



**KİNETİK MİMARİ CEPHE TASARIMINA
BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM: ÜRETKEN
TASARIM ARAÇLARI İLE ÇOK KRİTERLİ
OPTİMİZASYON VE KARAR DESTEK
SİSTEMLERİNE DAYALI BİR YÖNTEM
ÖNERİSİ**

**2024
DOKTORA TEZİ
MİMARLIK**

Abdul Samet ENGİN

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Ahmet Emre DİNÇER**

**KİNETİK MİMARİ CEPHE TASARIMINA BÜTÜNLEŞİK BİR
YAKLAŞIM: ÜRETKEN TASARIM ARAÇLARI İLE ÇOK
KRİTERLİ OPTİMİZASYON VE KARAR DESTEK
SİSTEMLERİNE DAYALI BİR YÖNTEM ÖNERİSİ**

Abdul Samet ENGİN

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Ahmet Emre DİNÇER

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalında

Doktora Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2024

Abdul Samet ENGİN tarafından hazırlanan “KİNETİK MİMARİ CEPHE TASARIMINA BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM: ÜRETKEN TASARIM ARAÇLARI İLE ÇOK KRİTERLİ OPTİMİZASYON VE KARAR DESTEK SİSTEMLERİNE DAYALI BİR YÖNTEM ÖNERİSİ” başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ahmet Emre DİNÇER

.....

Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 16/01/2024

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. İkbâl ÇETİNER (MÜ)

.....

Üye : Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK (GÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Ahmet Emre DİNÇER (AYBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Beyza ONUR (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bahar Sultan QURRAIE (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Doktora derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Abdul Samet ENGİN

ÖZET

Doktora Tezi

KİNETİK MİMARİ CEPHE TASARIMINA BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM: ÜRETKEN TASARIM ARAÇLARI İLE ÇOK KRİTERLİ OPTİMİZASYON VE KARAR DESTEK SİSTEMLERİNE DAYALI BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Abdul Samet ENGİN

**Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Ahmet Emre DİNÇER

Ocak 2024, 170 sayfa

Uyarlanabilir kinetik cephe sistemlerinin tasarımı konusu, kinetik mimarlık alanı altında özel bir ilgiyi hak eder. Cephe kabuğunda çeşitli mimari bileşenlere/elemanlara hareket kabiliyeti kazandırılması farklı bakış açıları üzerinden çok katmanlı bir yaklaşımı gerektirir. Alan ile ilgili yapılan öncül literatür ve örnek araştırmalarında kinetik cephe tasarımı konusuna belli konular temelinde yaklaşımlar olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmaların genellikle; hareketli modül tasarımı için form bulma, malzeme tercihi, performans gereksinimlerine cevap verebilirlik veya kullanıcı geri bildirim vb. gibi konular özelinde tek katmanlı denemeler olarak kısıtlı kaldığı görülmektedir. Ayrıca, iç mekân işlevsel organizasyonu farklılaşan yapılarda mekânsal gereksinimlerin cephe yüzeyine yansımaları ile ilgili literatürde örneklerle rastlanmamaktadır. Dolayısıyla; kinetik cephelerin tasarımı konusunda, mimari program ve çeşitli unsurlar dahil edilerek önerilen çok katmanlı bütüncül bir yöntem bulunmamaktadır.

Bu kapsamda, kinetik cephe sistemlerinin anlaşılması ve uyarlanabilir bir kinetik cephe sistemi önerisi geliştirebilmek adına geçmişten günümüze uygulama örnekleri, fikirler, tasarımlar ve araştırmalar literatür çalışmaları ile değerlendirilmiştir. Tez genelinde uygulamaya yönelik araştırma yaklaşımı benimsenerek; iç mekân organizasyonunun cephe yüzeyindeki kompozisyon ve hareket olgusuna yansımalarına dair kaygılar farklı konular ile irdelenmiştir. Bağlamsal literatür taramaları ile kinetik mimari ve kinetik cephelerin tarihsel gelişimi, mevcut sınıflandırmalar, kavramlar (konseptler), işlev ve performans gereksinimleri, malzeme ve hareket olgusu, kontrol strateji ve teknolojileri, tasarım yöntemleri ve cephe tasarımına etki eden bileşenler ayrı başlıklar altında açıklanmıştır. Tüm bu unsurların biçimsel ve sistemsal kararlara etkileri ile aralarındaki ilişkiler tartışılmıştır.

Literatür çalışmaları ışığında kinetik cephe tasarımlarında ve değerlendirmelerinde faydalanmak üzere kapsamlı ve bütüncül olarak tüm gerekli unsurları barındıran bir tasarım çerçevesi sunulmuştur. Tasarım unsurları çerçevesi üzerinden uyarlanabilir kinetik cephelerin tasarımı için uygulamaya yönelik olarak yedi aşamalı bir yöntem önerilmiştir. Öneri yöntemde tasarım süreci; tasarım unsurları çerçevesi üzerinden öncül kararların alınması, biçimsel ve sistemsal unsurların belirlenmesi, iç mekân mimari organizasyonuna ve performans gereksinimlerine cevap verebilirlik doğrultusunda mekân-cephe kesişimi yüzeylerinin tasarımı ile kurallı çeşitlemesi üzerinden oluşturulmuştur. Bütüncül cephe kompozisyonuna ilişkin alternatifler; cephe bileşen ilişkileri ve tasarım girdileri üzerinden belirlenen uygunluk kriterleri ile evrimsel algoritma tabanlı çok amaçlı optimizasyon araçlarından faydalanılarak türetilmiştir. Optimizasyon simülasyonu ile elde edilen geniş tasarım evreni üzerinden tercih yapmanın mümkün olmaması nedeniyle yöntemin son aşamasında bağlamsal bir değerlendirme önerilmiştir. Bu aşamada uygunluğa yakınsayan çözümler; biçimsel ve sistemsal unsurlar temelinde oluşturulan değerlendirme setleri kullanılarak çok kriterli karar verme araçları vasıtasıyla test edilmiştir. Değerlendirme sürecinde karar verme sistemlerinden “Analitik Hiyerarşi Süreci” ve “İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Sıra Tercihi Tekniği” araçlarından bütünleşik olarak faydalanılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci ile; ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak tasarım bileşenlerinin etki ağırlıklarını ve göreceli önem derecelerini belirlenmiş, İdeal Çözüme Benzerlik

Yoluyla Sıra Tercihi Tekniği yardımıyla ise çoklu alternatifler içerisinde pozitif ve negatif ideal sonuçlara yakınsayan çözümler hesaplanarak, tasarımlar sıralanmıştır. Bu değerlendirme aşaması ile tasarımcı ve paydaşlar için harici bir sayısal değerlendirme üretmek amaçlanmıştır. Sonuç olarak öneri yöntem, çeşitli tasarım yöntemleri ile oluşturulan ve farklı bağlamlara sahip örnek uygulamalar ile sınanmıştır.

Sonuç bölümünde; araştırma soruları kapsamında öne sürülen problemlere tez içerisinde gerçekleştirilen tüm çalışmalara değinerek yanıtlar sunulmuştur. Kinetik cephelerde hareketten kaynaklı dinamizmle birlikte tasarıma dinamik yaklaşımın da önemli olduğu vurgulanmıştır. Tez kapsamında iki temel sonuç ürününe ulaşılmıştır. İlk olarak, kinetik cephe tasarımı sürecini anlaşılır kılmak için tüm terminoloji gerçekleştirilen kavramsal yaklaşım ile alt başlıklar altında derlenmiş, konunun özünde tüm bileşenleri ve girdileri bir arada görmeyi sağlayan bir perspektif literatüre kazandırılmıştır. Diğer sonuç ürününde ise; iç mekân işlevleri farklılık gösteren yapılar için, mimari program özelinde mekân-cephe kesişimleri olarak tanımlanan yüzeyler yardımıyla ihtiyaçlar, etken unsurlar ve tasarım girdileri tabanında çok kriterli optimizasyon araçları kullanılarak kinetik cephe tasarım çeşitlerinin kompozisyonel bir yaklaşımla üretilmesi sağlanmıştır. Üretilen cephe tasarımı çeşitlerinin karar destek araçları ile sayısal yorumlamaları yapılmıştır. Geliştirilen bütüncül ve üretken tasarım yöntemi önerisi sayesinde tasarımcılar ve tüm paydaşlar için kapsamlı ve değişen koşullara uyum sağlama potansiyeline sahip bir kılavuz sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler : Kinetik cephe sistemleri, Üretken tasarım, Uyarlanabilir, Çok amaçlı optimizasyon, Çok kriterli karar verme

Bilim Kodu : 80111

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

**AN INTEGRATED APPROACH TO KINETIC ARCHITECTURE FACADE
DESIGN: A METHOD PROPOSAL BASED ON MULTI-CRITERIA
OPTIMISATION AND DECISION SUPPORT SYSTEMS VIA GENERATIVE
DESIGN TOOLS**

Abdul Samet ENGİN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Architecture**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Emre DİNÇER

January 2024, 170 pages

The design of adaptive kinetic façade systems deserves special attention in the field of kinetic architecture. The movement capability of various architectural components/elements in the façade envelope requires a multi-layered approach from different perspectives. From the preliminary literature and case research conducted in the field, it is observed that there are approaches to kinetic façade design on the basis of some particular issues. It is seen that these studies are generally limited to single-layer experiments on topics such as form finding for moving module design, material preference, responsiveness to performance requirements or user feedback, etc. In addition, there is a lack of examples in the literature regarding the reflection of spatial requirements on the facade surface of buildings with diversified interior functional organization. Therefore, there is not a holistic multi-layered methodology proposal for

the design of kinetic façades, encompassing the architectural program and its various elements.

In this scope, in order to understand kinetic façade systems and to develop an adaptable kinetic façade system proposal; application examples, ideas, designs and researches from past to present have been evaluated with literature studies. By adopting a practice-led research approach throughout the thesis; concerns about the reflections of interior space organization on the composition and movement phenomenon on the facade surface have been examined with different topics. Through contextual literature reviews, the historical development of kinetic architecture and kinetic façades, existing classifications, concepts, function and performance requirements, material and movement phenomenon, control strategies and technologies, design methods and components affecting the façade design were explained under separate headings. The effects of all these elements on morphology and system decisions and their interrelationships were discussed.

In the light of literature studies, a design framework that includes all the necessary aspects in a comprehensive and holistic manner was presented to be utilized in kinetic façade designs and evaluations. A seven-stage methodology was proposed for the design of adaptive kinetic façades through the framework of design aspects. In the proposed methodology, the design process was structured by adopting preliminary decisions on the framework of design elements, determining the morphology and system elements, designing the space-façade intersection surfaces in line with the architectural organization of the interior space and responsiveness to performance requirements, and their rule-based variations. Alternatives for holistic façade composition were derived from façade component relationships and design inputs by determining fitness criteria and utilizing multi-objective optimization tools based on evolutionary algorithms. A contextual evaluation was proposed in the final stage of the method since it was not possible to make a choice over the broad design universe that was obtained by optimization simulation. At this stage, the solutions that converge to fitness were tested by means of multi-criteria decision-making tools using evaluation sets based on morphological and systemic elements. In the evaluation process, "Analytic Hierarchy Process" and "Technique for Order of Preference by

Similarity to Ideal Solution" tools are utilized as decision-making systems in an integrated manner. With the Analytical Hierarchy Process, the impact weights and relative importance levels of the design components were determined by using pairwise comparison matrices, and with the help of Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, the design solutions converging to positive and negative ideal results among multiple alternatives were calculated and ranked. Through this evaluation phase, it was intended to produce an external quantitative assessment for the designer and stakeholders. As a result, the proposed methodology was tested with case studies that were created with various design methods and had different contexts.

In the conclusion section, answers to the problems put forward within the scope of the research questions are presented by referring to all the studies carried out in the thesis. It is emphasized that the dynamic approach to design is also essential, along with the dynamism arising from movement in kinetic facades. Within the scope of the thesis, two main result products have been achieved. Firstly, in order to facilitate understanding of the kinetic façade design process, all terminology has been compiled under sub-headings with the conceptual approach performed, and a perspective that enables to see all components and inputs together in the essence of the subject has been brought to the literature. In the other final product, for buildings with different interior functions, kinetic facade design variations were produced with a compositional approach by using multi-criteria optimization tools based on needs, factors and design inputs with the help of surfaces defined as space-façade intersections specific to the architectural program. Quantitative interpretations of the generated façade design variations were conducted with decision support tools. The developed holistic and generative design methodology proposal has provided a comprehensive and potentially adaptable guide for designers and all stakeholders.

Key Word : Kinetic facade systems, Generative design, Adaptive, Multi-objective optimization, Multi-criteria decision making

Science Code : 80111

TEŞEKKÜR

Uzun yıllar neticesinde emek ve özveri ile hazırlamış olduğum doktora tezimi tamamlamış olmanın gururuyla, bu bölümde bugüne kadar beni sürekli teşvik etmeye çalışan, benden yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen herkese teşekkürlerimi sunmak isterim.

Öncelikle danışmanlığımı üstlenerek; konu seçiminden, çalışmanın planlaması ve yürütülmesine kadar her zaman ilgi ve tecrübe ile yardımlarını sunan sevgili hocam Doç. Dr. Ahmet Emre DİNÇER' e çok teşekkür ederim. Tez izleme komitemde yer alarak değerli görüşleri ve mesleki tecrübeleri ile araştırmamın gelişmesinde yardımcı olan Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK ve Dr. Öğr. Üyesi Bahar Sultan QURRAIE hocalarıma çok teşekkür eder saygılarımı sunarım. Ayrıca aramızdan zamansız ayrılan rahmetli Dr. Öğr. Üyesi Yüksel TURCAN' a teşekkürü borç bilirim. Tez savunmama katılarak kıymetli eleştirileri ve görüşleriyle tezin son halini almasını sağlayan Prof. Dr. İkbal ÇETİNER ve Doç. Dr. Beyza ONUR hocalarıma katkıları ve zamanları için çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen sevgili anneme ve babama teşekkürü borç bilirim. Çalışmam süresince beni her daim teşvik etmeye çalışan, destekleyen dostlarıma, mesai arkadaşlarıma ve tüm sevenlerime teşekkür ederim.

Son olarak hiçbir zaman hakkını ödeyemeyeceğim, her şart altında yardımına koşan, beni sevgisiyle ve sabrıyla destekleyen, süreç boyunca benimle tüm duyguları paylaşan biricik eşim Gözde BUÇAK ENGİN' e tüm kalbimle sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	x
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	1
1.1. ARAŞTIRMANIN AMACI.....	3
1.2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	5
1.3. ARAŞTIRMA SORUSU.....	8
1.4. HİPOTEZ	9
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	10
2.1. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE KİNETİK MİMARİ VE KİNETİK CEPHELERİN EVRİMİ	10
2.2. KİNETİK MİMARİ VE KİNETİK CEPHELER İLE İLGİLİ TANIMLAR, SINIFLANDIRMALAR VE YAKLAŞIMLAR.....	16
2.2.1. Kinetik Mimari ile İlgili Sınıflandırmalar	18
2.2.2. Kavramlar ve Yaklaşımlar	22
2.2.3. Hareket Tipolojileri ve Malzemeler.....	27
2.2.4. Kinetik Mimaride Kontrol; Stratejiler ve Teknolojiler.....	30
2.2.5. Kinetik Cephe İşlevleri	35
2.2.6. Üretken Tasarım Stratejileri ve Yöntemleri	43
2.2.6.1. Özel Tasarım Yöntemleri.....	44
2.2.6.2. Dijital Tasarım Stratejileri	48
2.2.7. Cephe Tasarım Bileşenleri.....	57

2.3. KOMPOZİSYONEL KİNETİK CEPHE BİLEŞENLERİ, TASARIM GİRDİLERİ VE ARALARINDAKİ BAĞLAMSAL ETKİLEŞİMLER	64
3. YÖNTEM ÖNERİSİ.....	68
3.1. KİNETİK MİMARİ CEPHELER İÇİN BÜTÜNCÜL TASARIM UNURLARI ÇERÇEVESİ	68
3.1.1. Örnek İncelemeleri	71
3.1.2. Örnek İncelemelerinin Değerlendirilmesi	76
3.2. KİNETİK CEPHELER İÇİN BÜTÜNCÜL BİR TASARIM ÖNERİSİ	78
3.2.1. Mimari Tasarım Bileşenlerinin ve Girdilerinin Belirlenmesi.....	81
3.2.2. Biçimsel ve Sistemsel Kararlar.....	82
3.2.3. Performans Girdileri ve Gereksinimlerinin Belirlenmesi.....	83
3.2.4. Mekân-Cephe Kesişimi (MCK) Yüzeylerinin Tasarımı.....	83
3.2.5. Uygunluk Kriterlerinin Belirlenmesi	84
3.2.6. Çok Amaçlı Optimizasyon Süreçleri ile Tasarım Üretimi	85
3.2.7. Tasarımların Hesaplamalı Değerlendirilmesi.....	86
3.2.8. Öneri Yöntemin Uygulama Algoritması	87
4. ÖNERİ YÖNTEM UYGULAMALARI.....	89
4.1. ÖRNEK UYGULAMA – 1 : PANEL TÜREVLERİ, YÜZEY ALGILAMA, KULLANICI GÖRÜŞÜ.....	89
4.1.1. Yöntemin Adaptasyonu	91
4.1.2. Optimizasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	98
4.2. ÖRNEK UYGULAMA – 2 : MODÜL TÜREVLERİ VE KURAL SETLERİ İLE TASARIM.....	100
4.2.1. Modül Tasarımı	103
4.2.2. Yöntemin Adaptasyonu	106
4.2.3. Optimizasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	116
4.3. ÖRNEK UYGULAMA – 3 : MEKÂN-CEPHE KESİŞİM YÜZEYLERİNİN ALTERNATİF BÖLÜMLENMELER İLE TASARIMI.....	117
4.3.1. Yöntemin Adaptasyonu	119
4.3.2. AHP ve TOPSIS ile Karmaşıklık Testi	124
4.3.3. Karmaşıklık Testinin Değerlendirilmesi.....	132

5. SONUÇ	134
5.1. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER	134
5.2. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	141
KAYNAKLAR	144
EK AÇIKLAMALAR A	152
EK AÇIKLAMALAR B	161
EK AÇIKLAMALAR C	165
ÖZGEÇMİŞ	170

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Tez Çalışmasının Akış Şeması	6
Şekil 2.1. Fun Palace – Kaynak: Cedric Price Arşivleri, Canadian Centre for Architecture.....	12
Şekil 2.3. Paris Arap Dünyası Enstitüsü – Jean Nouvel	13
Şekil 2.2. Kinetik Mimarinin Kronolojik Gelişimi	15
Şekil 2.4. Kinetik Mimari Uygulama Sınıfları.....	20
Şekil 2.5. Schnädelbach Uyarlanabilir Mimari Kavramsal Çerçevesi.....	23
Şekil 2.6. Bina Tasarım Konseptleri ve Kinetik Mimari	25
Şekil 2.7. Rijit Mimari Elemanların Hareketi	29
Şekil 2.8. Şekil Değiştirebilir Mimari Elemanların Hareketi.....	30
Şekil 2.9. Akıllı Mimari Kontrol Sistemleri	31
Şekil 2.10. Fox ve Yeh'in Heuristik Duyarlı Doğrusal olmayan – Uyarlanabilir Çatı Işıklığı Sistem Önerisi.....	32
Şekil 2.11. Çevresel Koşullar ve İç Mekan Konfor Bağlamı.....	38
Şekil 2.12. Morfogenetik Mimari Çerçevesi.....	45
Şekil 2.13. Pinero' un Makas Mekanizması.....	46
Şekil 2.14. Hoberman' ın Iris Kubbesi	46
Şekil 2.15. Snelson' un Gerilim Bütünlüğü Yapısı Patenti.....	47
Şekil 2.16. Tesselasyon Örnekleri.....	47
Şekil 2.17. Dijital Tasarım Stratejileri	48
Şekil 2.18. Dijital Tasarım Stratejilerinin Sınıflandırılması	49
Şekil 2.19. Temsili Yöntemler Süreç Algoritması	50
Şekil 2.20. Parametrik Yöntemler Süreç Algoritması.....	51
Şekil 2.21. İnteraktif Tasarım Süreç Algoritması	52
Şekil 2.22. Üretken Algoritma Stratejileri Süreç Algoritması.....	52
Şekil 2.23. Yapay Zekâ ve Alt Kümeleri	55
Şekil 2.24. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Arasındaki Fark	55
Şekil 2.25. Sheung Wan Hotel Modeli.....	59
Şekil 2.26. <i>DrAFT</i> modeli çerçevesinde tasarım aşamaları	60

Şekil 2.27. Uyarlanabilir Solar Cephe Tasarım Kompozisyon Kararları.....	61
Şekil 2.28. Modüler Cephe Bölümlenme Örneği – 1	62
Şekil 2.29. Modüler Cephe Bölümlenme Örneği – 2.....	62
Şekil 2.30. Kısıtlama Temelli Biçim, Stil ve İşlev Sistemi [87]	63
Şekil 3.1. Kinetik Cepheler Özelinde Bir Sınıflandırma Çerçevesi.....	69
Şekil 3.2. Arap Dünyası Enstitüsü (Institute du Monde Arabe)	72
Şekil 3.3. Kiefer Teknik Galerisi (Kiefer Technic Showroom).....	73
Şekil 3.4. Thyssen Krupp HQ	73
Şekil 3.5. Media-TIC Binası	74
Şekil 3.6. Al-Bahr Kuleleri	74
Şekil 3.7. Körfez Bahçeleri (Gardens by the Bay).....	75
Şekil 3.8. One Ocean Pavyonu.....	75
Şekil 3.9. SDU Kampüs Binası	76
Şekil 3.10. Bütüncül Tasarım Önerisi, Akış Diyagramı ile Aşamaların Açıklanması	80
Şekil 3.11. Biçimsel ve Sistemsel Unsurlar	82
Şekil 3.12. Mekân-Cephe Kesişimi Yüzeylerinin Tanımlanması.....	84
Şekil 3.13 Bütüncül Tasarım Önerisi Uygulama Algoritması	87
Şekil 4.1. Örnek Uygulama – 1’ de Kullanılan Kinetik Cephe Unsurları.....	90
Şekil 4.2. Örnek Uygulama – 1 / Tasarım Yöntemi Algoritması.....	91
Şekil 4.3. Mimari Program Mekân İsmi Algılama ile Yüzey Tanımlama	92
Şekil 4.4. Cephe Yüzeyinin İç Mekân İşlevlerine göre Bölümlendirilmesi	92
Şekil 4.5. Panel-0, Yarı Saydam Dönebilen Panel Algoritması.....	93
Şekil 4.6. Panel-1, Yarı Saydam Perforasyonlu Dönebilen Panel Algoritması	93
Şekil 4.7. Panel-2, Saydam Olmayan Bükülerek Dönen Panel Algoritması	93
Şekil 4.8. Iso-vist Yöntemi ile Kullanıcı Görme Alanının Bulunması	95
Şekil 4.9. Paralel Koordinat Şeması – Uygunluk kriterleri.....	96
Şekil 4.10. Tüm Popülasyonun Hedef Uzayında Gösterimi	97
Şekil 4.11. Son Neslin ve Paretoların Hedef Uzayda Gösterimi.....	97
Şekil 4.12. a) UK3 için Optimum Sonuçlar, b) Pareto Sonuçlar, c) Son Pareto Birey (bkz. Şekil 4.13)	99
Şekil 4.13. Son Pareto Birey (Nesil 19 – Birey 17) Cephe Görseli ve Verileri.....	99
Şekil 4.14. Örnek Uygulama – 2’de Kullanılan Kinetik Cephe Unsurları.....	101

