *İl Afet Risk Azaltma Planı*. Gümüşhane: Gümüşhane Valiliği.
- Alkan, N. (2010). Avrupalı Seyyahların Tasvirlerinde Gümüşhane ve Çevresi. *History Studies Volume*, (2/1), 82-97.
- Andrade Zandavali, B. ve Turkienicz, B. (2018). Cellular Automata: Bridge Between Building Variability and Urban Form Control. *SIMAUD '18: Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*. (24), 1-8
- Betsky, A., (2008). *Experimental Architecture: A Short Introduction*. 1st ed, New York : Rizzoli International Publications.
- Borden, D.; Elzanowski, J.; Lawrenz, C.; Miller, D.; Smith, A. ve Taylor, J. (2015). *Mimarlık*. İstanbul: NTV Yayınları
- Camazine, S., Deneubourg, J.L., Franks, N.R., et al. (2001). *Self Organization in Biological Systems*. Princeton: Princet. Univ. Press.
- Castle, H., (2003). Emergence in Architecture. *AA Files*, Architectural Association School of Architecture, 50, 50-61.
- Chakraborty, A., Sikder, S., Omrani, H., & Teller, J. (2022). Cellular Automata in Modeling and Predicting Urban Densification: Revisiting the Literature since 1971. *Land*, 11,(7) 1113 <https://doi.org/10.3390/land11071113>
- Chu, K. S. (2017). *Genetik Mimarlığın ve Hesaplamanın Metafiziği*. Yeni Bir Gündem İnşa Etmek. Mimarlık Kuramı 1993-2009. İstanbul: Küre Yayınları.
- Cook, P. (1970). *Experimental Architecture*. New York:Universal Books.
- Cook, P. (1999). *Archigram*. New York: Princeton Architectural Press.
- Coyne, R. (2023). *Doğanın Avı: Dijital Çağda Doğanın Yeri*. İstanbul: AA Kitap
- Çağdaş, G., Bacınoğlu, S. Z., ve Çavuşoğlu, Ö. H. (2015). Mimarlıkta Hesaplamalı Yaklaşımlar. *Dosya35, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi*, (33-43).
- Çalışır Adem, P. (2020). Geleneksel Kent Dokusunda Çevresel Verilerin Sayısal Araçlarla Yorumu ve Hesaplamalı Bir Tasarım Modeli. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Çolak, A. (1997). *Gümüşhane Kenti Geleneksel Konutlarının Analizi Üzerine Bir Pilot Çalışma*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Dewey, J., (2007). *Deneyim ve Eğitim*. 1.basım, Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları.