Şekil 4.15. Örnek Uygulama – 2 için Tasarım Yöntemi Algoritması.....	102
Şekil 4.16. Modül Bölümlenmesi	103
Şekil 4.17. Modül Hareketi	103
Şekil 4.18. Modülün Görsel Programlama ile Hazırlanması (Rhinceros + Grasshopper)	104
Şekil 4.19. Modül Panellerinin Hareket Etmesini Sağlayan Parametreler.....	104
Şekil 4.20. Birim Modül Fenotip ve Genotip Tanımları.....	105
Şekil 4.21. Birim Modüller için Açık ve Kapalı Durumlar.....	105
Şekil 4.22. Yarı Saydam ve Opak Modüllerin Görsel Programı (Grasshopper).....	106
Şekil 4.23. Perforasyonlu Modülün Görsel Programı (Grasshopper).....	106
Şekil 4.24. V Konutu, 1,2 ve 3. Kat Planı Analizleri.....	107
Şekil 4.25. V Konutu Cephe Görüntüsü ve Mekân-Cephe Kesişim Analizi	108
Şekil 4.26. Yeşil Etiketli Cephe Python Scripting	108
Şekil 4.27. Colibri Iterator ile Yüzey Varyasyonlarının Oluşturulması.....	109
Şekil 4.28 Yeşil Etiket MCK Yüzeyi Çeşitleri	111
Şekil 4.29. Mavi Etiket MCK Yüzeyi Çeşitleri	111
Şekil 4.30. Kırmızı Etiket MCK Yüzeyi Çeşitleri	111
Şekil 4.31. Cephenin MCK Tabanlı Bölümlenmesi , 9br *3br Izgara Düzen ve Düğüm Noktaları.....	112
Şekil 4.32. Düğüm Noktaları ve Modül(1)' ler arasındaki mesafe ilişkisi	113
Şekil 4.33. WallaceiX Optimizasyon Simülasyonu Parametreleri.....	113
Şekil 4.34. Nesil-100 ve Pareto Çözümlerin Birleşim Kümesi.....	114
Şekil 4.35. Örnek Gösterim, Nesil-100 ve Pareto Çözümlerden Ç12 (Sol Üst), Ç14 (Sağ Üst), Ç15 (Sol Alt), Ç17 (Sağ Alt)	114
Şekil 4.36. Tasarımın 3 Boyutlu Gösterimi (Birey: Nesil97, Ç16).....	115
Şekil 4.37. Çözüm Evreninden Seçilen Bireylerin Gösterimi ve Analiz Edilmesi (WallaceiX Analiz Penceresi)	115
Şekil 4.38. Standart Sapma Grafikleri ile Simüle Edilen Alternatifler Uygunluklarının Değerlendirilmesi	116
Şekil 4.39. Örnek Uygulama – 3' de Kullanılan Kinetik Cephe Unsurları	118
Şekil 4.40. Örnek Uygulama – 3 için Tasarım Yöntemi Algoritması.....	119
Şekil 4.41. Cephe Yüzeyinin İç Mekân İşlevlerine İlişkin Bölümlenmesi	120
Şekil 4.42. Parametrik Cephe Tasarım Algoritması.....	120

Şekil 4.43. Cephe Biçimi Alternatifleri.....	121
Şekil 4.44. Cephe Biçimi Seçimleri	121
Şekil 4.45. Mekân-Cephe Kesişimi Yüzey Seçimi	121
Şekil 4.46. Seçilen Yüzeylerin Bölümlenmesi.....	122
Şekil 4.47. Bölümlenen Yüzeylerde Panel/Modül ve Hareket Ekseninin Seçimi ...	122
Şekil 4.48. Bölümlendirme Örüntü Tipleri	123
Şekil 4.49. AHP ve TOPSIS Değerlendirmesinin Yapısı	126
Şekil 4.50. Tasarlanan Cephe Konfigürasyonlarının Karmaşıklık Oranı (Cr) Sıralamaları	132
Şekil 4.51. Tasarım Çözümlerinin Bileşen Etki Ağırlıkları.....	133
Şekil Ek A.1. Arap Dünyası Enstitüsü Diyagramı.....	153
Şekil Ek A.2. Kiefer Teknik Galerisi Diyagramı.....	154
Şekil Ek A.3. Thyssen Krupp HQ Diyagramı.....	155
Şekil Ek A.4. Media-TIC Binası Diyagramı.....	156
Şekil Ek A.5. Al-Bahr Kuleleri Diyagramı.....	157
Şekil Ek A.6. Körfez Bahçeleri Diyagramı.....	158
Şekil Ek A.7. One Ocean Pavyonu Diyagramı	159
Şekil Ek A.8. SDU Kampüs Binası Diyagramı.....	160
Şekil Ek C.1. Örnek Uygulama – 1 Görsel Programlama	166
Şekil Ek C.2. Örnek Uygulama – 2 Görsel Programlama	167
Şekil Ek C.3. Örnek Uygulama – 3 Görsel Programlama	168
Şekil Ek C.4. Örnek Uygulama – 3 AHP Hesaplamalar Görsel Programlama	169

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Geleneksel ve Çağdaş Farklı İklimlendirme Örnekleri	2
Çizelge 2.1. Kinetik Mimari Makine Tipleri	19
Çizelge 2.2. Mimaride Kinetik Sistemlerin Sınıflandırılması.....	21
Çizelge 2.3. Kinetik Mimari Sınıflandırma Yaklaşımları	21
Çizelge 2.4. Akıllı Mimari Kontrol Sistemleri	31
Çizelge 2.5. Kontrol Sistemleri Sınıflandırmaları	33
Çizelge 2.6. Duyarlı Cephe Sistemlerinde duyar, tahrik ve kontrol teknolojileri.....	34
Çizelge 2.7. Akıllı Cepheler Kategori ve Eleman Envanterleri	35
Çizelge 2.8. Cephe Uyarlanabilirliği Nitelendirme Konseptleri	37
Çizelge 2.9. Cephe İşlevleri ve Uyarlanabilirlik Süper-pozisyon Matrisi	39
Çizelge 2.10. İç Mekandan Dışarı Doğru Görme Analizi – Isovist Yöntemi	42
Çizelge 2.11. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Arasındaki Farklar	56
Çizelge 2.12. Cephe Bileşenleri ve İlişkili Parametreler	58
Çizelge 2.12. Düzensel Perspektiften Cephe Bileşenleri ve Tasarım Girdileri	64
Çizelge 2.13. Bileşenler arasındaki ilişkiler.....	66
Çizelge 3.1. Örnek Yapıların Değerlendirme Kriterleri Özelinde Nitelikleri Tablosu	77
Çizelge 4.1. MCK Yüzeyler için Kurallar	94
Çizelge 4.2. Cephe Tasarım Konfigürasyonu	124
Çizelge 4.3. Üretilen Cephe Konfigürasyonlarının Görselleri.....	124
Çizelge 4.4. Tasarım Bileşenlerinin Hesaplama Formülleri	127
Çizelge 4.5. Cephelyi Biçimlendiren Tasarım Bileşenlerinin Göreceli Önem Dereceleri	129
Çizelge 4.6. Normalize Karşılaştırma Matrisi	129
Çizelge 4.7. Tutarlılık Kontrolü için λ (Lambda) ve λ_{max} Değerlerinin Hesaplanması	129
Çizelge 4.8. Rastgele İndeks Değerleri	130
Çizelge 4.9. En Basit ve En Karmaşığın Göreceli Yakınlıkları.....	131

Çizelge Ek B.1. Paris Arap Dünyası Enstitüsü Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları	162
Çizelge Ek B.2. Kiefer Teknik Galerisi Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları	162
Çizelge Ek B.3. Thyssenkrupp Yönetim Binası Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları	162
Çizelge Ek B.4. Media-TIC Binası Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları	162
Çizelge Ek B.5. Körfez Bahçeleri Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları	163
Çizelge Ek B.6. Al-Bahr Kuleleri Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları	163
Çizelge Ek B.7. One Ocean Pavyonu Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları.....	163
Çizelge Ek B.8. SDU Kampüs Binası Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları.....	163
Çizelge Ek B.9. Biçim ve Sistem Unsurları Karşılaştırmaları için Bileşenlerle İlgili Kullanılan Kısaltmalar.....	164

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Σ	: Toplam Sembolü
$f(x)$: Fonksiyon
λ	: Eigen Değer (Lambda)

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
DGI	: Daylight Glare Index (Gün Işığı Parlama Endeksi)
DGP	: Daylight Glare Probability (Gün Işığı Parlama Olasılığı)
UDI	: Usefull Daylight Illuminance/Index (Faydalı Gün Işığı Aydınlatması/Endeksi)
TOPSIS	: The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Sıra Tercihi Tekniği)

1. GİRİŞ

Günümüzde iklimlendirme, gölgeleme ve havalandırma gibi çeşitli amaçlar ile kullanılan çevreye duyarlı (environment responsive), uyarlanabilir (adaptive) hareketli cephe sistemleri, gelişen teknolojinin mimar ve mühendislere sağladıkları katkılar ile hem tasarım hem de işlevsel yönden birçok imkân sunar. Geçmişten günümüze ortaya konulan mimari örnekler (konut, idari yapı, kırsal yapılar vb.) gelecek nesillerde varlığını devam ettirebilmek için çeşitli kaygılarla inşa edilirler. Çevreye daha az zarar verecek şekilde doğal kaynaklardan yararlanmak için mimari teknikler ve çözümler de eş zamanlı olarak gelişmektedir. Bu geliştirilen sistemler süreç içerisinde kalıcı olmuş ya da üzerlerine yeni eklemeler yapılarak günün şartlarına uygun hale getirilerek değerlendirilir. Bu uygulamaların etkinliğini kaybetmeden yüzyıllar boyunca süregelmesi, onların çevresel faktörler ile uyumluluk derecelerini ve sürdürülebilirlik açısından katkılarını ortaya koymaktadır.

Geçmişten günümüze tecrübe ve teknoloji ile gelişen mimari örneklerde insanların çevresel etmenlerden faydalanmak için çeşitli yollara başvurduğu görülür. Çatı yüzeylerinin şekillenışı, bina ya da mekânda doğal havalandırma sağlayabilmek için cephelerde yeterli ve gerekli boşlukların (pencere, kapı vb.) açılması veya tabiat kurallarının yardımına başvurarak, yüzeylerde çeşitli stabil sistemlerin (giliste: hayat bölümünde odun yığılan yer, malkaf: rüzgâr yakalayıcı, panjur vb.) oluşturulması gibi yöntemleri dünyanın çeşitli bölgelerinden yerel mimari elemanlar ve/veya üsluplar ile örneklendirmek mümkündür. (Çizelge 1.1)

Geleneksel mimaride kazanılan ve günümüze kadar gelmiş olan tekniklerin gelişen teknoloji ile birleşmesi sonucu, geleneksel mimarinin de etkilerini üzerinde görebildiğimiz çağdaş aktif cephe iklimlendirme sistemlerine günümüzde sıkça rastlanmaktadır.

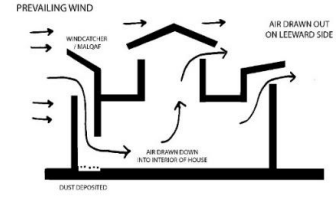
Çizelge 1.1. Geleneksel ve Çağdaş Farklı İklimlendirme Örnekleri



Rüzgâr Yakalayıcı -
Geleneksel (Windcatchers)



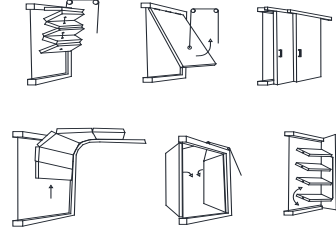
Rüzgâr Yakalayıcı – Geleneksel (Malkaf)



Maşrabiye - Geleneksel
(Mashrabiya)



Giliste (Geleneksel)



Panjur sistemleri (Çağdaş)

Son yıllarda, mimarlar ve mühendisler arasında değişen iklimsel koşullara uyum sağlayan ve bina kullanıcılarının ihtiyaçlarına cevap veren kinetik cephelere bir ilgi söz konusudur [1].

Şehrin sosyal alanları ile etkileşim halindeki binaların dış katmanı olan cephelerin bütüncül kompozisyonu, tasarım sürecinde yadsınamaz bir öneme sahiptir. Bu konu kapsamında, çevresel etmenlerden daha fazla faydalanabilmek ve/veya ondan korunabilmek için günümüzde teknolojinin de imkanlarından faydalanılarak çok farklı tasarımlar ortaya koyulabilmektedir. Bina cepheleri binanın içi ve dış çevresi arasında belirgin değişim ile dış iklim koşullarına karşı koruma ve düzenleme işlevini yüklenen karmaşık sayılabilecek bir ara yüzdür [2,3]. Özellikle, hareketli cephe sistemleri durağan olmaması ve birden fazla duruma farklı şekillerde cevap verebilmesi açısından günümüz bilgisayar destekli mimari tasarım konuları içerisinde en çok çalışılan konulardan biridir.

Çevreye duyarlı dinamik cephe sistemleri günümüzde genellikle binalara çevresel faktörlere cevap verebilme yetisini kazandırmayı amaçlamaktadır. Bu alandaki uygulama örnekleri ve akademik çalışmalar, aynı amaçlar doğrultusunda

kullanılabilecek yeni modüler sistemler ya da bütüncül cepheler tasarlayabilmek; geleneksel temsili yöntemler veya üretken tasarım yöntem ve stratejileri ortaya koymak ile mevcut sistemleri geliştirmek veya optimize etmek üzerine yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışma dahilinde kinetik cepheler özelinde birtakım tespitler yapılmaktadır. Uyarlanabilir kinetik cephe sistemlerinin, başlangıç aşamasından itibaren, analiz, tasarım, test, üretim, uygulama süreçleri, kullanıcı faktörü ve kullanıcı geri dönüşlerinin toplanmasına kadar birçok noktada benzerlikler olmakla birlikte farklar ve/veya sorunlar olduğu açık bir şekilde söylenebilir. Temel fark ve sorunların oluşma biçimleri örneklerin üretim aşamalarına özel çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Benzerlikler ise; kinetik cepheleri oluşturan temel bileşenler ve kaygılar üzerinden şekillenmektedir.

Tespit edilen konu ve sorunlara ilişkin detaylı literatür çalışmaları neticesinde geçmişten günümüze gerçekleşen kinetik mimariye dair örnekler ve ürünler incelenmiş, farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen kinetik cephe sınıflandırmaları derlenmiştir. Elde edilen veriler ile kinetik cepheler için cephe bileşenleri ve tasarım girdileri üzerinden bileşimsel olarak kurgulanan bütüncül bir tasarım yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, örnek tasarım çalışmaları üzerinde test edilmiştir. Üretken tasarım yöntemleri ile elde edilen geniş tasarım çözüm evrenlerini sınırlandırmak için çok amaçlı optimizasyon araçları kullanılmıştır. Sınırlı çözüm kümelerinin kavramsal zeminde nicel ve nitel olarak yeniden yorumlanabilmesi için çok kriterli karar verme sistemlerinden faydalanılmıştır.

1.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Kinetik cephe sistemlerinin tasarım sürecinde, uygulanmasında ve uygulama sonrasında alınacak geri besleme bilgilerinin değerlendirilmesi ve optimizasyonu konusunda birçok etmen ele alınır. Bu bağlamda; çalışma çerçevesinde, günümüz teknolojisi ile kinetik cephe sistemlerinin geldiği noktanın, örnekler ve çalışmalar incelenerek değerlendirilmesi; bir mimari öge olarak hareket konusunun anlaşılması üzerine bir temel oluşturulması; yapılan incelemeler doğrultusunda gelecekteki

çalışmalara kaynak oluşturması için uyarlanabilirlik, çevreye duyarlılık, performans, işlevsellik, üretken tasarım, kontrol teknikleri, hareket ve malzeme, mimari bileşenler vb. konular üzerinden temelde kinetik mimarlık ve kinetik cepheler ile ilgili özgün başlıkları içeren bir sınıflandırma oluşturulması amaçlardan biridir. Elde edilen sınıflandırmaya ait bileşenler ve girdiler ile üretken tasarım araçları yardımıyla temel araştırma sorusuna zmler üretebilme yetisine sahip bir kinetik cephe tasarım yaklaşımı önerisinin sunulması, bu önerinin test edilebilmesi ve çeşitli araçlarla bütüncül bir Şekilde nicel ve nitel olarak değerlendirilebilmesi ise çalışmanın en önemli özgün amacını oluşturur.

Araştırmada ortaya çıkan veriler ışığında özel bir perspektiften konuyla ilgili olarak şu değerlendirme yapılabilir. Kinetik cephe tasarımı yaklaşımlarının ve uygulamalarının genel manada kamusal yapılar olarak sınıflandırabileceğimiz ofis, okul, iş merkezi, müze, yönetim merkezi ve benzeri gibi mimari programlarla kısıtlı kaldığı görülür. Konut ihtiyacını karşılayan yapılarda ise bu durum oldukça nadirdir. Kamusal ve/veya ticari yapıların cepheye yansıyan i mekân işlevleri yapının kendi özelinde benzerlikler gösterir. Bu nedenle, kinetik cephe genelinde i mekanla ilişkili olarak cephe yüzeyinde herhangi bir farklılık görmek mümkün değildir. Bu konuyla bağlantılı olarak sistemin basitliğini/birlikteliğini sağlayabilmek adına kinetik cephe yüzeylerinde modül, malzeme, bölümlenme vb. gibi konular üzerinden tek dzelik hakimdir. Ancak; bu durum konut yapıları için doğru bir yaklaşım olamaz. Konut yapılarında mimari programda yer alan her bir i mekânın gereksinimleri farklılık gösterebilir. Bundan dolayı, konut yapılarının i mekân gereksinimleri göz önüne alınarak ve cephe kompozisyonunun yeniden örgütlenmesi ile konut yapılarına özel, monotonluktan uzak, çeşitli ihtiyaçlara cevap verebilen bir kinetik cephe tasarımı önerilmesi elzemdir.

Belirlenen bu sorunlar çerçevesinde bu çalışma kapsamında sorunların tamamına zmler sunulması mümkün olmamakla birlikte bütünleşik üretken tasarım araçları ile tasarıma ilişkin sorunlara doğrudan; işlevsel gereksinimler, kullanıcı memnuniyeti gibi konulara ise dolaylı olarak zmler retilabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca konuya yaklaşım açısından; kinetik cephelerde performans ve işlevler, modül tasarımı için form bulma ve/veya performans odaklı optimizasyon konuları bu çalışma içerisinde bahsedilmekle birlikte, çalışmanın asıl amaçları içerisinde yer almamaktadır. Çalışmanın temel amacı iç mekân işlevleri farklılaşan mimari programlarda kinetik cephe tasarımına bileşimsel/düzensel bir bakış açısıyla biçimlenişin ve görsel algının ele alınmasıdır.

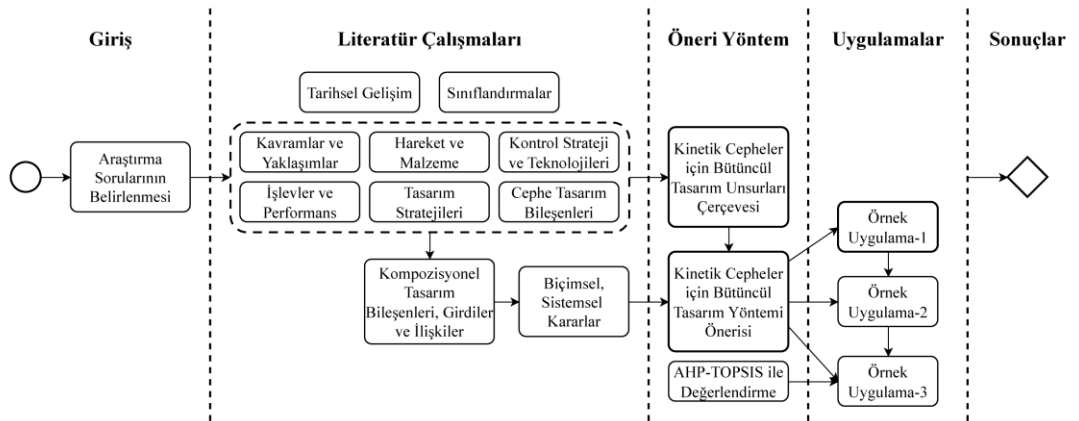
1.2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Tez çalışması içerik olarak; kinetik mimari ve cepheler özelinde geçmişten günümüze ortaya konulan uygulamaların nitelikleri ve bu uygulamalarla ilişkili yapılan kavramsal sınıflandırmalar üzerinden, mimari mekân programının bina cephesine yaratıcı süreçler ile yansımaları ve cephe düzeninin tasarımını nasıl etkileyeceği konularına detaylı biçimde yoğunlaşmaktadır. Dolayısıyla, çalışma genelinde uygulama yönelimli bir süreç takip edilmektedir. Mevcut uygulamalarda yer alan bileşenler, tasarım girdileri ve faydalanılan tasarım yöntemleri konularını ele alarak tez içerisinde belirtilen temel kaygılara cevap verebilecek kapsamlı bir yöntem sunarak mevcut tasarım yaklaşımlarına katkıda bulunabilmek için *uygulamaya yönelik araştırma (practice-led research)* yöntemi benimsenmektedir.

Uygulamaya yönelik araştırma (practice-led research) ve *uygulama temelli araştırma (practice-based research)* benzer süreçlere sahip olmaları nedeniyle araştırmalarda sıklıkla karıştırılan ve birbirini yerine kullanılabilen iki yöntemdir. Bu iki yöntemi ayıran basit bir nüans farkı vardır. Araştırma sürecinde elde edilen yaratıcı eserin kendisi bilgiye doğrudan katkı veya bilginin temeli ise kullanılan yöntem uygulama temelli (practice-based), eğer araştırma doğrudan bir eser üretimi yerine uygulamaya ilişkin yeni yaklaşımlara odaklanıyor ise uygulamaya yönelik (practice-led) olarak isimlendirilir [4]. Dolayısıyla; uygulamaya yönelik araştırma, alıştırmanın doğası ile ilgilidir. Benzer şekilde, Smith ve Dean (2009) uygulamaya yönelik araştırma için iki ana fikirden söz eder. Yaratıcı çalışmayı tespit edilebilir çıktılar üreten bir araştırma biçimi olarak tanımlar ve uygulayıcı uzmanlar/sanatçılar tarafından yaratıcı pratik süreçlerde elde edilen bilgilerin/deneyimlerin daha sonra derlenerek bilimsel çalışmaya dönüşebileceğini ifade eder [5].

Smith ve Dean' e göre uygulamaya yönelik araştırma (practice-led research), akademik araştırma ve araştırmaya yönelik uygulama (research-led practice) arasında yinelemeli döngüsel bir süreç vardır. Uygulamaya yönelik araştırmada; fikir üretimlerini takiben yaratıcı çalışma ile fikir seçimi ve fikirlerden bir sonuca varma yaklaşımı gerçekleşir. Sonuç olarak, seçilen fikirler geliştirilir ve çıktı ürünleri belgelenir. Akademik araştırmada ise, fikirler deneysel yaklaşım ile seçilir ve bilgiler/veriler ilgili teori üzerinden analiz edilir. Sonuçta, elde edilen veriler ile birtakım sonuçlar, yöntemler veya teoriler öne sürülebilir. Araştırmaya yönelik uygulamada bu iki yöntemden elde edilen yaratıcı ürün veya araştırma çıktıları teori özelinde test edilir ve yeni ürünler veya teoriler, teknikler çıktı olarak elde edilir. Bu elde edilen çıktılar bizi yeni fikirlerin ve tekniklerin uygulamasına götürür. Son uygulamalar ise bize alanda yeni fikirler üretmemize yol açarak döngüyü tamamlar [5].

Araştırma yöntemin belirlenmesine yönelik incelemelerin sonucunda tez çalışmasının strüktürü “giriş, literatür çalışmaları, yöntem önerisi, öneri model uygulamaları ve sonuç” olmak üzere 5 (beş) bölüm olarak kurgulanmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Tez Çalışmasının Akış Şeması

Tez çalışmasının yürütülmesinde uygulamaya yönelik bir araştırma süreci kurgulanmıştır. Giriş bölümünde kinetik mimari ve cephelerin nitelikleri, çerçevesi, kısıtları ve problemleri üzerinden dile getirilen kaygılar ile bir temel araştırma sorusu

öne sürülmüştür. Araştırma sorusuna ilişkin yapılan öncül arka plan araştırmaları ile konu özelinde çeşitli alt konular dikkate değer bulunmuş ve temel araştırma sorusunun kapsamı alt araştırma sorularıyla daha geniş bir perspektiften tanımlanmıştır. Alt araştırma sorularının kapsamı ile bağlamsal ve kavramsal araştırmalar genişletilerek başlangıçta tespit edilen kaygılara cevap verebilecek tüm konular değerlendirilmiştir. Kinetik cephelerin tasarımını etkileyen tüm bileşenler, tasarım girdileri ve aralarındaki bağlamsal etkileşimler kompozisyonel bir düzlemde değerlendirilmiştir.

Yöntem önerisi bölümünde ilk olarak literatür çalışmalarına dayanarak kinetik cephelerin tasarımı için gerekli tüm unsurları bir arada sunan genel bir çerçeve çizilmiştir. Eldeki bilgiler ile araştırma sorularına cevap verebilecek bir yöntem üretebilmek adına ampirik (deneysel) bir araştırma süreci yürütülmüştür. Ampirik çalışmada; literatür çalışmaları ile elde edilen *kinetik cepheler için bütüncül tasarım unsurları çerçevesine* ait bileşenlerde sürece dahil edilerek *kinetik cepheler için bütüncül bir tasarım önerisi* isimli 7 (yedi) aşamalı bir yöntem sunulmuştur. Öneri yöntemi; kinetik cephe için tasarım unsurlarının belirlenmesi, biçimsel/sistemsel kararların alınması, performans gereksinimlerinin tanımlanması, mekân-cephe kesişimlerinin tanımlanması, uygunluk kriterlerinin belirlenmesi ile çok kriterli optimizasyon sürecinin dahil olduğu bütüncül bir yaklaşımdır. Yöntemin son aşamasında ise karar destek sistemlerinden faydalanılmıştır. Çeşitli şekillerde kurgulanan örnek tasarım uygulamaları yardımıyla öneri yönteminin test edilmesi amaçlanmıştır. Örneklerle yöntemin sınanması sürecinde değerlendirme aşamasında karar destek sistemi olarak *analitik hiyerarşi süreci (AHP)* ve *ideal çözüme benzerlik yoluyla sıra tercihi tekniği (TOPSIS)* yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Örnek uygulamalardan elde edilen bilgiler tartışılmış, uygulamalara ait süreçler ve detaylar özelinde birtakım sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmaya ilişkin gerçekleştirilen tüm literatür çalışmaları, öne sürülen kavramsal çerçeve ve bütüncül tasarım yöntemi önerisi araştırma soruları kapsamında yorumlanarak değerlendirme, sonuç ve öneriler bölümünde paylaşılmıştır.

1.3. ARAŞTIRMA SORUSU

Tez kapsamında konu ile ilgili olarak yukarıda dikkat çekilen eksiklere ve problemlere açıklama getirebilmek adına **temel araştırma sorusu** şu şekilde ifade edilebilir:

“Mimari organizasyonda iç mekân kullanımlarının farklılaştığı konut vb. yapılarında bir kinetik cephe tasarımı için farklı alternatifler nasıl oluşturulabilir ve bu alternatifler arasından en iyi tasarım nasıl seçilebilir?”

Temel araştırma sorusu kapsamının geniş olması sebebiyle farklı konular özelinde ayrıntılarla ilgilenmek gerekmektedir. Bu minvalde tez çalışmasının yöntemini de belirleyecek olan **alt araştırma soruları** şu şekilde sıralanabilir:

- Kinetik mimari ve kinetik cepheler geçmişten günümüze nasıl bir evrim ve değişim geçirmiştir?
- Kinetik mimari ve kinetik cepheler ile ilgili mevcut sınıflandırmalar ve konseptler nelerdir?
- Kinetik cephe tasarımlarında göz önünde bulundurulması gereken temel bileşenler ve unsurlar nelerdir? Tüm bileşenleri kapsayıcı bütünlük bir tasarım yaklaşımı nasıl geliştirilebilir?
- İç mekân işlev değişiklikleri kinetik cephe yüzeyinin kompozisyonuna nasıl etki edebilir?
- Kinetik cephe yüzeyinde, farklı ihtiyaçlar neticesinde oluşan farklı yüzey birimlerinin birlikte örgütlenme durumları nasıl tanımlanabilir?
- Kinetik cephe kompozisyonu için oluşabilecek sayısız çeşitli örgütlenme ve tasarım seçenekleri arasından nasıl seçim yapılabilir? Seçenekler kümesini daraltmak için çok amaçlı optimizasyon araçlarından nasıl faydalanılabilir?
- Optimizasyon süreçleri için ölçütler ve hedefler nasıl belirlenebilir?
- Kinetik cephe tasarım çeşitleri arasından son seçimin yapılmasında karar verme yöntemlerinden faydalanabilir miyiz? Karar verme yöntemi için bağlamın önemi nedir?

1.4. HİPOTEZ

Konu kapsamında tespit edilen eksikler, sorunlar ve bunlara ilişkin belirlenen tezin amacı ve kapsamı doğrultusunda belirtilen temel araştırma sorusu ve alt araştırma soruları için gerçekleştirilecek literatür çalışmaları, analizler ve örnek çalışmalar ile geçerlilikleri sınanacak olan hipotezler aşağıda listelenmiştir.

- Hipotez 1 (H₁): İç mekân işlevleri farklılaşan konut yapılarında; kinetik cepheler için belirlenen tasarım bileşenlerinin ve unsurlarının birbirleri arasındaki örgütsel ilişkileri ile çok çeşitli bütüncül tasarım çözüm alternatifleri geliştirilebilir.
- Hipotez 2 (H₂): Elde edilen alternatif tasarımlar arasından, optimizasyon araçları ile kriter odaklı olarak çözüm kümesini indirgemek ve karar verme yöntemleriyle bağlam odaklı tasarım tercihi yapmak mümkün olabilir.

Tez kapsamında çalışmanın özgün değerini; konuyla ilgili problem olan mimari programa ilişkin çeşitli iç mekân işlevlerinin kinetik cephe yüzeylerine yansıma potansiyellerinin değerlendirilmesi, düzensel (kompozisyonel) bir bakış açısı ile tasarım bileşenleri ve unsurları üzerinden bütüncül bir tasarım yaklaşımı ve örnek tasarımların değerlendirme/seçilme sürecine ilişkin öneriler oluşturmaktadır. Sonuç kısmında sunulan ve sıralı aşamalar içeren model önerisi kinetik cephe uygulamalarının tasarımına aşamalı yaklaşımı dolayısıyla tasarımcıların çalışmalarına yol gösterici bir yöntem olarak katkı sağlayacaktır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Bina kabuğunu oluşturan kinetik cephe sistemleriyle ilgili hem teorik çalışmalarda hem de çeşitli uygulamalarda farklı yöntem ve yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunları kinetik mimarinin evrimsel süreci, kinetik mimari yaklaşımlar, cephe mimarisi kurgusu ve bileşenleri gibi konular altında incelemek mümkündür.

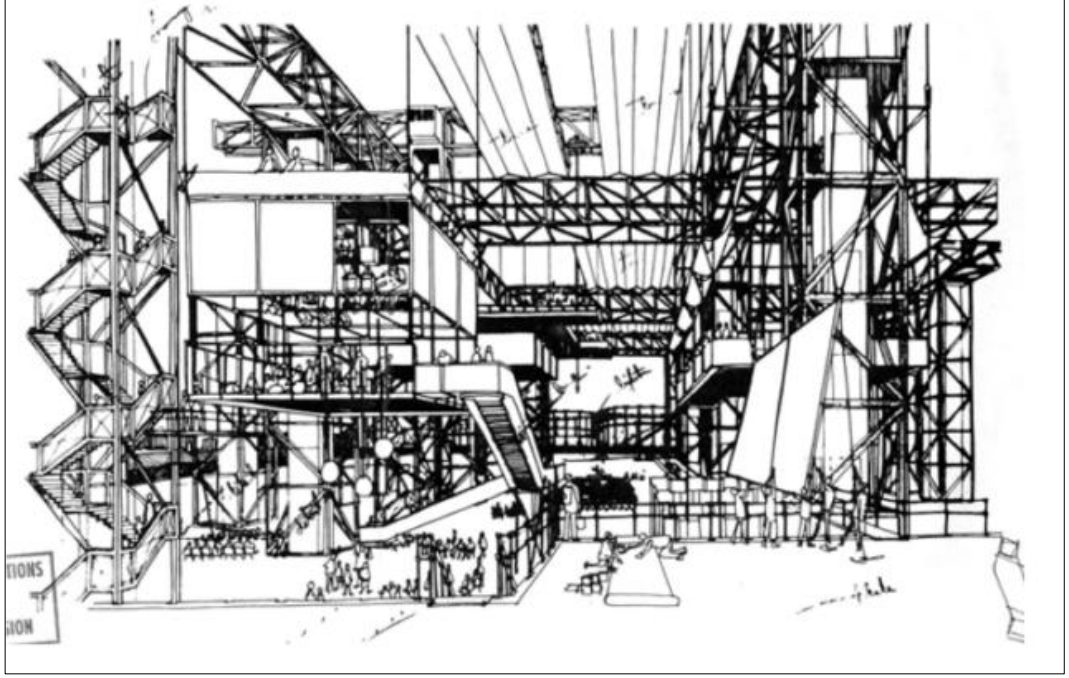
2.1. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE KİNETİK MİMARİ VE KİNETİK CEPHELERİN EVRİMİ

Bina cephelerinde kinetik yaklaşımlarla çözüm aramaya başlamadan önce durağan mimari elemanlarla performans odaklı denemeler daha yaygındır. Bunun ilk örnekleri yapı cephesinde kullanılan gölgeleme (sun-shader) elemanlarıdır. Coetsee ve Nitschke' nin [6] A. Olgay ve V. Olgay' dan [7] alıntılanarak ifade ettiği üzere; ideal durumlarda, gölgeleme elemanları doğal aydınlatmayı mümkün kılacak şekilde pencere yüzeyinde mümkün olan en az alanı kaplayarak görüşü engellemez ancak güneş ışığını en yüksek oranda engellemeyi amaçlar. Bina iklimini pasif olarak kontrol ederek kullanıcı konforu sağlar. Gölgeleme elemanları, kış aylarında binayı ısıtma amacıyla güneş ışığının iç mekâna erişmesini, yaz aylarında ise binayı daha serin tutabilmek için güneş ışığının engellenmesini sağlamak amacıyla tasarlanır. Modern mimarlığın baskın olduğu dönemlerde Le Corbusier'in bu konuya ilişkin pasif elemanlarla çözüm arayışı ilgi çekicidir. Le Corbusier'in güneş engelleyici/kırıcı (brise-soleil) tasarımları, gelecekte çağdaş bina kaplamalarının daha karmaşık hale dönüşeceğinin bir işareti olarak görülür. Günümüzde güneş ışığına karşı faydacı koruma uygulamaları, tüm yaklaşımların ve keyfi biçimlerin ötesinde özgün bir mimari tarzı yeniden geliştirmemize olanak sağlamaktadır [8]. Banham, Le Corbusier' in motivasyonlarını tartışılabilir bulsa da güneş engelleyicileri (brise-soleil) döneminin çevre yönetimi alanındaki en ustaca ve güncel yapısal yeniliği olarak tanımlar [9]. Güneş engelleyici/kırıcı (brise-soleil) tasarımlarının ilk örnekleri çeşitli performans amaçlarına sahip olsa da genel olarak dönemi itibariyle dağılım, kompozisyon ve estetik algıya yönelik temel kaygıların daha baskın olduğu yorumunu yapabiliriz.

20. yüzyılın ilk çeyreğinden itibaren, kavramsal ve temel prensipleri henüz belirlenmemiş olmasına rağmen, çeşitli ihtiyaçlar sebebiyle ve/veya gelişen teknolojinin sağlamış olduğu imkanlardan faydalanabilme umuduyla tasarımcılar, kütleli veya yüzeysel ölçekte durağan mimari elemanlara hareket kabiliyeti kazandırma uğraşına girişmişlerdir.

Öncül kinetik mimari denemeleri çerçevesinde, ilk olarak 1908 yılında Thomas Gaynor'un merkezi bir eksen etrafında dönme hareketi gerçekleştiren "Rotary Binası" tasarımı karşımıza çıkar [10]. İlk başarılı uygulama olarak ise Angelo Invernizzi'nin dairesel raylar üzerinde güneşin hareketini takip etmek için dönen tasarımı "Villa Girasole" gösterilebilir [11]. Daha sonraları ortaya koyulan çalışmalardan "Light space modülatör", mobilyalar vasıtası ile iç mekân düzenlemesini örneklerken; Yona Friedman'ın çalışmaları olan "Panel Chains" ve "Movable Boxes", iç mekân duvarları ve hacimlerin hareket edebilmesi ile savaş sonrası kalabalık nüfuslu konutlarda barınma problemlerine çözüm getirmeye çalışmıştır [12].

1958-1962 yılları arasında Cedric Price ve Gordon Pask'ın sunmuş olduğu "Fun Palace (Şekil 2.1)" tasarımı ile inşa edilen, sökülüp yeniden işlevlendirilebilen, hareketli sosyal bir makine çerçevesi yaratılmıştır [12]. Kinetik mimarinin düşünsel devrimi ve yeninin aranmasına dair fikirler *Fun Palace* ile başlamıştır. Buna bağlı olarak, takip eden yıllarda, Cedric Price, Gordon Pask, Yona Friedman, Peter Cook, Nicholas Negroponte, Ron Herron, Buckminster Fuller ve Frazer vd. gibi araştırmacı ve tasarımcılar, dönemin tetikleyici akımı fütüristik düşünce ile yeni fikirler ve konseptler ortaya koymuşlardır.



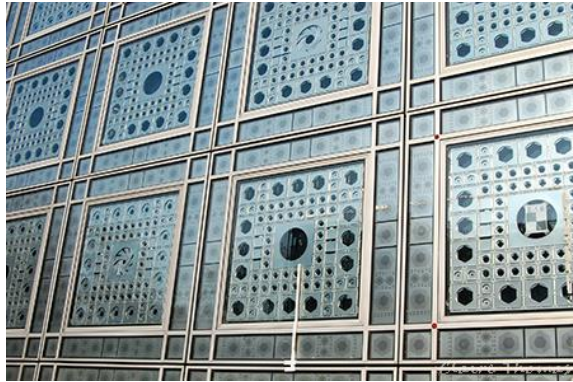
Şekil 2.1. Fun Palace – Kaynak: Cedric Price Arşivleri, Canadian Centre for Architecture

1970 yılında William Zuk ve Roger H. Clark tarafından yazılana kadar, bu süreçte kinetik mimariye dair herhangi bir sistematik kavramsal çerçeve ortaya konmamıştır. Ekibin “Kinetik Mimari” adlı çalışması hareketli tüm yapıları (mimari elemanlar dahil) birer makine olarak kabul ederek ve bu makineleri, işlevsel, kontrol mekanizmaları, çalışma prensipleri vs. olmak üzere birçok kategoride sınıflandırmayı denemiştir [13]. Takip eden yıllarda birçok araştırmacı kinetik mimariyi, mimari makineleri, hareketli mimari bileşenleri, bunların kontrol, denetleme, algılama araçlarını, etkileşimli malzemeleri ve kinetik mimariye ilişkin konseptleri farklı bakış açılarından değerlendirmiş ve sınıflandırma çabasında bulunmuşlardır .

Negroponte öncülüğünde kurulan “Architecture Machine Group” ekibi insan ve akıllı makinelerin etkileşimi üzerinde durmuşlardır. Bu sayede sensör tabanlı verileri veya doğrudan girdileri işleyebilen ve öğrenebilen “The Architecture Machine” ismini verdikleri bir cihaz ortaya çıkarmışlar ve bir kitap olarak yayınlamışlardır [14]. Bu ve benzeri çalışmalar ile; veriler ve girdiler eşliğinde anlık değişimlere/gereksinimlere uyum sağlayabilecek veya cevap verebilecek mimari makinelerin yavaş yavaş önü açılmaya başlanmıştır. Buna örnek olarak Price ve Frazer’ın ortak çalışması olan “The

Generator Project” gösterilebilir [15]. Burada projenin amacı gömülü bir zekaya ve davranışa sahip, kullanıcının dileklerine cevap verebilecek şekilde farklı mekân konfigürasyonlarını mümkün kılacak fiziki bir arayüze sahip bir bilgisayar programı tasarlamaktır. İnşa edilememiş ve bir arayüz olarak kalmış olmasına karşın dönemi için önemli ve birçok yenilikçi fikre sahip bir çalışmadır.

İnşa edilen ilk ve en önemli kinetik mimari örneklerden biri Paris Arap Dünyası Enstitüsü (Şekil 2.3) olarak bilinen binanın cephesidir [16]. Jean Nouvel tasarımında Arap yarımadası ve çevresinde yaygın olan *mashrabiya* benzeri süsleme motiflerinden esinlenerek, açılır kapanır fotoğraf makinesi diyaframına benzeyen modüller ile bina cephesinde bir doku kurgulamıştır. Cephe üzerinde yer alan bu modüller, diyafram gibi açılıp kapanabilme özelliğine sahiptir. Temel amaç günün farklı zamanlarında cephedeki elemanların hareketi ile gün ışığının iç mekâna geçişini gerekli şekillerde sağlayarak doğal aydınlatmanın sağlanmasıdır. Ancak bu tasarım sonraki yıllarda malzemenin ve sistemin doğası ortaya çıkan friksiyon problemleri nedeniyle bakım maliyetlerinin sürdürülebilir olmamasından dolayı belli bir konfigürasyon ile ayarlanmış ve tekrar hareket etmemek üzere sabitlenmiştir. Buna rağmen yapı ilk önemli ve büyük çaplı bir örnek teşkil etmesi nedeniyle, kinetik cephe mimarlığı konusunda değişmez bir yere sahiptir.