- Dolu, Y. B. (2010). *Eski Gümüşhane (Süleymaniye Mahallesi) Sit Alanı İçin Kentsel ve Yapısal Koruma Önerileri*. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Dönmez, B. ve Dinç Kalaycı, P. (2018). *Deneysel Mimarlık İçin Bir Zemin İnşası Girişimi, Mimarlık Planlama ve Tasarım Araştırmaları*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Erbaş Korur, Z. N. ve Yüksel, Y. D. (2013). Genetik Biliminin Mimarlık Disiplini Üzerindeki Etkileri. *Beykent University Journal of Science and Engineering*, Volume 6(1), 11-25. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/43815>.
- Fonstad, M. A. (2006). Cellular Automata As Analysis and Synthesis Engines At The Geomorphology–Ecology Interface. *Geomorphology*, (77)217–234.
- Frazer, J., (1995). *An Evolutionary Architecture*. London: Architectural Association.
- Gürer, E. ve Alaçam, S. (2020). Sayısal Düşünmenin Yaratıcılık Bağlamında Sökümü. *Mimaride Sayısal Fırsatlar Dergisi*, s:58-63.
- Gympel, J.; (2018). *Antik Çağlardan Günümüze Mimarlığın Öyküsü*. İstanbul: TEAS Yayıncılık A.Ş.
- Haggett, P. (1983). *Geography: A Modern Synthesis*. New York: Harper & Row
- Harel, D. (1992). *Algorithmics: The Spirit of Computing* (2nd ed.)USA: Addison Wesley.
- Hays, K. M. (2017). *Sayılarla Mimarlık*. Yeni Bir Gündem İnşa Etmek, Mimarlık Kuramı 1993-2009. İstanbul:Küre Yayınları.
- Hensel, M. ve Menges, A. (2004). *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*. London: Architectural Design.
- Hensel, M., Menges, A. ve Weinstock, M. (2004). *Morphogenesis and Emergence*. London: Architectural Design.
- Hensel, M., Menges, A., Weinstock M. (2011). *Emergent Technologies in Architecture and Design*. UK: Routledge.
- Herr, C.M., ve Kvan, T. (2007). Adapting Cellular Automata to Support The Architectural Design Process. *Automation in Construction*, Volume 16, Issue 1
- Holt-Jensen, A. (2009). *Coğrafya: Tarihi, Felsefesi ve Temel Kavramları*. İstanbul:İdil Yayıncılık
- Hugget, R. J. (2019). *Jeomorfolojinin Temelleri* (çeviri editörü: prof. Dr. Uğur Doğan). Ankara: Nobel Akademik ve Yayıncılık Eğitim Danışmanlık.
- Jantsch, E. (1980). *The Self-Organizing Universe*. New York: Pergamon Press.
- Kotnik, T., (2010). Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions. *IJAC*, cilt:8, say:1.

- Krawczyk, Robert J. (2002). Architectural Interpretation of Cellular Automata. *Generative Art Conference*, Milano, Italy, December 11-13.
- Krawczyk, Robert J. (2003). Exploring the Massing of Growth in Cellular Automata. *Generative Art Conference*, Milano, Italy, December 11-13.
- Kutlutan, R. (1991). *Geçmişten Günümüze Gümüşhane*. Geçmiş ve Günümüzde Gümüşhane Tarihi. Gümüşhane: Gümüşhane Yayınları
- Kwinter, S. (1996). *Soft systems*. In A. Kristof & J. Gauss (Eds.), *Architecture of the Information Age* (pp. 25–30). German: Prestel Verlag.
- Kwinter, S. N. (2001) *Architectures of Time: Toward a Theory of the Event in Modernist Culture*. Cambridge: The MIT Press
- Kwinter, S. (2004). *Far from Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture*. Barcelona: Actar.
- Lynn, G. (1999). *Animate Form*. New York: Princeton Architectural Press.
- Menges, A., (2004). Evolutionary Computation and Artificial Life In Architecture: Exploring the Potential of Generative and Genetic Algorithms as Operative Design Tools. London: Architectural Design
- Mimarlık ve Sanallık (2002). *Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi:1*. İstanbul: Boyut Yayın Grubu
- Oxman, R. (2017). Thinking difference: Theories and Models of Parametric Design Thinking. *Design Studies*, 52, 4-39.
- Ruskin, J. (1849). *Seven Lamps of Architecture*. London: Smith, Elder and Co.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. United State in America: Basic Books.
- Schumacher, P.(2009). Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design. *Architectural Design*, 79 (4): 14–23.
- Schulz, C. N. (1980). *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*. New York:Rizolli.
- Singh, V. ve Gu, N. (2011). Towards an Integrated Generative Design Framework. *Design Studies*. adres: <http://www.sciencedirect.com>
- Stiny, G. ve Mitchell W. (1978). The Palladian Grammar. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 5, 5 – 18.
- Şenel, A. (2019). Mimarlık Eğitiminde Haritalama: Geleneksel Eril Mimarlık Üretimine Yaratıcı Bir Eleştiri. *Dosya:42, TMMOB Ankara Şubesi*. S.5-18

Şentürk, L., (2011). Deneyisel Mimarlık Nerede Başlar Nerede Biter, ed. Hülya Ertaş, *XXI Dergisi*, 105:32-45

Peitgen, H., Saupe, D. ve Jurgens H. (1992). *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science*. New York: Springer-Verlag Press.