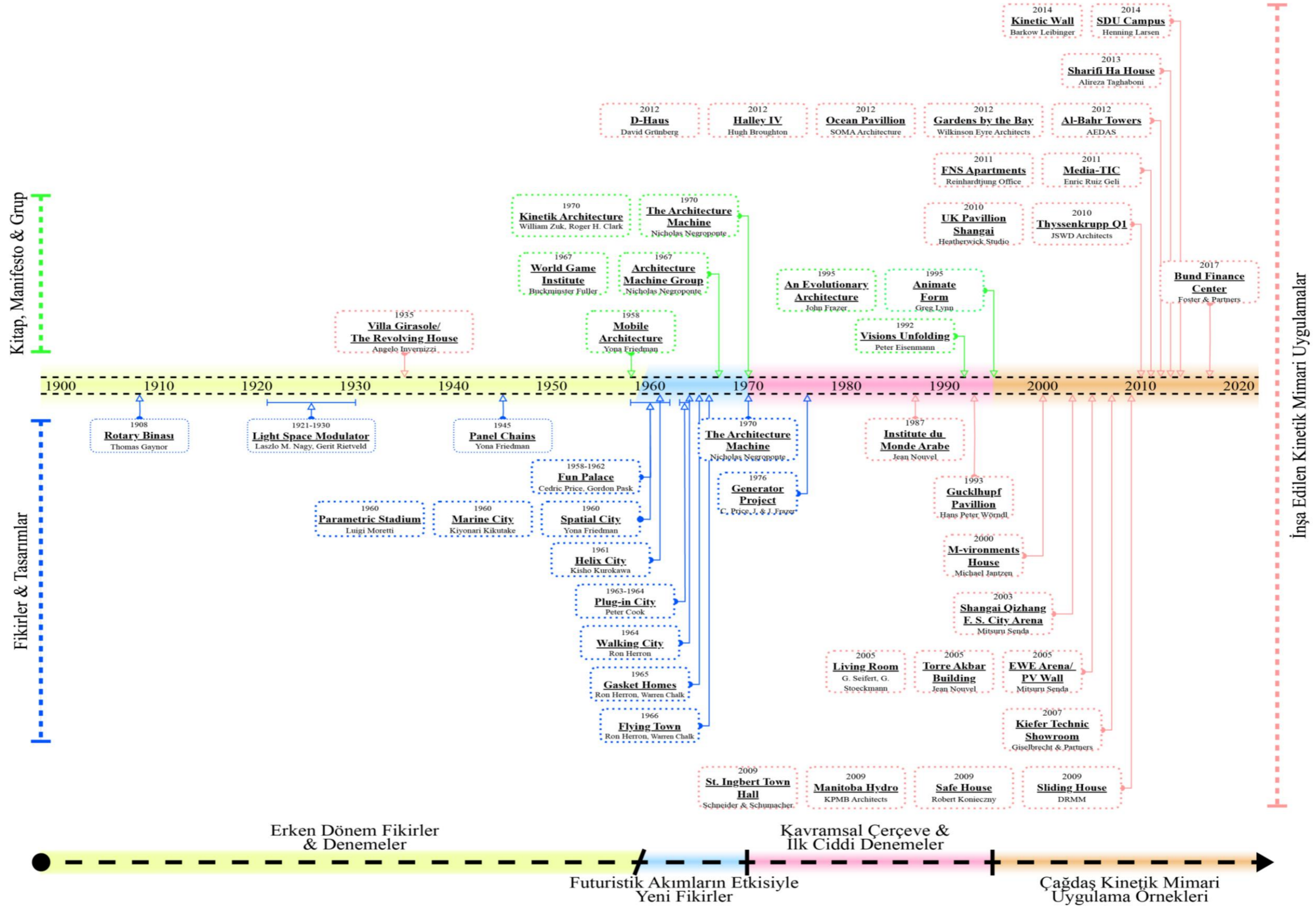


Şekil 2.3. Paris Arap Dünyası Enstitüsü – Jean Nouvel

1990 sonrasında bilgisayar teknolojisinin herkes tarafından elde edilebilir bir seviyeye gelmesi, mimari üretim ve destek programlarının ortaya çıkması ile nesnelerin hareketini kolaylaştırıcı kontrol devrelerinin yaygınlaşması ve sensor teknolojisinin

gelişerek daha ulaşılabilir duruma gelmesiyle, kinetik mimari ve kinetik cepheler üzerine uygulama örneklerinin ortaya çıkışı hız kazanmıştır.

Şekil 2.2' de mimaride kinetik yaklaşımlar ile ilgili olarak çeşitli örnekler gerçekleşme dönemlerine ve çalışmanın türüne göre; kitap/manifesto/çalışma grubu, fikir/tasarım ve inşa edilen yapı başlıkları altında derlenmiştir.



Şekil 2.2. Kinetik Mimarinin Kronolojik Gelişimi

2.2. KİNETİK MİMARİ VE KİNETİK CEPHELER İLE İLGİLİ TANIMLAR, SINIFLANDIRMALAR VE YAKLAŞIMLAR

Kinetik bilimi ve kinematik (devinim bilimi) birbirlerini tamamlayan ve birbirleri ile bağıntılı iki mekanik bilim alanıdır. Kinetik bilimi sözlük anlamı olarak; kütlelerin hareketinin üretilmesi veya değişmesini sağlayan kuvvet aksiyonları ile ilgilenen mekanik dalı iken, kinematik; kütle veya kuvvet referansları dahil olmadan saf hareket ile ilgilenen mekanik dalıdır [17].

Farklı bir açıdan ise Schumacher ve ekibi kinematiği hareketin geçici süreci ve bir veya daha fazla nesnenin zaman içerisinde geometrik yerinin değişmesinin işlenmesi ile ilişkilendirir. Kinetik sistemleri ise, statik sistemin tanımı ile açıklamaya çalışmaktadır. Nesneye etkiyen tüm kuvvetlerin eşitlik halinde olduğu durum statik durum olarak kabul edilmek ile birlikte, bu etkin kuvvetlerden herhangi birinin diğerleri üzerinde baskın gelmesi halinde durum hareket ile sonuçlanır, bu ise statik sistemin, kinetik sisteme dönüştüğü andır [18]. Terzidis' e göre kinetik formun asıl amacı süregelen hareketi hareketsiz strüktür üzerinden ifade edebilmektir. Dolayısıyla kinetik form/yapı hareketsiz strüktürün bir uzantısı olarak kabul edilebilir. Kinetik formun hareketliliği doğrudan hareketin yanı sıra biçimsel olarak da ifade edilebilir [19].

Kinetik bilimi ile ilintili olarak Schumacher hareket prensipleri kapsamında hareketin iki türü olduğunu öne sürer. Bunlar, dijital hareket ve analog harekettir. Dijital hareket, kinetik enerjiye sahip nesnenin hareket durumunun önemsiz olduğu, sadece başlangıç ve bitiş durumlarının önem arz ettiği tür olarak açıklanabilir. Kapı ve pencerelerin hareket halindeki konumlarından bağımsız olarak yalnızca açık veya kapalı olarak irdelenmesi bu tanıma bir örnek olabilir. Analog hareket ise; hareket kabiliyeti kazanmış nesnenin başlangıç ve bitiş konumlarından bağımsız olarak, değişim durumunun da önem arz ettiği hareket türüdür. Güneşin hareketine duyarlı hareket ederek açı değiştiren bina cephe gölgelendirme elemanları bu duruma örnek olarak verilebilir. Nesnenin bulunduğu konum önem arz etmesi sebebiyle dijital hareket hızlı bir hareket süreci olarak kabul edilebilir. Analog hareket ise hareketin ve değişim

sürecinin, şekil-konum-durum açısından önem arz etmesi nedeniyle yavaş bir süreç olarak açıklanabilir [18].

Fox ve Kemp' e göre kinetik hareket çeşitli ölçek ve uygulamalarda fiziksel adaptasyon gereksiniminden dolayı ortaya çıkar ve dolayısıyla kinetik kavramı mimarlıkta neden-sonuç ilişkilerini ifade eder [20]. Kronenburg kinetik sistemleri, binaların ve/veya bina bileşenlerinin değişken mobilitesi, değişkenin yeri ve/veya değişken geometrisi olarak tanımlar [21]. Megahed'e göre ise kinetik sistemler, malzemelerin yada mimari bileşenlerin katlanma, kayma, genişleme, pnömatik, kimyasal, manyetik, doğal veya mekanik anlamlarda her yönde şekil değiştirmesi ile mümkündür [22].

Bina cepheleri, yapının içi ve dış çevresi ile ilişkisini sağlayan yapıyı kuvvetli dış etmenlerden koruma ve düzenleme kapasitesine sahip kompleks bir ara yüzdür. Kinetik cephenin temel düzenleyici işlevleri; değişim, kontrol ve duyarlı olmak olarak kabul edildiğinde; bu sistemlerin çevresel uyarıcılara dinamik bir şekilde cevap vermek ve belirli parametreler ile arzulanan amaçları karşılamak adına uygulandığı bir gerçektir [3]. Dolayısıyla, kinetik cephelere çeşitli bilgisayar, mekanik ya da elektronik sistemlerle desteklenerek hareket kabiliyeti kazandırılmış yapı kabuğu sistemleri de diyebiliriz. Bu sistemler çağdaş mimaride çift cidarlı cephe sistemleri olarak tanımladığımız kontrollü havalandırma, doğal ısıtma-soğutma ve doğal ışıklandırma için faydalandığımız sistemlerin hareket kabiliyeti kazandırılmış hali olarak da tanımlanabilir.

Kinetik mimari, çeşitli nedenlerle çağdaş tasarımlarda ve denemelerde kendisine yer edinir. Bu nedenler geniş bir perspektiften bakıldığında her bir farklı tasarımda benzer nitelikler taşımakla birlikte tamamen aynı kaygılar veya ihtiyaçlar üzerine temellenmezler. Örneğin; Asefi Maziar, şekil değiştirebilmenin amacını sürekli değişen koşullar altında kullanıcı gereksinimlerine cevap vermek olarak tanımlar [23]. Bergson biçim algısını geçiş sürecindeki form değişiminin bir enstantanesi olarak tanımlar [24]. Bunlar gibi, kinetik mimaride hareketin pragmatist yaklaşımlardan estetik endişelere kadar çeşitlenebilen çeşitli nedensellikleri mevcuttur. Bu nedensellikler, bir yandan genellikle kullanıcı gereksinimlerine uyum; iç ve dış mekân

arasındaki ilişki ve geçirgenliğin sağlanması; çevresel endişelere cevap verebilme gibi işlevsel amaçlar çerçevesinde odaklanmaktadır. Diğer bir yandan ise; estetik gerekçeler ile sürdürülen çalışmalar çağdaş mimari yaklaşımlar kapsamında deneysellik, mimaride üretkenlik ve duyarlılık üzerine çeşitli denemeler ile gerçekleşmektedir [25]. Bunların dışında Sanchez-Del-Valle'ye göre ise; uyarlanabilir kinetik mimarinin değerlendirilmesi üç neden üzerine kurulabilir. Bu nedenler; araç/yöntem ekonomisi (economy of means), doğal çevreye karşı sorumluluk ile insanın ihtiyaç ve isteklerini tatmin edebilmek olarak sıralanabilir [26].

Uyarlanabilirlik (adaptability), üretkenlik (generativity) ve çevreye duyarlılık/cevap verebilme (environmental sensitive/responsive) konuları kinetik cephe sistemlerinin günümüzde akademik çevrelerce ve uygulamalarda yoğun olarak çalışılmasına en temel nedenler arasında gösterilebilir. Bu sistemler doğru uygulamalarla parçası oldukları yapıya sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sağlar. Cephe tasarımı ve çevreye duyarlı hareket edebilmesi açısından kentsel ve mimari ölçekte farklı zamanlarda değişken örüntüler ve görüntüler ortaya koyarak tasarım çeşitliliğini destekler ve estetik algıya hitap eder. Doğal havalandırma ve aydınlatma gibi konularda etkin çözümler sunar. Çalışma prensipleri hesaplamalı sistemler üzerinde ve önceden belirlenen algoritmalar üzerinde temellendirmesi nedeniyle otonom bir şekilde çalışmaya olanak verir.

2.2.1. Kinetik Mimari ile İlgili Sınıflandırmalar

Çağdaş yaklaşımlar kapsamında yıllar içerisinde kinetik mimari üzerine her yazar ve araştırmacı tarafından farklı yaklaşımlar ile sınıflandırmalar yapılmıştır. Bu sınıflandırmalar, yazarın konuya bakış açısı ile ilişkili olarak sistemsel, strüktürel, hareket mekanizması veya uygulama farklılıkları bağlamında hazırlanmıştır.

Schumacher'e göre günümüzde beşerî temsilcileri tanımladığımız gibi mimari elemanları da aynı yöntemler ile daha aktif ve akıllı/zeki birer eleman/temsilci olarak modelleyebiliriz. Teknolojinin geldiği nokta itibari ile bu mimari elemanlar gerçek anlamda zeki, yaratıcı ve öğrenebilir çerçevede kendi kendini yönetebilir bir hale gelebilir. Dolayısıyla mimari elemanlar veya mimari robotlar olarak

tanımlayabileceğimiz yapılar, aynı günlük yaşantımızda çevremizdeki canlılar gibi spontane, yaratıcı ve kendi yönlendirmesi ile kararlar alarak uygulayabilen işbirlikçiler olarak yanımızdaki yerini almalıdır [27].

Zuk ve Clark' a göre içinde olduğumuz çağ; değişimin, dinamizmin, dinlenmemenin ve devrimin çağıdır. Dolayısı ile formu biçimlendiren değişen baskı setlerine adaptasyon sağlayabilecek kinetik mimariye yönelmemiz gerekmektedir. Retorik olarak sorulduğunda günümüz ihtiyaçlarını karşılamak için inşa edilen sabitlenmiş yapıların yakın zaman sonra ihtiyaçları karşılamadığı anlaşıldığında ne olacak? Teknolojinin gelişim hızı nedeniyle kaldı ki birçoğu inşasını tamamlamadan değişen ihtiyaçlara cevap verme konusunda yetersiz kalabilecektir [13]. Bu durumda tamamen yeni bir yaklaşım olarak mimari elemanlar doğal olarak; yer değiştirebilir, form değiştirebilir, genişletilebilir, tek kullanımlık ve kinematik hareketin cevap verebileceği herhangi bir manada yeterli olmalıdır. Zuk ve Clark bağlam doğrultusunda, doğadan esinlenilerek zaman içerisinde insan eliyle yapılmış araçların çeşitli durumlara adaptasyon gösteren gelişmiş kinetik versiyonları olan makineleri adaptasyon kapasitelerine göre sistematik olarak 4 seviyeye ayırır (Çizelge 2.1).

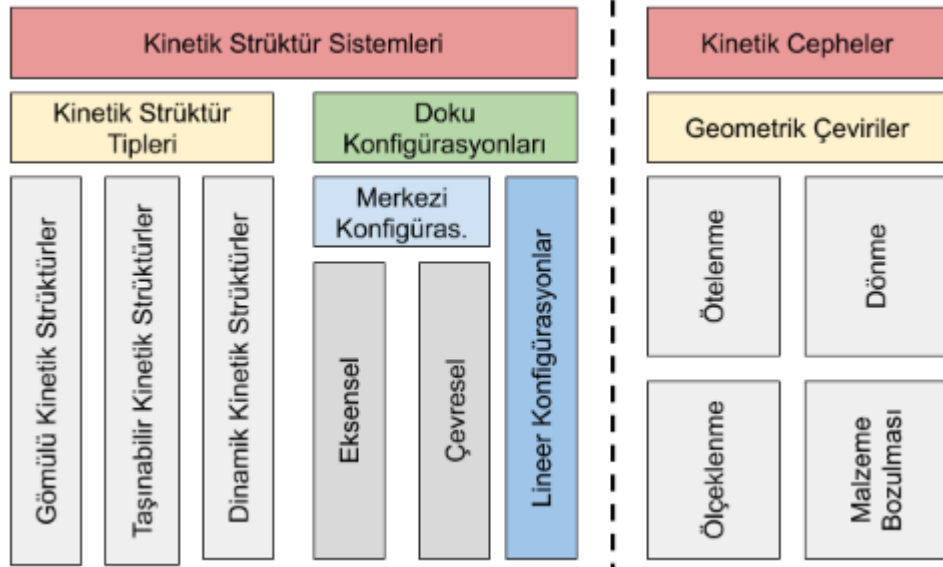
Çizelge 2.1. Kinetik Mimari Makine Tipleri [13]

Seviye I Makine	Tekli Değişkenli ve İnsan Kontrollü
Seviye II Makine	Çoklu Değişkenli ve İnsan Kontrollü
Seviye III Makine	Çoklu Değişkenli ve Otomatik Kontrollü
Seviye IV Makine	Çoklu Değişkenli ve Heuristik Kontrol

Kinetik makine tiplerini adaptasyon seviyeleri üzerinden değerlendiren Zuk ve Clark kinetik mimari uygulamaları ve kinetik strüktürel sistemleri ise kapasite ve kabiliyetleri özelinde tanımlama ihtiyacı duyar. Kinetik mimarlık kapsamında; strüktür sistemlerini ve uygulamaları sekiz başlık altında değerlendirirler. Bu başlıklar ise; kinetik kontrol edilen statik strüktürler, dinamik olarak kendi kendine yükselen strüktürler, kinetik bileşenler, geri dönüşebilen mimari, artımlı/değişen mimari, form değiştirebilir mimari, mobil mimari ve tek kullanımlık mimari olarak sıralanabilir [13].

Fox ve Yeh ise Zuk ve Clark'ın aksine kinetik mimarinin strüktürel olarak sınıflandırılmasında daha kapsayıcı sade bir sınıflandırma tercih eder. Kinetik strüktür tiplerini; “Gömülü Kinetik Strüktürler, Taşınabilir Kinetik Strüktürler ve Dinamik Kinetik Strüktürler” olarak üç ana grup altında şekillendirir [28].

Elmokadem vd. ise günümüze kadar gerçekleşen uygulamalar çerçevesinde, kinetik mimariyi, kinetik strüktür sistemleri ile kinetik cepheler olmak üzere iki ana başlık altında derlemektedir (Şekil 2.4). Kinetik sistemlerin detaylandırılmasında Fox ve Yeh' in belirlediği strüktür tiplerine ek olarak doku konfigürasyonlarını dahil ederler. Kinetik cepheler konusunu ise yapı kabuğu üzerindeki hareketli bileşenlerin geometrik açımları üzerinden derlenebilir [29].



Şekil 2.4. Kinetik Mimari Uygulama Sınıfları [29]

Ramzy ve Fayed ise mimaride kinetik sistemleri Zuk ve Clark'ın mimari uygulamalar sınıflandırmasına benzer şekilde; kabuk birim sistemler, geri çekilebilir sistemler, dönebilir binalar ve biyomekanik binalar olmak üzere gruplamaktadır (Çizelge 2.2). Bu gruplandırmanın detaylarında ise, sistemlerin kinetisizm seviyelerine, kontrol tekniklerine, sistem düzenlerine ve denetim seviyelerine yer verilir [30]. Bu bağlamda Megahed yayınladığı bir makale kapsamında konu ile ilgili geçmişten günümüze mevcut sınıflandırmaları fikir sahiplerinin yaklaşımları ve ilişkin alt başlıklar ile sunar (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.2. Mimaride Kinetik Sistemlerin Sınıflandırılması [30]

Kinetik Sistem	Kinetisizm	Kontrol Tekniği	Sistem Düzenlemesi	Denetim Sınırı
Kabuk Birim Sistemleri	Sınırlı	Doğrudan veya Duyarlı	Gömülü	Düşük
Geri çekilebilir Elemanlar	Orta	Dahili veya Doğrudan	Gömülü	Orta
Dönebilir Binalar	Yüksek	Doğrudan veya Duyarlı	Dinamik	Kayda değer önemde
Biyomekanik sistemler	Değişken	Doğrudan olmayan duyarlılık	Dinamik veya Gömülü	Değişken

Çizelge 2.3. Kinetik Mimari Sınıflandırma Yaklaşımları [22]

Yıl	Yazar	Yaklaşım	Sınıflandırma Grupları
1968	Popper	Kinetik yöntemler ve sanatta hareket	<ul style="list-style-type: none"> • Sanal veya gerçek hareket • Uzaysal veya uzaysal olmayan • Mekanik yöntemler ile tahmin edilebilir veya doğal güçler ile tahmin edilemez
1970	Zuk ve Clark	Mimari uygulamalar ve strüktürel gerçekler bağlamında	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamik olarak kendi yükselen strüktürler • Mekanizmalar veya kinetik bileşenler • Geri dönüşebilir veya dönüşemez montaj • Artımlı mimari • Form bozulabilir veya form değiştirebilir strüktürler • Mobil veya tek kullanımlık mimari
1972	Otto ve Burkhardt	Hafif strüktürler, dönüşebilir çatılar özelinde	<ul style="list-style-type: none"> • Gergi Strüktürler • Membran strüktürler
1992	Brookes ve Grech	Prefabrikasyon açısından taşınabilir mimari strüktür tipleri	<ul style="list-style-type: none"> • De-monte • Pantograf • Membran sistemler • Pnömatikler • Gerilim bütünlüğü (Tensegrity) sistemleri • Koza veya kapsüller
2000	Fox ve Yeh	Strüktürel mühendislik, sensör teknolojisi ve uyarlanabilir mimari bağlamında	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamik (mobil, şekil değiştirebilir ve artımlı kinetik sistemler) • Konuşlanabilir • Gömülü
2005	Sanchez-del-Valle	Dijital gereçler ile uyarlanabilir kinetik strüktürler	<ul style="list-style-type: none"> • Simülasyon tabanlı tasarım • Performans tabanlı tasarım • Dijital prototip geliştirme
2010	Asefi	Kullanıcı gereksinimlerine cevap verme ve şekil değiştirebilir çatı tipleri üzerine	<ul style="list-style-type: none"> • Kendinden destekli ve kendinden desteksiz strüktürler • Kalıcı ya da geçici mimari • Gerilim bütünlüğü (tensegrity) ve gerilim prensipleri
2010	El Razaz	Kinetik mimari strüktürlerin sürdürülebilir görünümü	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamik • Statik
2011	Friedman ve Farkas	Farklı tiplerde hareket edebilen çatı strüktürleri	<ul style="list-style-type: none"> • Rijit hareket eden parçalı geri çekilebilen çatılar • Geri çekilebilen/konuşlanabilir pantograf strüktürler

			<ul style="list-style-type: none"> • Konuşlanabilir gerilim bütünlüğü strüktürleri • Geri çekilebilen/konuşlanabilir membran strüktürler • Pnömatik strüktürler
2011	Moloney	Zaman içerisinde değişen mimari	<ul style="list-style-type: none"> • Uzayda geometrik çeviri • Materyal bozulması
2012	Lee	Değişebilir mobilite, mekân ve geometriye sahip kinetik strüktür ve bileşenler	<ul style="list-style-type: none"> • Uyarlanabilir • Kinetik • Cevap verebilen(duyarlı) • Dönüştürülebilir
2013	Oungrinis	Dönüştürülebilir uyarlanabilir strüktürlere uygun kinetik teknikler ve mekanizmalar	<ul style="list-style-type: none"> • Dönüştürülebilirliğin uygulanabileceği bina bileşenleri • Çevresel parçaların dönüşmesi
2014	Kronenburg	Filozofik ve teknolojik sorunlar	<ul style="list-style-type: none"> • Taşınabilir binalar • Demonte ve geçici mimari

Farklı sınıflandırmalar ve tanımlamalardan çıkarılabileceği üzere; yalnızca birtakım kinetik elemanlara sahip binalar ile kinetik olma durumunu bütüncül ve doğrudan yansıtan binalar arasında belirgin farklar göze çarpmaktadır. Bu nedenle kinetik mimari, ilgilenmek için geniş akışkan (sıvı) bir çalışma alanına sahiptir ve kinetik mimariyle ilgili kesin net tanımların yapılamaması bu nedene dayanmaktadır [22].

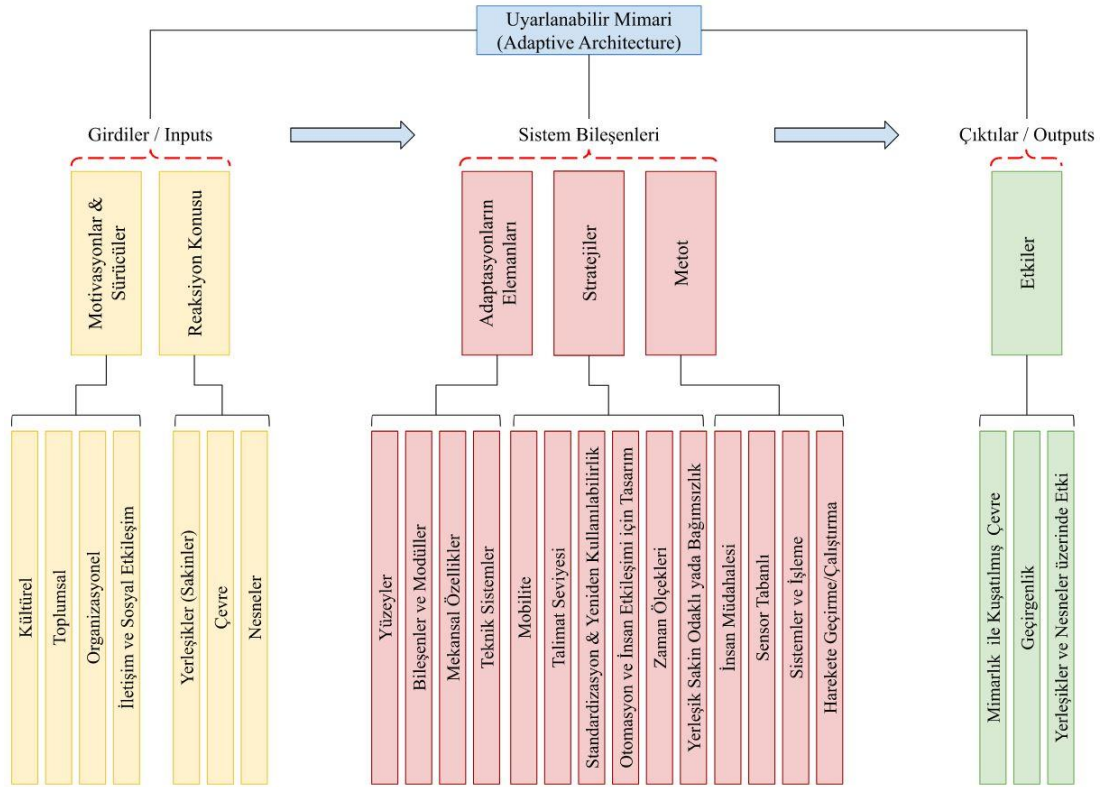
Bu tanımlamaların yanı sıra farklı nitelikler üzerinden yapılan sınıflandırma çalışmaları da mevcuttur. Örneğin; Konstantoglou & Tsangrassoulis' in dinamik cephe elemanlarının geleneksel versiyonu olan jaluziler (venetian blinds) üzerine yapmış oldukları performans odaklı bir çalışmada; dinamik gölgeleme/gün ışığı sistemleri, gölgelendirme, ışığı mekân içine farklı açılarla yönlendirme, görsel konforu artırma ve parlama azaltma olarak birincil işlevler üzerinden kategorize eder. Gölgeleme/gün ışığı sistemlerinin statik ve otomatik performansını karakteristik olarak statik, dinamik manuel, dinamik otomatik ve dinamik pasif gibi 4 alt başlığa ayırmaktadır [31]. Benzer nitelikteki değerlendirmeler “Kinetik Cephe İşlevleri” isimli başlık altında detaylı olarak işlenmektedir.

2.2.2. Kavramlar ve Yaklaşımlar

Schnädelbach “Uyarlanabilir Mimari – Bir Kavramsal Çerçeve” isimli çalışmasında uyarlanabilir mimarinin etken ve etmenlerini kavramsal bir düzlemde inceler. Kendi tanımı ile her mimari çalışmanın bir derece uyarlanabilir olduğunu belirtir ancak bu uyarlanabilirliğin tanımının tasarımcının çizdiği çerçeve ile sınırlı olduğunu açıklar.

Bu kapsamda mimari yapının uyarlanabilirliği tasarımcının kararları, kullanıcı gereksinimleri, çevresel etkenler gibi yapıyı çevreleyen etmenler bütünü ile ilişkilidir. Uyarlanabilir mimarinin çerçevesini oluşturan, *motivasyon ve sebepler, reaksiyon konusunu, uyarılmanın elemanlarını, yöntem, etkinlik, uyarlanabilir mimarinin tasarım stratejisi* başlıklarını ve bunların alt başlıklarını yazınsal örnekler ve isimleri ile destekleyerek açıklamaktadır [32].

Schnädelbach’ın kavramsal çerçevesi üzerinde temellendirilmiş uyarlanabilir mimari; bu çalışmada sistematik bir düzende incelemek amacıyla onu etkileyen girdiler, sistemin bileşenleri ve bunların sonucunda tasarımın genel çerçeve etkileri çıktılar olarak ana başlıklar altında Şekil 2.5’ teki gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 2.5. Schnädelbach Uyarlanabilir Mimari Kavramsal Çerçevesi [32]

Bu kavramsal düzlem çerçevesinde “Motivasyonlar ve Sürütçüler” olarak Schnädelbach tarafından tanımlanan başlık uyarlanabilir bir tasarımın gerekçeleri olarak belirtilebilir ve bu gerekçeler sınıflamada belirtildiği gibi sosyal, kültürel, toplumsal, organizasyonel, iletişim ve etkileşim vs. gibi etmenler üzerinden

gerçekleşebilir. Bu tabloda girdilerin ikinci bölümünü ise reaksiyon konusu tanımlar. Uyarlanabilir sistemin neye reaksiyon göstermesi istenebilir? Reaksiyon seçenekleri sınıflamada belirtilmiş olmakla birlikte bu seçenekler tasarımcının tercihleri ile çeşitlendirilebilir veya birbirleri ile ilişkilendirilebilir. Kullanıcılara, yerleşik çevreye ve/veya hareketli/hareketsiz nesnelere senkronize veya bağımsız reaksiyon gösterebilme kabiliyeti tasarımcının istekleri doğrultusunda geliştirilebilir.

Sistem bileşenleri olarak tanımlamış olduğumuz ikinci kategoride ise kinetik strüktürün fiziksel bileşenleri, çalışma prensibi ve mantığı ile tetikleme mekanizmaları tanımlanabilir. Çıktılar olarak tanımladığımız kategoride uyarlanabilir mimarinin, gerçekleştirilen mimarlık ve onun çevresi, iç – dış mekân geçirgenliği ve onu kullanan yerleşikler (sakinler) ve nesnelere üzerindeki etkisi tartışılabilir.

Schumacher vd. ise; kinetik mimarinin uyarlanabilir olması durumunu, hareketli mimarinin planlama adımları çerçevesinde, birtakım sorular ile aydınlatmaya çalışmıştır. Bu soruları şu şekilde sıralanabilir:

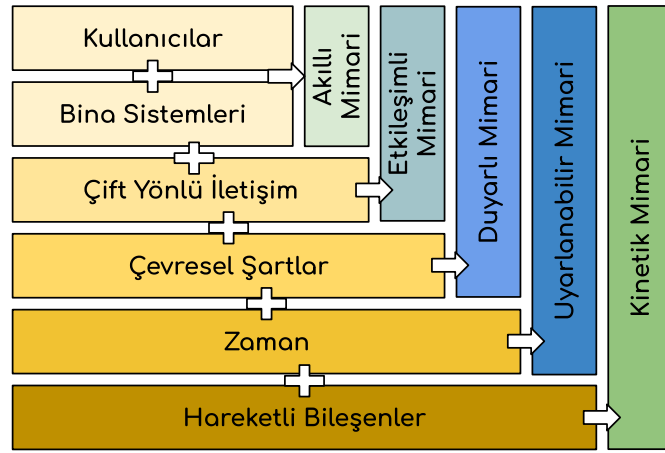
“... ”

- *Önerilen kullanım nedir?*
- *Kullanıcılar kimlerdir?*
- *Nasıl bir amaca hizmet etmektedir?*
- *Hareket sadece görsel olarak mı algılanmakta ya da konstrüksiyon veya yapı elemanları gerçekte hareket halinde mi kuruldu?*
- *Hareket nasıl gerçekleşiyor? Güç kaynağından güç verilerek mi – elle hareket ettirilerek mi?*
- *Hareket otomatik mi, yoksa manuel mi başlatılıyor?*
- *Bileşenler özel olarak inşa edilen yapı için mi tasarlandı yoksa halihazırda var olan bileşenler mi kullanıldı? ...” [18]*

Bu sorular sistematik olmamakla birlikte Schnädelbach ile benzer kaygılar üzerinde şekillenmiştir. Mimarinin hareketi, hareket amacı, hareket stratejisi, hareket yöntemleri, hareketi destekleyen güç ve tetik mekanizmaları, hareketin etkileri, çevreye olan duyarlılığı ve/veya çevreyle olan ilişkisi, hareketin sürekliliği/sürdürülebilirliği, hareketin mekanizması, hareketin elemanları ve

hareketin zaman ve mekân özelinde irdelenmesi bu kaygıların başlıcaları olarak sıralanabilirler.

Elmokadem vd. kinetik mimari ile ilgili konsept, tarih ve uygulamalardan bahsettikleri makalede öncelikle kinetik mimarinin çağdaş mimari uygulamalar içerisindeki konumunu belirlemek ve diğer konseptler ile ilişkisini ortaya koymak adına bir gruplama sunmaktadır. Bu konseptlerin birbiri ile olan ilişkileri ve aralarındaki küçük nüans farklılıkları nedeniyle çalışma kapsamında irdelenmesi önem arz eder. Bu konseptler akıllı mimari (intelligent architecture), interaktif mimari (interactive architecture), duyarlı mimari (responsive architecture), uyarlanabilir mimari (adaptive architecture) ve kinetik mimari (kinetic architecture) olarak sıralanır. Bu çerçevede sonuç ürünü olarak Şekil 2.6’te verilen gruplandırma ortaya çıkmaktadır [29].



Şekil 2.6. Bina Tasarım Konseptleri ve Kinetik Mimari [29]

Bu gruplandırmaya göre; kullanıcıların bina sistemlerini kullandığı ve faydalandığı mimari sistemler akıllı mimari sistemler olarak tanımlanabilir. Kullanıcıların ve bina sistemlerinin karşılıklı iletişim halinde olduğu sistemleri “etkileşimli mimari”; bu duruma çevresel şartların dahil olduğu, mimarın çevresel şartlara cevap verebildiği duruma “duyarlı mimari”; sistemin geçen zamana ve değişen şartlara uyum sağlayarak görevini devam ettirebilme kabiliyetine “uyarlanabilir mimari”; tüm bu sistemlerin toplamının hareketli sistem bileşenlerine sahip olmasına ise “kinetik mimari” ismi verilebilir.

Farklı bakış açısı üzerinden Kolarevic'in uyarlanabilir bina kaplamaları üzerine yaptığı değerlendirmede belirttiği üzere 2011 Londra *Uyarlanabilir Mimarlık* konferansında da uyarlanabilir mimarlık dört alt kategoride incelenerek ve *dinamik cepheler, dönüştürülebilir yapılar, biyo-esinli materyaller ve zekâ* başlıkları olarak sıralanır [33].

Romano vd.' ne göre son yıllarda inşa edilen uyarlanabilir cephelerde kullanılan teknoloji, düzenleme ve kontrol stratejileri, tamamlayıcı doğaları sayesinde karmaşık bina sistemleri içerisinde önemli öğeler olarak karakterize edilebilir. Dolayısıyla uyarlanabilir cepheler; aktif cepheler, ileri düzey cepheler, biyomimetik ya da biyo-esinli cepheler, kinetik cepheler, zekaya sahip (intelligent) cepheler, etkileşimli cepheler, hareket eden cepheler, duyarlı cepheler, akıllı (smart) cepheler, değişebilir cepheler ve şekil değiştirebilir cepheler başlıkları altında incelenebilir [34].

Kinetik cephe konseptleri çok disiplinli stratejiler ile tasarım problemlerine çözüm üretebilmek için çok işlevli araçlar yaratmak üzere doğa, teknoloji ve mimarlık üzerinden tanımlanır [13]. Genel söylemde, kullanıcı konforunu karşılamak adına, cephelerin düzenleme işlevini farklı uyarıcılara cevap verebilecek şekilde en iyileştirmek adına, kinetik kavramların sahiplenilmesi önemli bir strateji olarak kabul edilebilir [3].

Shady Attia ve ekibinin çalışmasında günümüz uyarlanabilir cephe sistemi akımları ve performans değerlendirmelerinin gelecekteki problemlerinden bahsedilir. Tasarım sürecindeki çevresel değerlendirme ve simülasyonların yetersiz olduğu, uygulama sonrası, değerlendirme kriterlerinin belirgin olmaması ve geri besleme bilgilerinin verimli bir şekilde elde edilememesi konu edilerek, tasarımcılar, uygulamacılar, proje paydaşları ve kullanıcılar ile yapılan görüşmeler sonrasında uygulama sonrası kullanım sürecinde ortaya çıkan problemler ve verimlilik etkinliği gibi konular üzerine farklı değerlendirme kriterleri olması gerekliliği üzerine yoğunlaşarak ve bunun çerçevesini çizerler. Bu bağlamda elde edilen veriler ile uyarlanabilir cephelerin değerlendirme çerçevesi “enerji ve çevresel performans,” “koruyucu performans,” “bina kontrolü ve servisler,” “kullanıcı kontrolü ve deneyim,” “bakım, dayanıklılık ve yaşam döngüsü” olmak üzere beş ana başlık altında değerlendirilir. İncelenen örnekler

çerçevesinde ise gelecek vaat eden uyarlanabilir cephelerin yeni teknolojileri olarak, dinamik gölgelendirme cihazları, elektro-kromik cihazlar, gazokromik cihazlar, kinetik cephe biçimlenmeleri, elektro-kinetik piksel camlar ve likit dolgulu pencereler gösterilmektedir [35].

Bir başka çalışmada ise Sharaidin ve Salim benzer bir şekilde uyarlanabilir cephelerin tasarımı aşamasındaki değerlendirmelerin, tasarımın tasarımcı tarafından basitleştirilmiş varsayımlar üzerinde temellendirilmesi nedeniyle, uygulama safhasından sonra yeterli verimlilikte veya istenilen kullanılabilirlikte olmamasından bahseder. Düşünce gereği, tasarımcının veya mühendisin bu çalışma alanı içerisindeki bütün konulara hâkim olmasa dahi, yaptığı tasarım çerçevesinde kendisi için gerekli olan mekanik, malzeme, sistemler ve hareket bilimi üzerine yeterli ve donanımlı bilgiye sahip olması gerekliliğini savunur [1]. Tasarım inşa edilmeden, tasarım evresinde yapılan simülasyonların yetersiz kalabildiği, gerçek boyutlu yapılarla modeller arasında enerji verimliliği ve performans anlamında farklılıklar olabileceği ifade edilir [1].

Mimari cepheler dinamiğin mekaniklerini kullanarak değişen çevreye uyum sağlayabilmek adına kendini sürekli optimize etmelidir. Bu çerçevede uyarlanabilir çok parametrelili optimizasyon sistemleri istenen ortama dair hesaplamaları yapma kabiliyetine sahiptirler [36]. Bu bağlamda doğru kararların verilmesi ve uygun tekniklerin seçilmesi hedeflenen tasarım amaçlarına hizmet edecek kinetik cephenin geliştirilmesi için oldukça önemlidir.

2.2.3. Hareket Tipolojileri ve Malzemeler

Kinetik mimari özelindeki çalışmalar *statik yaklaşım* ve *dinamik yaklaşım* olarak iki grupta toplanabilir [37]. Statik yaklaşımlar, gerçek bir hareket mekanizması olmadan tasarım sürecinde gerçekleşen modellemeler ile hareket olgusunun estetik bir etki veya dikkat çekme amacı ile yerleştirildiği yaklaşım modelidir.







































Hareketli bileşenlerin, iklim, ihtiyaç ve amaçlar doğrultusunda devinim kazanabilmek adına teknolojik imkanların bina sistemleri ile ortak çalıştığı tüm uygulamalar ise

dinamik yaklaşım olarak kabul edilebilir. Dinamik yaklaşımlar; *uzaysal olan (gerçek hareket) ve uzaysal olmayan (malzeme deformasyonu)* şeklinde ikiye ayrılır. Uzaysal hareket, sistem hareketinin ve değişiminin farklı amaçlar doğrultusunda boşlukta bir dönüşüm yaratması olarak açıklanabilir. Uzaysal olmayan hareket ise akışkan formların tasarımı ile ilgilidir. Sistem bileşenlerinin ve malzemelerinin; renk, parlaklık, topolojik, doku ve geçirgenlik vs. olarak zaman içinde farklılaşabildiği durumdur [22].

Günümüzde kinetik mimaride katlanır rijit yüzeyler, kayar mekanizmalar, makas mekanizmaları, şekil değiştirebilen esnek elemanlar ve pnömatik sistemler karşımıza çıkan en yaygın hareketli sistem örnekleridir [38]. Farklı bir bakış açısından ise kinetik cephede gerçekleşecek hareket olgusunu sistem bileşenlerinde malzeme bozulması, ölçek değişimi, ötelenme ve dönme gibi geometrik açılımlar üzerinden değerlendirmek mümkündür [29].

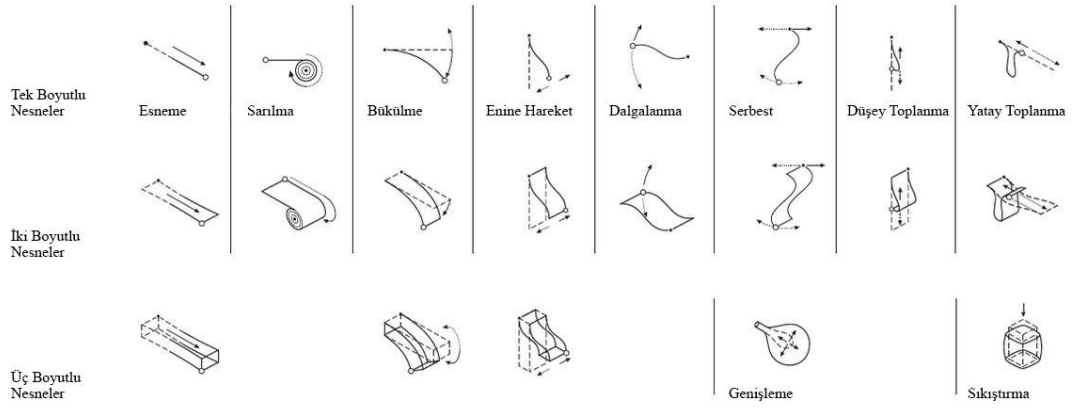
Hareketi; mekanik biliminin bir dalı olarak kabul ettiğimizde, aktüel hareket tipolojileri *rijit mimari elemanların hareketi, şekil değiştirebilir mimari elemanların hareketi, hafif ve esnek mimari elemanların hareketi, elastik mimari elemanların hareketi, ve pnömatik biçimler* olmak üzere beş ana başlık altında toplanabilir [39].

Rijit Mimari Elemanların Hareketi: Schumacher' in sınıflandırmış olduğu gibi rijit elemanların hareket kabiliyeti iki temel harekete dayanır: “Dönme ve Ötelenme.” Dönme; bir nesnenin referans koordinat aksı etrafında dönerek doğrultusunu değiştirme durumudur. Ötelenme ise nesnenin, koordinat aksına paralel olarak doğrusal hareket yaparak yer değiştirme durumudur [18]. Ancak, Şekil 2.7' da paylaşıldığı gibi, bu iki mekanik hareket biçimi konu mimari tipoloji olduğunda farklı kullanımlarda yeni isimler edinmektedir.

Mekanik Konsept	 Dönme	 Dönme	 Çırpma	 Dönme ve Ötelenme	 Ötelenme	 Düşey Kayma	
Mimari Tip	Mil etrafında alternatifli dönme	Dönme	Çırpma	Katlama	Makas-Katlama	Paralel Kayma	Düşey Kayma
Yüzeylerin Basit Hareketi							
Yatay							
Düşey							
Seviye							
Hacimlerin Basit Hareketi							
Yatay							
Düşey							
Seviye							

Şekil 2.7. Rijit Mimari Elemanların Hareketi [18]

Şekil Değiştirebilir Mimari Elemanların Hareketi: Rijit mimari elemanların tersine, şekil değiştirebilen nesnelere, yapılarda geniş yüzeyler üzerinde daha küçük oranlarda tercih edilmekte ve rijit elemanlardan farklı olarak belli bir aks etrafında veya doğrultu üzerinde hareket etmek yerine, sahip oldukları, hafif ve esnek yapıları sayesinde kendi modülleri içerisinde arzu edilen biçimleniş alma kabiliyetine sahiptirler. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8. Şekil Değiştirebilir Mimari Elemanların Hareketi [18]

Hafif ve Esnek Mimari Elemanların Hareketi: Hafif ve esnek mimari elemanlar dış güçlerin etkisi ile biçimsel tutarlılığı sabit kalacak şekilde, biçimsel durum değişikliklerine müsaade eder. Başlangıç formlarına ise tekrar dış güç etkisi altında geri dönebilirler.

Elastik Mimari Elemanların Hareketi: Elastik malzemeler, fiziksel ve kimyasal yapıları gereği, herhangi bir dış güç etkisinde biçim değiştirirler dahi, tekrar bir dış güç etkisine ihtiyaç duymadan başlangıç formlarına dönerler.

Pnömatik Biçimlerin Hareketi: Doğru basınç şartları altında iki boyutlu özel malzemelerin şişirilme ve söndürülme işlemleri ile şekil ve biçim değiştirme ile hacimsel boyut kazanması durumu pnömatik biçimli hareket olarak tanımlanabilir.