Tanyeli, U., (2000). Türkiye’de Avant-Garde Niye Yok?, *Arredamento Mimarlık Dergisi*.

Tarakesh, C. (2023). *Critical Analysis of Responsiveness in Megastructures Using Grasshopper*. Chennai:Anna University.

Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture*. USA: Architectural Press.

URL-1. (2022, Kasım 25). Deneyisel Mimarlık: <https://msd.unimelb.edu.au/events/experimental-architecture-prototyping-possibilities-for-an-ecological-era> adresinden alınmıştır.

URL-2. (2022, Kasım 25). Deneyisel Mimarlık: <https://weburbanist.com/2019/05/29/experimental-architecture-testing-new-ideas-in-living-laboratories/> adresinden alınmıştır.

URL-3. (2022, Kasım 25). Öz-Örgütlenme: <https://parametrichouse.com/self-organizational-architecture/> adresinden alınmıştır.

URL-4. (2022, Kasım 10). Jeoloji: <https://bldgblog.com/2009/02/geologies/> adresinden alınmıştır.

URL-5. (2022, Kasım 10). Vicente Gullart: <http://taller1mas2.blogspot.com/2011/05/proyectos-de-vicente-gullart.html> adresinden alınmıştır.

URL-6. (2022, Kasım 10). Conway’ın Yaşam Oyunu: <https://metametrik.com/2020/10/06/conwayin-yasam-oyunu-ve-belirme-davranisinin-dogasi/> adresinden alınmıştır.

URL-7. (2022, Kasım 10). Voronio Diyagramı: <https://www.semanticscholar.org/paper/Voronoi-diagrams-%E2%80%93-rod-structure-research-models-in-Rokicki-Gawell/87c75bed5b62d1c88cefbba966c878b0fa94689f> adresinden alınmıştır.

URL-8. (2022, Kasım 10). Deneyisel Mimarlık:

<https://www.re-thinkingthefuture.com/narratives/a6565-futuristic-and-experimental-the-future-of-architecture/> adresinden alınmıştır.

URL-9. (2022, Aralık 22). Vicente Gullart: <http://www.nisanyansozluk.com/?k=dijital&lnk=1> adresinden alınmıştır.

- URL-10. (2023, Ocak 12). Castellanis'in The Complexity Map: <https://mande.co.uk/2020/uncategorized/brian-castellanis-map-of-the-complexity-sciences/> adresinden alınmıştır.
- URL-11. (2023, Ocak 12). Deneysel Mimarlık: <https://www.arkitektuel.com/mopop/> adresinden alınmıştır.
- URL-12. (2023, Ocak 12). Vicente Gullart: <http://www.archilab.org/public/2001/textes/maoen.html> adresinden alınmıştır.
- URL-13. (2024, Ocak 22). Vicente Gullart: <http://www.louvrepourtous.fr/Viollet-le-Duc-ecologiste-et,884.html> adresinden alınmıştır.
- URL-14. (2024, Ekim 09). Davis Ekolü: <https://cografyabilimi.net/jeomorfolojik-dongude-gecnesme-rejuvenation/> adresinden alınmıştır.
- URL-15. (2024, Kasım 02). Jeomorfolojik Katedral: <https://sanatorium.com.tr/tr/artists/36-erol-eskici/works/328-erol-eskici-jeomorfolojik-katedral-4-yer-sekli-yaplar-geomorphologic-2018/> adresinden alınmıştır.
- URL-16. (2024, Kasım 02). Reima ve Raili Pietila Kilisesi: <https://paradisebackyard.blogspot.com/2012/06/reima-and-raili-pietila.html> adresinden alınmıştır.
- URL-17. (2024, Kasım 02). Hücresel Özdevinim: <https://www.wolframscience.com/nks/notes-5-2--other-geometries-for-cellular-automata/> adresinden alınmıştır.
- URL-18. (2024, Kasım 02). Jeomorfoloji: <http://www.geomorph.org/planetary-geomorphology-working-group/> adresinden alınmıştır.
- URL-19. (2024, Kasım 02). Voronio Diyagramı: <https://www.kampustenevar.com/kategori-yasam-tarzi/bir-voronoi-diyagraminin-icindegiz> adresinden alınmıştır.
- URL-20. (2024, Kasım 02). Voronio Diyagramı: <https://builtin.com/data-science/voronoi-diagram> adresinden alınmıştır.
- URL-21. (2024, Kasım 02). Hücresel Özdevinim: <https://www.evolo.us/cellular-automata-in-architecture-aa-workshop> adresinden alınmıştır.
- URL-22. (2025, Haziran 27). Gümüşhane: <https://www.gumushane.bel.tr/gumushane-rehberi/cografi-konum/> adresinden alınmıştır.
- URL-23. (2025, Haziran 27). Türkiye Haritası: https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:G%C3%BCm%C3%BC%C5%9Fhane_in_Turkey.svg adresinden alınmıştır.