2.2.4. Kinetik Mimaride Kontrol; Stratejiler ve Teknolojiler

Duyarlı cephelerde kullanılan kontrol teknolojileri farklı bakış açıları ile farklı özellikler değerlendirilerek; kontrol edilebilirlik [40], öğrenilebilir olma [41], karmaşıklık [16], tahmin edilebilirlik [42], kullanıcı entegrasyonu [43], dahili ve harici etkileşim yetenekleri [40] üzerinden sınıflandırılabilir. Kinetik mimari ve cephe çalışmaları için farklı ölçütler üzerinden ortaya konulan çeşitli kontrol sistemleri sınıflandırmaları mevcuttur. Fox & Yeh' e göre akıllı kinetik sistemler “strüktürel mühendislik, sensor teknolojisi ve uyarlanabilir mimari” olarak üç ana başlık olarak

incelenebilir [28]. Akıllı kinetik mimari uygulamalar, uyarlanabilirlik bağlamında ise; “strüktürel inovasyonlar & malzeme gelişimleri, mimaride genetik kinetik tipolojiler ve kontrol mekanizmaları” olarak kategorize edilebilir. Bu kategorizasyon içerisinde irdelenen kontrol mekanizmaları başlığı altında 6 (altı) farklı tanım ve bunların kapsamları önem arz etmektedir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Akıllı Mimari Kontrol Sistemleri [28]

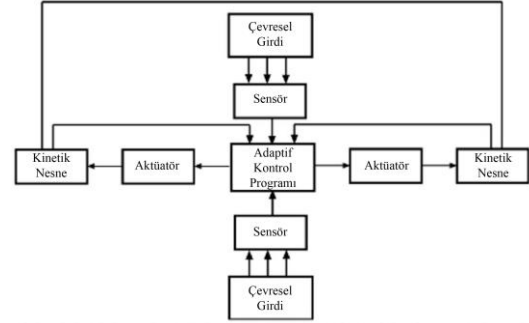
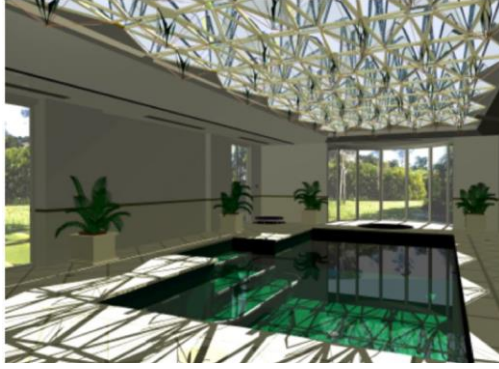
Dahili Kontrol	Hareket kabiliyeti mevcut ancak bir cihaz veya mekanizma tarafından kontrol edilmeyen
Direkt Kontrol	Aktüatör herhangi biri olabilen, çeşitli enerji kaynaklarıyla desteklenen
Endirekt Kontrol	Aktüatör sensörlü bir geribildirim sistemidir. Tanımlı tekil durumlara cevap verir.
Duyarlı Endirekt Kontrol	«Endirekt Kontrol» e benzer ancak optimize edilmiş karar verme kontrol cihazı nedeniyle çokça sensörden geri bildirim alır.
Yaygın Duyarlı Endirekt Kontrol	Otonom aktüatörler bir ağla bağlanmış gibi bütün olarak hareket eder. Geri bildirim kontrol algoritmasına ihtiyaç duyar.
Heuristik Duyarlı Endirekt Kontrol	Tekil veya bütün sistem olarak kendi ayarlayarak duyarlılık gösterir. Kontrol mekanizması deneysel algoritmayla çalışır ya da öğrenme kapasitesine sahiptir. Optimize etmek için deneysel adaptasyon ile öğrenir.

Zuk ve Clark’ın kontrol ölçütlerine göre öne sürdüğü makine seviyeleri ile Fox ve Yeh (2000)’in ise akıllı mimari kontrol mekanizmalarının ve seviyelerinin tanımlamaları sonrasında Şekil 2.9’de yer alan karşılaştırmayı yapmak mümkün hale gelir. Bu gösterimde; ilişki anlamında kırmızı oklar doğrudan benzerliği ifade ederken, kesikli çizgi oklar kısmi benzerlik veya bir geçiş ilişkisi ifade etmektedir.



Şekil 2.9. Akıllı Mimari Kontrol Sistemleri

Bu gösterimde *Heuristik Duyarlı Endirekt Kontrol* kapsam olarak en karmaşık ve özerk kontrol yapısı olarak niteleyebiliriz. Çalışma mantığı gereği, genel mekanizma içerisinde tekil bir duyarlılığı veya her yerde duyarlı kendi kendine ayarlama yapabilen bir hareket içerebilir. Bu tür sistemler, başarılı deneysel adaptasyon ile öğrenir ve belirlenmiş bir ortam içerisindeki sistemi gerçekleştiren değişikliklere cevap verecek şekilde optimize eder. Örneğin; konu ile ilgili olarak, Fox ve Yeh bu özeldde kinetik ve duyarlı tavan penceresi/işıklık (skylight) uygulamaları üzerinde yoğunlaşarak, çalışmalarını ise bireysel duyarlı ışıklıkların, bütünleşik bir sistem olarak termal ve gün ışığı şartlarını optimize etmesi üzerine şekillendirmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Fox ve Yeh'in Heuristik Duyarlı Doğrusal olmayan – Uyarlanabilir Çatı Işıklığı Sistem Önerisi [28]

Kontrol stratejileri farklı bir bakış açısı ile ayrıca içsel ve dışsal kontroller olarak sınıflandırılabilir [43]. Bu çerçevede dışsal kontrol harici karar verme birimine işaret ederken; içsel kontrol dahili kendini ayarlama sistemini temsil eder. Dışsal kontrollerde daha çok aktif kapalı döngüsel sistemler rol alırken, içsel kontrolde pasif açık döngü sistemler tercih edilir.

Farklı bir sınıflama ise, merkezi ve dağınık kontrol sistemleri şeklindedir [42]. Merkezi kontrol sistemleri üç farklı grup altında incelenebilir. Bunlar; direkt kontrol, reaktif kontrol ve sistem bazlı kontrol olarak tanımlanabilir. Dağınık kontrol sistemleri ise iki kategori halinde incelenebilir (Çizelge 2.5)

Kontrol birimlerinin girdi ve çıktı cihazları üzerinden bir sınıflama yapılması ayrıca mümkündür. Bu sınıflama direkt kontrol, girdi kontrolleri, çok girdili kontrol, yaygın

çok girdili kontrol ve akıllı kontroller şeklindedir [44]. Buna göre *direkt kontrol* için yanıtlar, kişi gücü veya tahrik elemanlarının etkisinden kaynaklanan direkt aksiyonlardır. *Girdi kontrollerinin* cevapları ise geri besleme cihazlarının dönüşleridir. *Çok Girdili Kontrol* de yanıtlar çoklu sensörlerden alınarak analiz edilen verilerdir. *Yaygın Çok Girdili Kontrol* de yanıtlar otonom sensor ve tahrik elemanları tarafından elde edilen analiz verilerinin hesaplanmasından meydana gelir. *Akıllı kontroller* ise; öğrenme yetisinin kontrol mekanizmasına entegrasyonu ile işleyen sistemlerdir. Elkhayat (2014) kontrol seviyeleri ve girdi-çıkış cihazları üzerinden yapılan kontrol sınıflandırmalarını ortak özellikleri üzerinden derleyerek “Direkt Kontrol, Direkt Olmayan Kontrol, Çok Girdili Direkt Olmayan Kontrol, Akıllı Kontrol ve Deneyimsel Kontrol” olarak yeniden bir tanımlama yapma gereği duyar [39].

Çizelge 2.5. Kontrol Sistemleri Sınıflandırmaları [42]

Merkezi Kontrol Sistemleri			
	Direkt Kontrol	Reaktif Kontrol	Sistem Bazlı Kontrol
Karmaşıklık	Az	→ Çok	
Kullanıcı Etkileşimi	Mümkün	Sınırlı	Yok
Sensor ve Girdi	Yok	Basit Sensor Girdileri	Gerçek Zamanlı veri ile Çok-Nesneli Optimizasyon
Dağılık Kontrol Sistemleri			
Dahili Kontrol		Direkt Kontrol	
Malzemenin kendini dış koşullara göre ayarlayabilme davranışı gösterebildiği durumlar		Mikro işlemci gibi yapay harici bileşenlerin duyar, tahrik ve kontrol sistemi olarak kullanılmasında	

Duyarlı cephelerin performansları sensor, kontrol ve tahrik (actuating) teknolojileri vasıtası ile etkilenebilir [45]. İleri düzey kontrol teknolojileri duyarlı cephe sistemlerine; esneklik, uyarlanabilirlik, çok işlevlik, ölçeklenebilirlik, kontrol edilebilirlik ve tahmin edilebilirlik gibi önemli özellikler kazandırır [45]. Çizelge 2.6’ de gösterildiği üzere Matin ve Eydgahi kinetik cephe teknolojilerini *Aktif ve Pasif Teknolojiler* olarak iki gruba ayırır. Aktif teknolojileri, mekanik, elektro-mekanik ve

bilgi teknolojileri teşkil ederken; pasif teknolojiler onların tanımına göre malzeme bazlı ve pasif teknolojilerden oluşur. Tüm bu teknolojiler ise ele alınan çalışmaya göre *duyar (sensor)*, *kontrol ve tahrik (actuating)* fazları üzerinden değerlendirilebilir.

Çizelge 2.6. Duyarlı Cephe Sistemlerinde duyar, tahrik ve kontrol teknolojileri [45]

Aktif Teknolojiler				Pasif Teknolojiler	
Mekanik Teknoloji	Elektro-mekanik Teknoloji	Bilgi Teknolojisi	Malzeme Bazlı Teknoloji	Pasif Teknoloji	
Girdiler			Girdiler		
Duyar (Sensor) Fazı	Kullanıcı gereksinimleri Kullanıcı Performansları	Sıcaklık Sensörü Nem Sensörü Işık Sensörü Dokunma Sensörü FV / UV Sensörü	Sensor Ağı	Malzeme Bazlı (Duyar/ Kontrol/ Tahrik)	Otonom İnsan Yapımı Strüktürler Sensor yok
Kontrol Fazı	Elle Çalıştırılan Sistemler	Merkez Bazlı Kontrol Sistemleri Bina Yönetim Sistemleri	Mikro kontrolcüler Ağı		Kontrol teknolojisi yok
Çalıştırma (Tahrik) Fazı	Kasnak Makaralı Sistemler Kablolu Sistemler Dişli Sistemler Çarklı Sistemler	Motor Bazlı Aktüatörler Elektrik Bazlı A. Pnömatik A. Hidrolik A.	Malzeme Bazlı A. Elektrik Bazlı A. Hidrolik A. Pnömatik A.	Form Değişken Malzeme Isıl – Bimetal M. Faz Değişken M. Elektro Aktif Polimer Biçim Hafızalı	Doğal Fenomenler (Nem/Rüzgâr/Gün Işığı)
Çıktılar (Kapalı Döngü)			Çıktılar (Açık Sistem)		

Son olarak, başka bir çalışmada ise akıllı cepheler *duyar (sensor) girdi elemanları*, *kontrol işleme elemanları* ve *tahrik (actuating) elemanları* üzerinden kategorize edilirken, bu durum tasarım değişkenleri ve alt değişkenler vasıtası ile detaylandırılarak bir eleman envanter tablosu ortaya konulmaktadır (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7. Akıllı Cepheler Kategori ve Eleman Envanterleri [46]

Sınıf	Kategori	Tasarım Değişkeni	Alt-Değişken
• Sensor / Girdi Elemanları	Sensor	Sensor yok	
		Işık	Aydınlatma şiddeti
		Sıcaklık	
		Parıltı, Güneş ışıması	
	Kullanıcı ara yüzü	Anahtarlar/termostatlar	
• Kontrol işleme elemanları	Bireysel kontrol/ İlkeler	Işık kontrolleri	
		Gölgeleme Kontrolleri	Tip panjurlar
		Termal konfor kontrolleri	Sıcaklık seviye ilkeleri
		Havalandırma kontrolleri	Gece havalandırması
			Aktif havalandırma
		Enerji kontrolleri	
		Zamanlamalar	
		Bina yönetim sistemleri	
		Senkronize kontroller	
		Pasif binalar	
	Sadece Kullanıcılar		
• Çalıştırma (Tahrik) Elemanları	Gün aydınlatma sistemleri	Güneş gölgeleme elemanları	Güneş gölgeleme elemanları yok
			Yatay
			Dış panjur/jaluzi
			Geleneksel iç panjur/perde/gölgelik
			Eleman yok
		Gün ışığı yönlendirme elemanları	Işık rafları
			Otomatik yansıtıcı panjurlar
	Pencere sistemleri	Cam elemanlar	Geleneksel cam
	Havalandırma sistemleri	Pencere açıcı	Sabit
			Manuel
		Mekanik	
	Fan havalandırma elemanları		
Soğutma ve ısıtma sistemleri	Pasif ve Aktif	Yönelim ve Güneşlik	
		Geleneksel	

2.2.5. Kinetik Cephe İşlevleri

Estetik tasarım amaçları ile inşa edilen, yapı bütünü ve bina kabuğu özelinde performans olarak enerji tasarrufuna katkı sağlamayan kinetik cephe uygulamaları uyarlanabilir veya akıllı cephe alanlarının konusuna dahil edilemez [47]. Dış ve iç mekân arasında bir araç ve aracı olan cephelerin çeşitli işlevleri birbirleri ile çatışabilir, birbirlerinin performanslarını arttırabilir veya tamamlayabilir. Bu nedenle,

bazı araştırmacılar uyarlanabilir cepheler için parçalı çözümler yerine bütüncül konseptler üzerine çalışmaktadırlar [48].

Uyarlanabilir kinetik cephe sistemleri sahip oldukları teknolojik kontrol sistemlerinin de yardımıyla teoride performans bakımından tüm iklimlere uyumluluk gösterebilir. Bununla birlikte işlevsel açıdan, sıcak iklim kuşağı üzerinde bulunan coğrafyalarda güneş ve sıcak havanın istenmeyen etkilerinden korunmak için kinetik cephe sistemleri, kontrol stratejisi olarak, iletilen toplam güneş radyasyonu miktarını azaltmak amacını benimsemesi gerekirken; soğuk iklim kuşağında yer alan coğrafyalarda ise sistem performansı ve iç mekan kalitesini arttırmak adına gün ışığından fayda sağlayabilecek şekilde tasarlanmalıdır [31].

Moloney bina kabuğunun zekasını “girdi sistemi, işlem sistemi ve çıktı sistemi” olmak üzere üç önemli anahtar terim ile tanımlar [16]. Kendi kendini organize edebilen bir sistem olarak, uyarlanabilir cepheler beklenmeyen koşullar ve birbirinden bağımsız işlevler arasında karmaşık karar verme yetisi ile yüzleşebilir. Bu sonuçlar altında geleneksel kural ve sistemlerin karmaşık işlevli ve doğrusal olmayan uyarlamalara cevap vermekte yetersiz kaldığı kabul edilebilir [47]. Bina kabuğunun çalışma sistemine ve zekasına kullanıcının dahil edilmesi, otomatik işlemin kullanıcı isteklerini kabul etmesi ve bunlar ile hangi seviyede etkileşim kuracağı ayrı bir konudur [47].

Colaco vd.’ e göre gün ışığı/gölgeleme sistemlerini performans bakımından temelde etkileyen üç faktör; cam tipi, sistemin elemanlarının dinamik karakteri ve otomasyon derecesidir. Bu etkenlerle birlikte yapay zekâ/makine öğrenmesi kullanılması ise enerji verimliliği ve otomasyon bakımından performans artışı sağlayabilir [49].

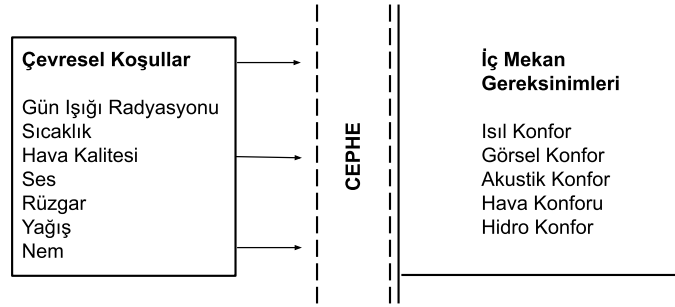
Loonen ve ekibi akıllı cephelerin uyarlanabilirliği konusundaki amaçlar/hedefler (ısı konfor, iç mekân kalitesi, görsel performans vb.) ve bu sistemlerin bunlara yönelik işlevlerini sıralar. Aynı zamanda kinetik cephenin niteliklerini; cephe elemanlarının etkenlere karşı cevap süresi, cephe elemanlarının büyüklükleri, görselliğe etkileri, çalışma biçimleri, uyum seviyeleri ve kullanılan teknoloji ve sistemler üzerinden belirlemeye çalışarak Çizelge 2.8. üzerinde gösterildiği şekilde gruplamaktadır.

Çizelge 2.8. Cephe Uyarlanabilirliği Nitelendirme Konseptleri [50]

Amaç / Hedef		Duyarlı İşlev			
Isıl Konfor		Güneş ilgili kazanımlar ile iletken, taşınımı ve uzun dalga ışınlama ısı akışının; Engellenmesi, reddedilmesi, kabul edilmesi ya da ayarlanması			
İç mekân hava kalitesi		Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü porozite (gözeneklilik)			
Görsel performans (aydınlanma, parlaklık, görüş açısı)		Görünür ışığın; Engellenmesi, reddedilmesi, kabul edilmesi ya da yeniden yönlendirilmesi			
Akustik kalite		Ses basıncının; Engellenmesi, reddedilmesi, kabul edilmesi ya da yeniden yönlendirilmesi			
Enerji üretimi		Rüzgâr ve gün ışığı enerjisinin hasat edilerek, elektrik ve ısı enerjisiye dönüştürülmesi			
Kişisel Kontrol		Kullanıcı etkileşimi Bireysel ihtiyaçlara adaptasyon			
Teknolojiler (malzemeler ve sistemler)	Zaman Ölçütü	Uzaysal Ölçek	Görünürlük	Operasyon	Adaptasyon Seviyesi
- Gölgeleme	- Saniyeler	- Bina	- Yok	- İçsel	- Açık/Kapalı
- Yalıtım	- Dakikalar	- Malzemeleri	- Düşük	- Dışsal	- Kademeli
- Değiştirilebilir Camlama	- Saatler	- Cephe Elemanları	- Yüksek		
- PCM (Faz Değiştiren Malzemeler)	- Gündüz/Gece	- Duvar			
- Güneş Tüpleri	- Mevsimler	- Fenestrasyon			
- BIPV ve Solar Termal sistemler	- Yıllar	- Çatı			
- Biçim hafızalı alaşımlar	- On yıllar	- Tüm Bina			
- Cephe açıklıkları					
- Kinetik Sistemler					
- Işınımlı Camlama					

“Uyarlanabilir Cepheler Ağı (Adaptive Facades Network)” bilimsel raporuna (COST TU1403) göre, uyarlanabilir cepheler performansları bakımından değerlendirilmeden önce, öncelikle faydalanılan teknolojiler ve amaçları bakımından kategorize edilmelidir. Loonen vd. tarafından ortaya konulan uyarlanabilir cephelerin karakteristik özellikleri içerisinde yer alan, ısı konforu, performans, iç mekân hava kalitesi, görsel ve akustik performans ile kontrol gibi durumlar uyarlanabilir kapasite özelinde en önemli parametre olarak amaç/işlevi tanımlar. Uyarlanabilir cepheler amaç/işlevin parametreleri olarak kabul edilebilecek bu iç ve dış etkenlere (Şekil 2.11) reaksiyon vermek amacıyla tasarlanabilirler. En önemli çevresel etkenler kısaca *güneş ışınlama, dış ortam sıcaklığı ve nem, rüzgâr ve yağış, gürültü* başlıkları altında açıklanabilir [51]. Bu etkenlere karşın uyarlanabilir cepheler; ısı ve görsel konfor gereksinimlerini karşılayabilmek için mekâna girmesine izin verilen gün ışığını (güneş

ışınımları) sürekli kontrol edebilir. Dış ortam ve iç mekân arasındaki dramatik sıcaklık ve nem değişimlerini geçirgenliği kontrol ederek ayarlayabilir. Uyarlanabilir elemanlar vasıtasıyla rüzgârın doğru yönlendirilmesi ile kullanıcı konforu için doğal havalandırma sağlanabilir ve gerekli durumlarda yağışlar yapıdan uzaklaştırılabilir veya yönlendirilebilir. İç mekanlarda akustik konforu sağlamak için gürültü kontrolü cephenin bir işlevine dönüşebilir.



Şekil 2.11. Çevresel Koşullar ve İç Mekan Konfor Bağlamı [48]

Böke vd. akıllı bütünleşmiş cephelerin otomatikleştirilmiş uyarlanabilirliklerinin nasıl değerlendirilebileceğini birtakım araştırma sorularıyla tartışmaktadır. Bu retorik tartışmaya göre bu tip bir cephe sistemi; sınır (çeper) koşullarını tanımlayarak ve uyarlanabilirliği etkileyen çevresel faktörleri ve konfor gereksinimlerini belirleyerek değerlendirilebilir. Ayrıca; ne tip işlevlerin benzer sistemlerin bir parçası olarak kabul edileceği belirlenmelidir. Son olarak ise; sistemin uyarlanabilirlik için otomatikleştirilmiş olma durumunun nasıl değerlendirileceği önemli bir unsurdur [48]. Öne sürdükleri bu konulara cevap verebilmek adına tanımlı cephe işlevlerini, cephe sisteminin genel özelliklerini, sistemin davranış biçimlerini ve otomasyon sistemlerini Çizelge 2.9’ da gösterilen bir süper-pozisyon matrisi üzerinden ele alırlar.

Çizelge 2.9. Cephe İşlevleri ve Uyarlanabilirlik Süper-pozisyon Matrisi [48]

	Genel			Davranış			Otomasyon		
	Teknoloji	Esnek	Uyarlanabilir	Operasyon	Cevap Süresi	Uyarlanabilirlik Derecesi	Girdi Sistemi	İşlemci Sistemi	Çıktı Sistemi
Güneş									
Gölgeleme									
Işık Yansımaları									
Parlama Koruması									
Gün Işığı Radyasyonu Kontrolü									
Sıcaklık									
Isıl Yalıtım									
Hava									
Havalandırma									
Kullanıcı									
Görsel İletişim Kontrolü									
Akustik									
Ses Yalıtımı									
Enerji									
Enerji Üretme									
Enerji Depolama									
İkmal / Destek									
Isıtma ve Soğutma									
Nemlendirme / Nem Giderme									
Elektrik									
Yapay Aydınlatma									
İletişim									

Farklı bir bakış açısından ise; uyarlanabilir cephe sistemleri yalnızca bazı belirli teknolojilerin kullanılması durumunda dikkate değer kabul edilebilir. Örneğin; güneş enerjisini depolamaya veya sönmülemeye yarayabilecek yüksek performanslı yenilikçi materyaller, yapay havalandırma sistemleri ile doğal havalandırmayı birleştirecek şekilde çalışan sistemler, güneş ışınımını kontrol edebilecek hareketli yüzeyler, bina içi konfor koşullarını arttırmak adına kullanılan teknolojik çözümler ve yapı kabuğu üzerindeki tesis ve öğeleri yönetebilmek için tasarlanan otomasyon sistemleri bu teknolojilerden bazılarıdır [34].

Kinetik cephe sistemlerinin işlevleri hususunda değinilmesi gereken bir diğer önemli konu ise kullanıcı etkileşimidir. Etrafımızdaki çevreyi/ortamı benimseyerek; kullanıcı memnuniyeti konfor algımızı yeniden tanımlayabilir. Dolayısıyla; konfor durumları, çevresel şartlar ve kullanıcı ihtiyaçları arasındaki ilişki, fiziki ve psikolojik bakış açılarından en iyileştirilerek ifade edilebilir [52]. İç mekân kalitesini arttırmak adına ortaya konulan yeni cephe tasarımı yaklaşımları, daha sofistike yöntemler ile uyarlanabilir cepheler üzerinde kişisel kontrolün olası hale gelmesi açısından yeni araştırma alanlarının ortaya çıkmasına fayda sağlayabilir [53]. Bu sistemlerin sağladığı tüm işlevsel olanaklar bina performansını arttırmanın yanı sıra kullanıcı ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurur. Örnek vermek gerekirse; ofis yapılarında iş performansını etkileyen en önemli faktörler çalışanların memnuniyeti ve konforudur. Bu şekilde bir memnuniyet, ortamdaki görsel ve ısı konforun otomatik olarak yönetilmesinin yanında kullanıcıların koşulları kontrol edebilmesi ile ilişkilidir. Dinamik sistemlerin tasarımında kullanıcıların iyi şekilde temsil edilememesi nedeniyle, hesaplanan ve elde edilen veriler arasında genel tutarsızlıklar ortaya çıkabilir. Söz konusu; kullanıcıların dinamik gölgeleme veya gün ışığı sistemlerine olan tepki ve yorumlarını ölçmek olduğunda, durum genellikle kullanıcıların konforu ile ilgilidir ve bu da bina enerji performansını etkileyebilir [31].

Kullanıcı memnuniyeti üzerinde en etkili konulardan biri olan gün ışığı kaynaklı görsel rahatsızlığı değerlendirmeye en uygun üç etken bulunmaktadır. Bu etkenler, “Faydalı Gün Işığı Aydınlatması/Endeksi (UDI-Usefull Daylight Illuminance/Index)”, “Gün Işığı Parlama Endeksi (DGI-Daylight Glare Index)” ve “Gün Işığı Parlama Olasılığıdır (DGP-Daylight Glare Probability)” [54]. Bu tanımlar içerisinde gün ışığı parlama olasılığı (DGP) kullanıcıların aydınlatma algısı ile ilişkili iken, gün ışığı parlama endeksi (DGI) tekil büyük ışık kaynaklarının parlama oluşturma etkisini değerlendirme durumunda etkilidir.

Bakker vd. otomatik dinamik cepheler özelinde kullanıcıların memnuniyeti ve etkileşimi üzerine yapmış oldukları bir çalışma doğrultusunda kullanıcılardan bazı yanıtlar elde eder. Kullanıcı ve hareketli cephe arasında kontrole yönelik bir tür iletişim veya etkileşim sağlandığında kullanıcılar tarafından; içeri giren ışık miktarı için açıklıkların ayarlanabilir olması kullanışlı bulunur. Cephe hareketi vasıtasıyla dış

etkenlerden soyutlanabilme ve bu durum üzerinde kişisel kontrol faydalı görülür. Hareket kaynaklı olarak gün ışığının iç mekâna giriş açılarının zaman içerisinde değişmesi çalışan konsantrasyonu üzerinde etkili olabilir. Işık kaynaklı rahatsızlıktan kurtulabilmek için açıklıkların konumunun değişebilme ihtimali faydalı olabilir.

Kullanıcılardan alınan olumsuz geri bildirimlerde ise; kullanıcıların kişisel tercihlerinin rol oynadığı gözlemlenebilmektedir. Örneğin; yapılan değerlendirmeler sırasında bazı kullanıcılar, dinamik cephenin çok fazla gün ışığının içeri girmesine izin verdiğini ve mekânın çok parlak olduğunu belirtirken, bazı kullanıcılar ise içerideki ışık miktarının sürekli değişmesinden ve dışarıyı görebilecekleri geniş bir pencere yüzeyi olmamasından şikâyet eder [55].

Chamilothori ve arkadaşları gerçekleştirdiği deneysel bir çalışmada VR teknolojisinin yardımıyla cephenin ve cepheden gelen ışık ile mekân kullanımı deneyiminin ortak olarak kullanıcı üzerindeki psikolojik ve algısal etkisi ölçülmek istenmektedir. Bu bağlamda öne sürülen hipotezler kullanıcıların değerlendirmeleri, ortalama kalp atış hızları ve kan basıncı değerleri üzerinden test edilmiş ve şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Düzensiz cephe geometrileri kullanıcılar tarafından basit jaluzi sistemlerine göre daha ilginç, zevkli ve heyecan verici olarak tanımlanır. İç mekanların kullanımını farklı senaryolar üzerinden yeniden değerlendirildiğinde ise sonuçlar farklı gerçekleşir. İç mekân sosyalleşme işleviyle kullanıldığında düzensiz cephe geometrisi halen ilginç ve heyecan verici bulunur. Ancak iç mekân bir çalışma alanı olduğunda kullanıcıların yorumları değişmektedir. Çalışmanın bulgularına göre mimari cephe elemanlarının ve bunların ışık ile etkileşimi, sanal gerçeklik düzleminde dahi kullanıcılar üzerinde ölçülebilir bir etkisi bulunur. Cephe geometrisi veya örüntüsü üzerindeki basit bir değişikliğin kişinin kalp atış hızlarını değiştirebilmesi, mimari açıdan yeni farklı öneriler getirilmesine fayda sağlayabilir [56].

Pencere gölgeleme elemanları performans çıktılarının yanı sıra iç mekan konfor kalitesini, ayrıca görme konusuyla ilgili olarak etkileyebilir [57]. Günümüzde cepheler gözlemcinin pozisyonuna bağlı olarak kullanıcının yaşam tarzını veya mahalle içerisindeki kentsel peyzajı yansıtan bir araç veya ortam haline dönüşür [8]. Görme kalitesi, yapının çevresi ve deneyimlenen yükseklik ilgili olarak değişkenlik

gösterebilir. Dış mekân görüşünün kısıtlı olması kullanıcıları doğal peyzaj veya çevresel unsurların sunabileceği olanaklardan ve çeşitlilikten mahrum kılar. Dolayısıyla, mekân organizasyonu, pencere açıklıklarının pozisyonu ve mimari tasarım süreciyle ilgili detaylar işlenirken görme konusunun dikkate alınması önemli bir bileşen olarak karşımıza çıkar [58].

Bu kapsamda; uyarlanabilir cephelerde farklı özelliklere sahip hareketli unsurların görme kalitesine etkisini ve önemini vurgulamak için örnek bir senaryo model (Çizelge 2.10) analiz edilerek incelenebilir [59]. Test ortamı Rhinoceros programı – Grasshopper eklentisi üzerinde görme alanını Isovist yöntemi ile hesaplayacak şekilde oluşturulur. Gözlemci; cepheden 2,5 metre uzaklıkta mekânın merkezinde konumlandırılırken, bakış yüksekliği ise 1,8 metre olarak düzenlenmektedir.

Çizelge 2.10. İç Mekandan Dışarı Doğru Görme Analizi – Isovist Yöntemi [59]

	Açık	2/3 Açık	1/3 Açık	Açık	60° Açık	30° Açık	
Tip.1a							Tip.2a
	81%	53%	31%	66%	49%	19%	
Tip.1b							Tip.2b
	82%	50%	10%	60%	47%	15%	

Not: Kinetik cephe elemanları opak olarak kabul edilmiştir. Yüzdeler görülebilir alanı belirtmektedir.

Bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre; tasarımla ilişkili olarak hareketli cephe elemanları görme açısını ve alanını etkileyebilir. Örneğin; düşey gölgeleme elemanları dönüş eksenine bağlı olarak görme doğrultusunu belirler. Görece büyük yüzeyli hareketli cephe elemanları küçük yüzeyli elemanlara göre dar açılımlarda daha iyi bir görüş alanı sunar. Küçük yüzeyli hareketli elemanlar cephe yüzeyinde çok fazla bölünme/parçalanmaya sebep olacağı için kullanıcıya konforsuz bir görme alanı bırakır. Son olarak ise; tam açık durumda kare modüllerin yatay isovist düzleminde

düşey yönlü cephe elemanlarına göre daha iyi sonuç verdiği varsayılabilir ancak isovist yöntemi ile görme miktarı hacimsel olarak hesaplandığında sonuçlar değişebilir.

Görme konusu tek yönlü bir eylem değildir. Bakış dış ortamdan içeriye olduğunda ise; gözlemci ve kullanıcı için deneyimler farklı bir boyuta evrilir. İç mekandan dışarıyı görme konusu aynı şekilde dışarıdan iç mekanı görmeyle ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır ve bu durum mahremiyeti etkiler [58]. Mahremiyet de geçirgenlik konusu ile ilişkilidir. Gün boyunca dış ortamın iç mekândan daha aydınlık olması nedeniyle dışarıdan içeriyi görme görece engellenmiş durumdadır. Dolayısıyla cephe düzenlemesi ışık ve ısı kaynağından faydalanmak üzere kurgulanabilir ve mahremiyet konusu göz ardı edilebilir. Ancak, gece boyunca yapay aydınlatma sayesinde iç mekanlar dışarıdan görülebilir hale gelmektedir bu da mahremiyet sorunlarını ön plana çıkarır. Dolayısıyla, hareketli cephelerin gün aydınlatmasının yanı sıra gece mahremiyet sorunlarına da uyarlanabilir şekilde cevap vermek üzere kurgulanması tasarımcının amaçlarından biri haline gelmelidir.

2.2.6. Üretken Tasarım Stratejileri ve Yöntemleri

Üretken sistemler; dilbilimsel ve biyolojik olmak üzere iki grupta ifade edilebilir. Dilbilimsel sistemler, dil bilgisi temelinde tasarımı örgütsel kurallar ile yönlendirir ve formu biçimlendirir. Bu örgütsel organizasyon süreçleri belirlenecek parametreler, değişkenler ve algoritmalar yardımı ile düzenlenebilir. Biyolojik sistemler ise doğadaki karmaşık yapıların ilkelerini formun türetilmesi ve dönüşümü için kullanır [60]. *Biyomimesis, morfogenesis, fraktaller, l-sistemler* gibi tasarım stratejileri ise doğadan örnekleme ile gelişen biyolojik üretken sistemler olarak isimlendirilebilir.

Caetano vd. üretken tasarımı, algoritmik tanımlamalar ile özerk tasarımlar üretmeyi sağlayan bir yaklaşım olarak ifade eder. Bu süreç baştan sona istenilen uygunluk kriterlerini amaçlayan tasarımlar geliştirmeyi amaçlar. Bu özelde; üretken biçimlendirme süreçleri dört bileşenden oluşur; bunlar başlangıç noktası, girdiler, üretken kurallar mekanizmaları ve sonuç ürünün en iyi çeşitlemeler içinden seçilmesidir [60]. Bu bölümün devamında uyarlanabilir kinetik cephe sistemlerinin

geliştirilebilmesi için gerekli konulardan biri olarak kabul edilebilecek, yaygın olarak bilinen üretken tasarım yaklaşımları, araçları ve stratejileri hakkında bilgiler “özel tasarım yöntemleri” ve “dijital tasarım stratejileri” olmak üzere iki ana başlık altında sunulmaktadır.

2.2.6.1. Özel Tasarım Yöntemleri

Tasarımcılar form bulma, tasarımının türetilmesi ve dönüştürülmesi kapsamında doğadan esinlenerek veya taklit ederek biyolojik süreçlerden faydalanabilir, matematiksel teoremler ve mühendislik teknikleri kullanarak amaç doğrultusunda tasarım aşamalarını kurgulayabilirler. Bu doğrultuda belirli bir tekniğe ve kurguya sahip süreçler özel tasarım yöntemleri başlığı altında değerlendirilebilir.

Biyomimesis ve Morfogenesis

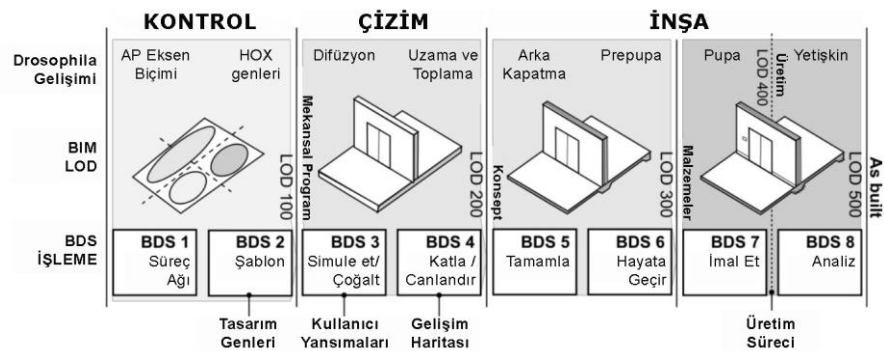
İnsanoğlu mimarlık ile tanıştığı günden itibaren bir şeyler inşa etme süreçlerinde kendisine sürekli bir esin kaynağı arar. Aradığı bu esin kaynağı için insanoğlu doğaya dönmeyi bir çözüm yolu olarak değerlendirir. Doğadaki canlıların hareket biçimleri, yapısal modelleri, büyüme şekillerinden esinlenerek veya bunları taklit etme yoluna gider. Günümüzde ise bu sürecin bir devamı olarak “biyomimesis” kavramından, araştırmacılar ve bilim insanları tarafından; mimarlıktan, tıba ve mühendisliğe kadar birçok alanda kullanılan bir ana bilim dalı ve/veya bir bilimsel disiplin olarak faydalanılmaktadır.

Biyomimesis, mimari süreçlerde form bulma aşamasında tasarımcıya birçok fırsat ve potansiyel yaratmasının yanında aynı zamanda, doğadan esinlenme sonucunda daha hafif yapıların en az malzeme kullanılarak elde edilmesine yardımcı olur. Günümüzde ve gelecekte kentsel ve mimari ölçekte sürdürülebilirlik, çevresel ve sosyal dönüşüm ile yaşam alanlarının fiziksel ve kullanışlılık ile ilgili dönüşümleriyle ilgili konularda etkili olmaktadır [61].

Biyomimesis ile ilintili olarak Roudavski morfogenesisi biyoloji, jeoloji, mühendislik, kentsel çalışmalar, sanat ve mimariyi içeren bir kavram olarak tanımlar. Bu çerçevede

morfogenesisin mimariyle ortak yönlerini doğanın halihazırda çözmüş olduğu zorlukları aşmak, büyüme ve adaptasyonları modellemek için aynı dili kullanmak ve bu konseptler (büyüme/adaptasyon) çerçevesinde etkileşimli yapılar kurgulamak şeklinde sıralar. [62]. Özet olarak; Roudavski morfogenesisi görselleştirme için bir sunum aracı olmakla birlikte, daha çok form ve formun varyasyonlarını üretmek için dijital ortama uygulanan yöntemler grubu olarak tanımlamayı tercih eder. Bu şekilde morfogenesis; karmaşık, uyarlanabilir yapıların bütüncül veya hücresele kurgulanışına sistem ve strüktürel anlamında faydalar sağlar; sağlam bir hayal gücü, deneyler için güvenli ve esnek bir çevre sunar; simülasyon değerlendirme tabanlı tasarım araçları ile yöntemsel bütünleşmeye ve yöntemsel zincirin farklı noktalarında esnek ve yüksek kabiliyetle ayarlamalar yapılabilmesine imkân tanır. [62].

Farklı bir çalışmada ise McGinley akıllı binalar için morfogenetik mimari konusu üzerinden “*Bilim Kurgu Prototip Oluşturma (Science Fiction Prototyping-SFP)*” adını verdiği kavramsal bir çerçeve ortaya koyar (Şekil 2.12). Burada *Drosophila melanogaster* (sirke sineği) isimli canlının gen yapısından yetişkinlik dönemine kadar olan gelişim evreleri bir mimari biçim geliştirme çalışmasına uyarlanarak her aşamada yapısal detaylandırmalar geliştirilir. Bu çerçeve ile, morfogenesisi; akıllı binalarda uygulamak adına uygun süreçleri tanımlamak ve kullanmak için önerilen disiplinsel bir köprü olarak tanımlar [63].



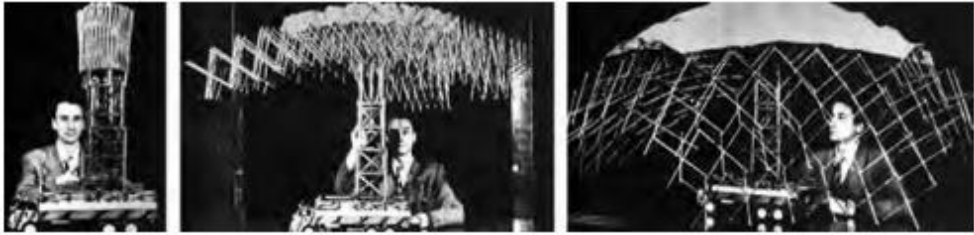
Şekil 2.12. Morfogenetik Mimari Çerçevesi [63]

Sonuç olarak; biyomimesis ve morfogenesis tasarım süreçleri içerisinde form-bulma fazında etkinlik gösterebilmesine ek olarak, ayrıca tasarımın başlangıç evresinden son evreye kadar tasarımın adaptasyon ve optimizasyonuna katkı sağlayabilmekte ve aynı

zamanda tasarımın bütüncül olarak kavramsal bir çerçeve ile yürütülmesine destek olabilmektedir.

Origami ile Form Bulma, Gerilim Bütünlüğü (Tensegrity) ve Tesselasyon

Origami sanatı antik bir Japon el işi sanatı olmasıyla birlikte matematiksel ve geometrik olarak yaklaşımları ve strüktürel olarak sağladığı avantajlar nedeniyle günümüzde mühendislere, sanatçılara, tıp araştırmacılarına mimarlar ile benzer meslek ve bilim gruplarına statik veya dinamik strüktürler ile yeni formlar ortaya koyabilmeleri açısından birçok fayda sağlamaktadır [64]. Günümüzde origaminin matematiksel temeli nedeniyle hesaplamalı tasarım yöntemleri ile uyumu, algoritma çalışma prensiplerine uygunluğu ve yüksek potansiyeli, hesaplamalı tasarım yöntemleri ile ilgilenen mimarlar/tasarımcıların ilgisini çekmektedir. Origaminin konumuzla olan asıl etkileşimi ise düzlemsel bir yüzeyden katlanarak çeşitli şekillerin, mimari anlamda kabuk veya plakaların elde edilebilmesine elverişli olmasıdır. Bunun yanı sıra, matematiksel anlamda tasarım sırasında hareket kazandırılabilir tepe ve vadi noktalarına sahip olması bakımından önemli avantajlar sağlar. Pinero' un makas mekanizması ve Hoberman' ın Iris Kubbesi bu yaklaşımın mimarideki ilk örneklerini oluşturur [64]. (Şekil 2.13, Şekil 2.14)

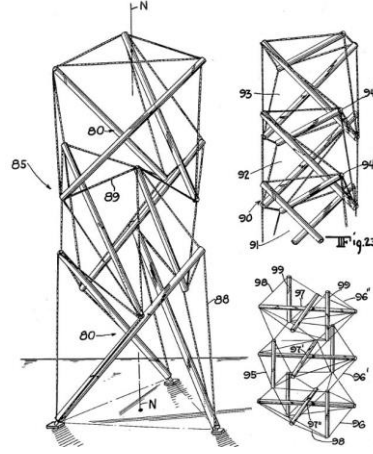


Şekil 2.13. Pinero' un Makas Mekanizması [64]



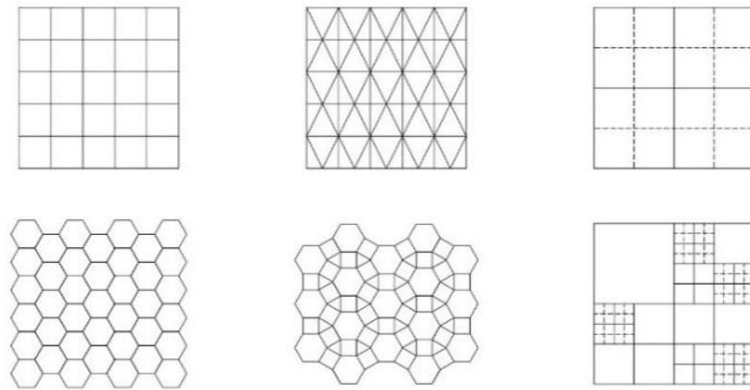
Şekil 2.14. Hoberman' ın Iris Kubbesi [64]

Basınca karşı çalışan bağlantı kirişleri veya demir çubukların, sürekli gerilme kuvveti etkisi altındaki tel, kablo veya tendonlar vasıtasıyla birbirine bağlanarak bir ağ oluşturduğu yapısal sistemlere *gerilim bütünlüğü (tensegrity) strüktürleri* denir (Şekil 2.15). Hafif olma, katlanabilme, yer değiştirme ve dayanım gösterebilme avantajlarına sahiptir [65].