- Vallester, T. (2015). Nature in Reima Pietilä's work. (10.13140/RG.2.1.1111.7204.)
- Vanlı, Ş. (2019). *20. Yüzyıl Mimarisinde Program ve Manifestolar* (Derleyen: Ulrich Conrads). Ankara: Matsa Basımevi
- Yedekçi, G. (2015). *Doğayla Tasarlamak: Biyomimikri ve Geleceğin Mimarlığı*. İstanbul: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi
- Yelken, R. (1955). *Sistematiik Jeomorfoloji*. Ankara: Harita Umum Müdürlüğü Yayınları
- Weinstock, M., (2004). Morphogenesis and the Mathematics of Emergence. *Architectural Design, Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, 74/3, 10-17.
- Weinstock, M., (2006). Self-Organisation and Material Constructions. *Architectural Design, Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, 76/2, 34-41.
- Weinstock, M. (2010). *Nature and Civilisation: The Architecture of Emergence*. UK: London: John Wiley&Sons Ltd.
- Wolfram, S. (2002). *A New Kind of Science*. Champaign, IL: Wolfram Media.
- Wolfram, S., (2006). How Do Simple Programs Behave. *Architectural Design*, 76 Issue 4 July/August, 34-37.
- Woods, L., (2010). Architecture as the Solid State of Thoughts: a Dialogue with Lebbeus Woods. an interview by Corrada Curti. (<http://www.cluster.eu/>)
- Worringer, W. (1985). *Soyutlama ve Özdeşleyim*. çev. İsmail Tunalı, İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Wright, F. L., (1908). In the Cause of Architecture. *Art Humanities Primary Source Reading* 51. http://learn.columbia.edu/courses/arch20/pdf/art_hum_reading_51.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Ayşegül ÇELENK ÇAVDAR, İlköğrenimini Mevlüt Selami Yardım İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2010 yılında Akçaabat Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2011 yılında Avrasya Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünü tam burslu olarak kazandı. Aynı üniversitede 2012 yılında çift anadal programı ile İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı bölümünde eğitime başladı. 2015 yılında Mimarlık bölümünden üniversite birincisi olarak mezun oldu. 2016 yılında İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı bölümünden mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. 2020 yılında "21. Yüzyıl Mimarlığında Biyo-Dijital Tasarımla Form Analizi" başlıklı yüksek lisans tezini sunmasının ardından doktora eğitimine başladı. 2020 yılından itibaren Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Çelenk Çavdar, A. ve Tavşan, C. (2025). *Mimaride Gelecek ve Deneysel Kavramının EXPO2025 Üzerinden İncelenmesi*. 8th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism, Alanya, Türkiye