Şekil 2.15. Snelson' un Gerilim Bütünlüğü Yapısı Patenti [66]

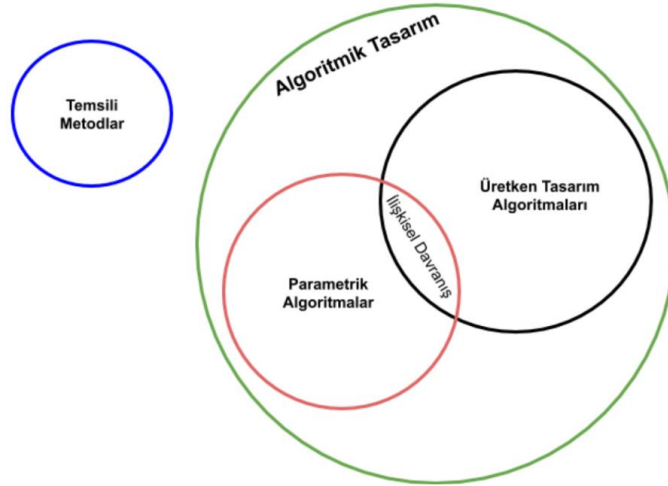
Tesselasyon; bir düzlemin iki boyutlu biçimler kullanılarak aralarda boşluk kalmayacak ve üst üste binmeyecek şekilde kaplanması olarak tanımlanabilir (Şekil 2.16). Farklı bir yöntem olarak ise strüktürel bağlamda; çatı vb. hareketli üst örtü ve hareketli cephe yüzeylerinde genişleyebilen bir örüntü tasarlanmasında tesselasyon strüktürleri oldukça başarılıdır [67,68]. Hoberman' ın Iris Kubbesi aynı zamanda genişleyebilir bir tesselasyon olma özelliğine sahiptir (Şekil 2.14).



Şekil 2.16. Tesselasyon Örnekleri

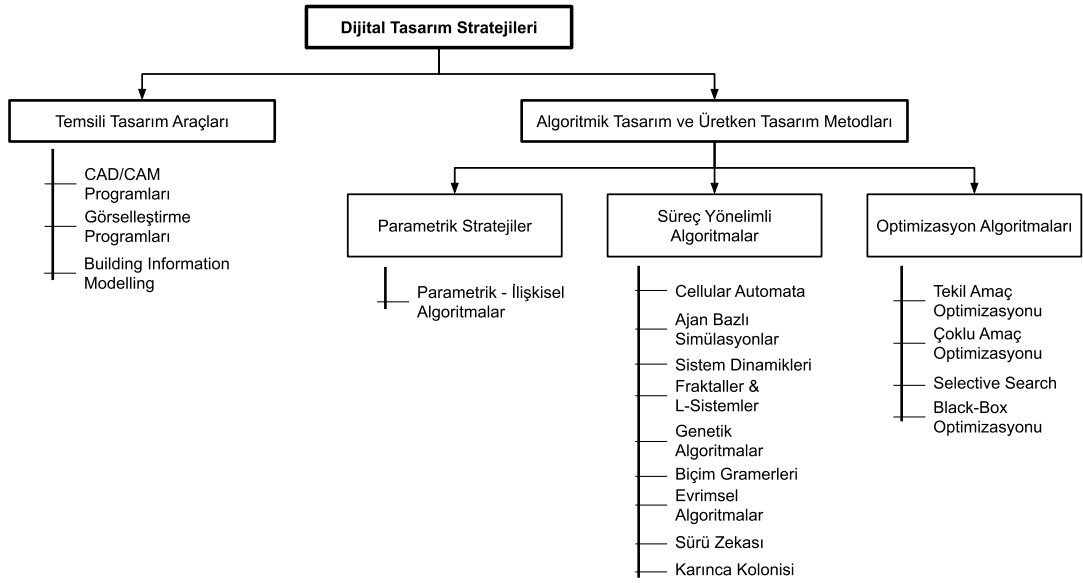
2.2.6.2. Dijital Tasarım Stratejileri

Kinetik mimari ve kinetik cephe tasarımına dair biçimsel ve strüktürel ifade ile ilgili olarak dijital mimari; potansiyeli, yöntemleri ve kullandığı araçlar bakımından önemli bir yer arz eder. Dijital tasarım stratejileri kapsamında Grisaleña' nın dijital tasarım araçları ile ilgili olarak yapmış olduğu sınıflandırmaya ve tanımlamalara göre bu yöntemlerin/araçların birbirleriyle ilişkisi Şekil 2.17' deki gibi görsel olarak ifade edilir [69]. Bu çerçevede üretken tasarım algoritmaları ile parametrik algoritmalar, algoritmik tasarım çatısı altında yer alırken bunların kesişim kümesini ilişkiyel davranış oluşturur. Temsili yöntemler, dijital tasarım stratejileri içerisinde yer almakla birlikte algoritmik tasarım çerçevesinin içerisinde yer almaz.



Şekil 2.17. Dijital Tasarım Stratejileri

Konu özelinde elde edilen veriler çerçevesinde Grisaleña ile Singh & Gu' nun çalışmaları derlenerek dijital tasarım stratejileri ile ilgili olarak bir sınıflandırma yapmaya yardımcı olacak bir diyagram elde edilebilir (Şekil 2.18).



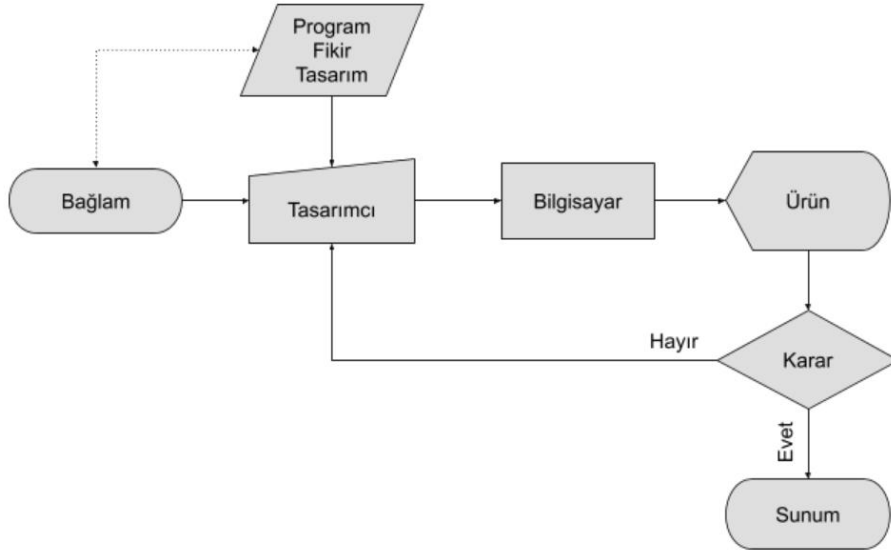
Şekil 2.18. Dijital Tasarım Stratejilerinin Sınıflandırılması

Grisaleña' nın çalışmasına göre dört farklı tasarım aracı bulunmaktadır [69]. Bunlar;

- Temsili Yöntemler (Representational Methods)
- Parametrik Yöntemler
- İnteraktif Tasarım = Parametrik Planlar + Zaman
- Üretken Yöntemler/Stratejilerdir.

Temsili Yöntemler

Temsili yöntemler bir bağlam çerçevesinde tasarımcının, program, fikir ve tasarım kararları doğrultusunda bilgisayarı bir temsil veya sunum aracı olarak kullandığı ürünün tasarımcıya ait olduğu bir temsil biçimidir (Şekil 2.19).

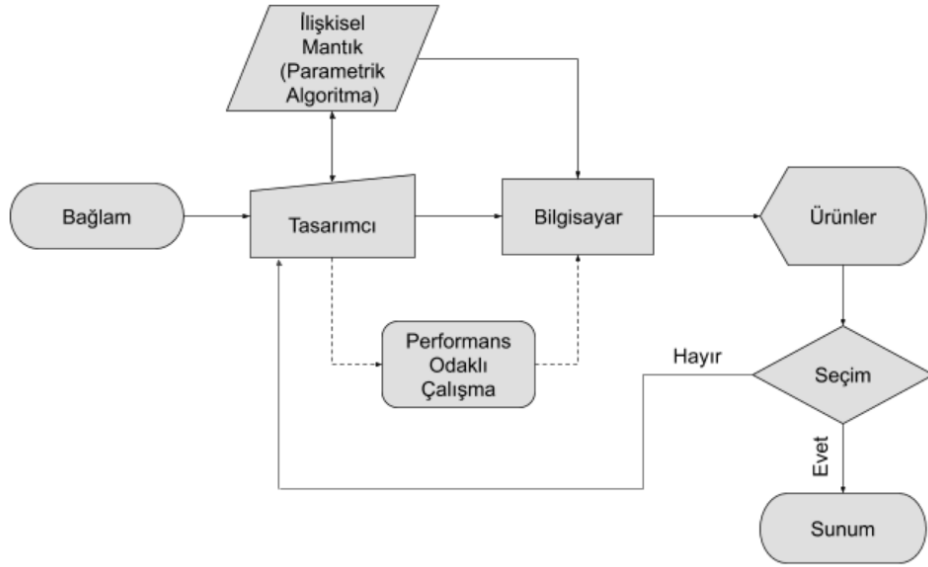


Şekil 2.19. Temsili Yöntemler Süreç Algoritması

Herhangi bir ilişkisel formülasyonun yer almadığı, sayısal tasarım yöntemleri bu gruba dahil edilebilir. Çünkü burada tasarımcı bilgisayarı herhangi bir algoritmayı hesaplamak amacıyla değil, zihnindeki tasarıma ait sayısal hesaplamaları kurgulayabileceği bir araç olarak görür ve ürün odaklı bir çalışma yürütmeyi amaçlar. BIM (Yapı Bilgi Modellemesi), CAD/CAM, 3D görselleştirme programları bu grup çalışmaları yürütmek için kullanılan temsil araçlarıdır.

Parametrik Yöntemler

Parametrik tasarım, bir tasarımın parametreler kullanılarak tanımlanması yaklaşımıdır [70]. Örneğin, bir kare prizmanın tasarımın ifadesi yerine, bu prizmanın kare kenar uzunluğu ve prizma yüksekliği ile formüle edilmesidir. Parametrik stratejilerde de temsili yöntemde olduğu gibi tasarımcının bir bağlam çerçevesinde çalışması mümkündür. Ancak parametrik çalışma sürecinde tasarımcı kurgulanmış tasarımın kendisini bilgisayar vasıtası ile oluşturamaz, bunun yerine tasarımı bilgisayarın oluşturabileceği bir ilişkisel mantık üzerine kurgular (Şekil 2.20).

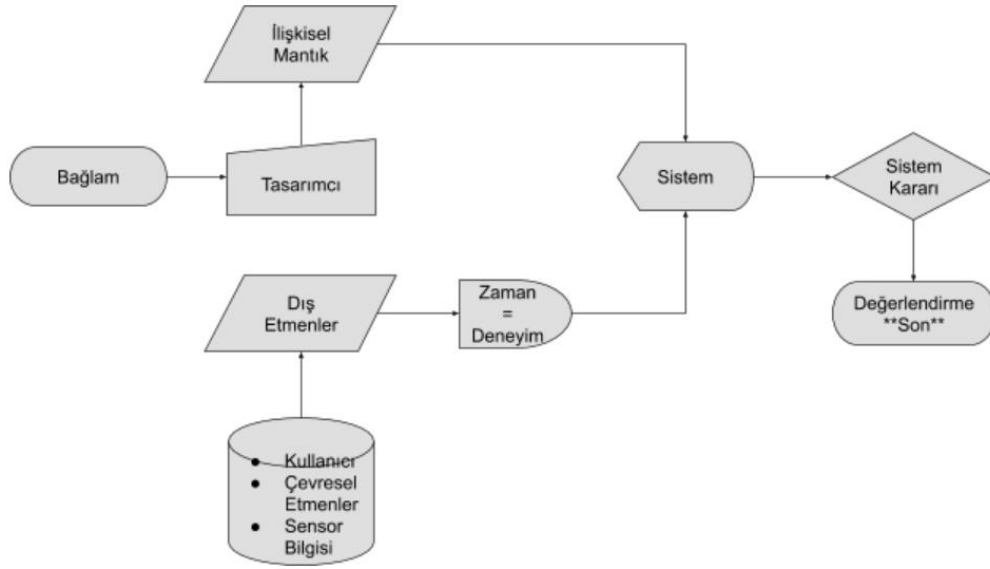


Şekil 2.20. Parametrik Yöntemler Süreç Algoritması

Bu ilişkisel mantık; kullanıcı, performans, çevresel etkiler, adaptasyon, estetik vs. gibi kavramlar üzerinde şekillendirilebilir. Bu süreçte tasarımı ilişkisel mantık çerçevesinde oluşturan bilgisayardır. Tasarımcının sürece algoritmik mantık kurulması ve sonuç ürünü eliminasyonu üzerinden yetkisi ise süreklidir.

İnteraktif Tasarım

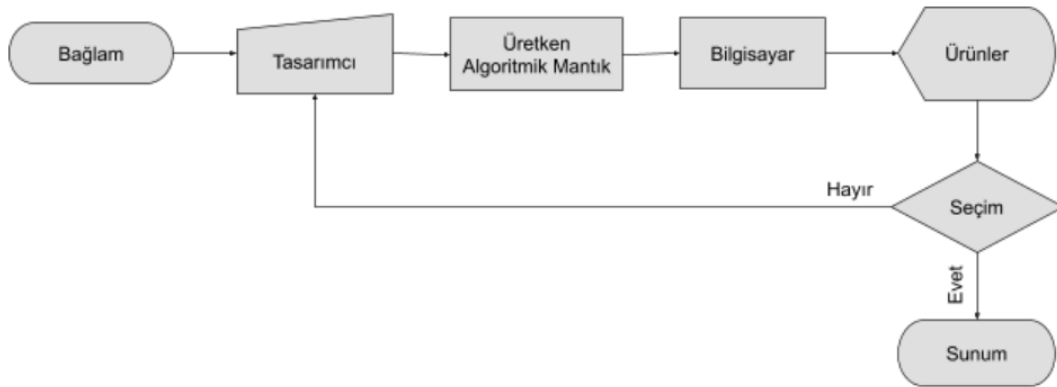
İnteraktif tasarım doğrudan bir strateji olmamakla birlikte parametrik ve üretken tasarım yöntemleri ile dış etmenlerin ve zaman değişkeninin katkısıyla ortaya çıkan bir tasarım biçimidir (Şekil 2.21). Bir çeşit sistem tasarımı olup, sistemin zaman içerisinde dış etmenlerden gelen veriler ve bunlara verdiği cevaplar doğrultusunda çift yönlü etkileşimi esas alan bir tasarım ve çalışma mantığıdır.



Şekil 2.21. İnteraktif Tasarım Süreç Algoritması

Üretken Yöntemler ve Tasarım Araçları

Üretken tasarım stratejileri içerisinde tasarımcının kendisi tarafından oluşturulan veya matematik bilimi çerçevesinde mevcut olarak tanımlanmış algoritmaların kullanılması söz konusudur (Şekil 2.22). Algoritmaların hesaplamalı olarak tasarımın sonuç ürününü veya süreç içerisindeki tasarım bileşenlerini yönetme üretme kapasitesi; tasarımcılara işlevsellik, genişletme, durum değerlendirme yapma ve tasarım sorunlarına uygun cevap verebilme yeteneği kazandırır [60].



Şekil 2.22. Üretken Algoritma Stratejileri Süreç Algoritması

Bu mantık özelinde üretken tasarım yöntemlerinde; tasarımcı sürecin başlangıç aşamasında kurallar grubunun oluşturulması üzerinde etkili olup sonraki fazlarda süreci izleyici, final aşamasında ise seçim görevini yapmak üzere rol alır. Algoritmik tasarım; sonuç ürünleri ve algoritma arasındaki ilişkiyi belirgin bir şekilde tanımlayabildiğimiz bir üretken tasarım yöntemidir [70].

Literatür taraması sürecinde karşılaşılan bazı çalışmalarda parametrik tasarım bir üretken tasarım metodu olarak değerlendirilirken, birçoğunda ise dijital tasarım stratejileri altında farklı bir başlık olduğu dile getirilmektedir. Bu doğrultuda parametrik ve üretken tasarım yöntemleri arasındaki farklar ve/veya ilişkisel durum farklı eserler üzerinden de değerlendirilebilir. Bu söylem doğrultusunda Dunn, parametrik tasarımın tasarımcıya elemanlar ve eleman grupları arasında ilişkileri tanımlamaya, değer/ifade atamaya ve bu tanımlamaları kontrol etmeye izin verdiğini belirtir [15]. Dino'ya göre ise üretken sistemler tasarım ürününü belirlemek yerine tasarım ürününün daha üst bir seviyede nasıl yapılacağını kodlar. Dolayısıyla bu sistemler formasyonu formun üzerine taşır [60]. Bu bağlamda parametrik ve üretken stratejiler arasındaki en temel farklılık şöyle açıklanabilir. Parametrik stratejiler ile yürütülen bir süreç başlangıcından itibaren tasarımcının tüm ilişkisel kuralları ve adımları inşa ederek, kontrol etmesi ile mümkün olurken, üretken stratejilerde tasarımcı başlangıçta öncü koşulları oluşturur ve kontrol eder, sonrasında ise oluşturulan veya tasarlanan algoritmik mantık çerçevesinde, geriye kalan süreci bilgisayar aracı gerekli hesaplamaları yaparak sürdürür.

Oxman (2006) dijital tasarım araçlarını farklı kategoriler altında tanımlarken, üretken tasarım araçlarının en belirgin karakteristik özelliğini; tasarımcının kontrol ve değişiklik yapabilmesini mümkün kılan etkileşim modülleri olarak belirtir. Konuyu bir ileri seviyede ise birbiriyle bütünleşik ve özel tasarım araçlarının eksikliği üzerinden tartışır [71].

Singh ve Gu ise bütünleşik ve özel tasarım araçlarını “üretken tasarım sistemleri” olarak tanımlar ve bu sistemlerin tasarım arayışlarının etkin uygulamalarda artırılmasını amaçladığını belirtir. Bütünleşik üretken sistemler, üretim sürecinde tasarımcının merkezde kabul edildiği uzman bir sistem olarak görülebilir. Tasarımcı

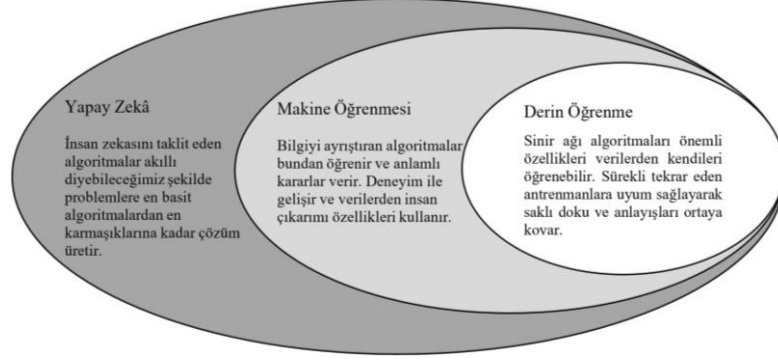
aynı zamanda sistemi ve aracı kuran kişi olarak onun gelişimine de katkı sağlar. Bu üretken sistemlerin değerlendirme süreçlerinin ise; tasarımın ihtiyaçlarını en iyi karşılayan üretken tasarım tekniklerinin seçilmesi (tümevarım - tümdengelim), tasarım aşamalarının ve muhtemel geçişlerin doğru hesap edilerek problemlerin yeniden formüle edilebilmesi, biçimsel diller arasında geçişte gerekli gereksinimler ve varsayımların tanımlanarak, birleşik uzman bilgisi sayesinde tasarımcıya olanak tanıyan tetikleyiciler yoluyla gerçekleştirilebileceğini ifade eder. [72].

Güzelci bütünleşik üretken tasarım sistemi ile bir üretken cephe sistemi önerisi sunduğu çalışmada üretken tasarım yöntemlerini (genetik algoritmalar, biçim gramerleri, hücrel özdevinim, L-sistemler) kavramsal temelde ele alarak tanımlar. Yöntemlerin aralarındaki teknik ve tasarım problemleri anlamında farklılıkları not eder. Sonuç olarak; tekil olarak kullanıldığında üretken tasarım araçlarının yalnızca belirli problemlere çözüm üretebilir olması nedeniyle iki veya daha fazla üretken aracın birleştirilerek daha verimli ve esnek bir şekilde kullanılabileceğini savunur [73]. Güzelci, Singh ve Gu' dan alıntıyla uygun bir bütünleşik üretken tasarım sisteminin oluşturulmasında belirli adımlara dikkat çekmektedir. Bu çerçevede; problemler parametreleri üzerinden yeniden formüle edilebilir olmalıdır. Tasarım süreci için aşamalar yeniden belirlenebilmelidir. Özelden genele doğru bir yaklaşım tercih edilebilir ve bununla ilişkili olarak tasarım genişleme potansiyeline sahip olabilir. Tasarım süreci akış üzerinden formüle edilebilir. Farklı durum ve aşamalar için kullanılan teknikler değişkenlik gösterebilir.

Yapay Zekâ Destekli Mimari Tasarım

Dijital tasarım araçları/stratejileri içerisine dahil edilmeyen ancak mimari tasarım alanında gelecek vaat eden bir diğer konu ise “yapay zekâ destekli tasarımdır.” Yapay zekâ, 1950’li yıllardan itibaren teknoloji çevrelerince sıkça kullanılmaya başlanmış bir terimdir. İnsan gibi düşünen ve zekâ gösteren makinalar fikri uzunca bir süredir heyecan yaratmaktadır. Ancak günümüzde “yapay zekâ” tabiri daha çok bir kapsayıcı şemsiye isim ve konsept olarak kullanılmaktadır. 1990’lı yıllardan itibaren yapay zekâ tabiri kullanımıyla birlikte “makine öğrenmesi” teriminin kullanılması da yaygınlaşmaktadır. 2010 yılı itibariyle ise bu çalışma alanına “derin öğrenme” terimi

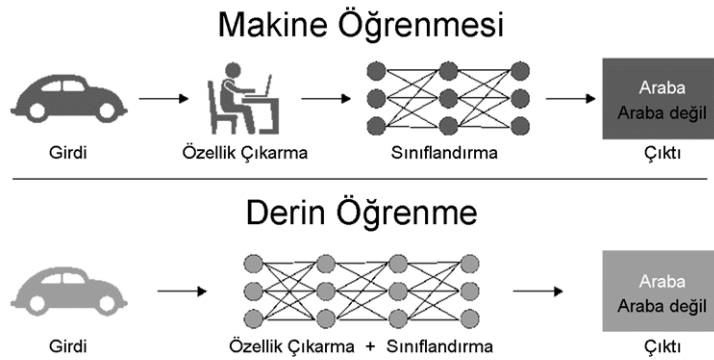
dahil olur. Bu terimlerin kullanımı ve kapsamı *venn şeması* gösterimi ile Şekil 2.23’ de sunulmaktadır.



Şekil 2.23. Yapay Zekâ ve Alt Kümeleri [74]

Makine Öğrenmesi: Bilgisayar veriler içerisinde programcının belirlediği özellikleri kullanarak sahip olduğu deneyimi geliştirir (Şekil 2.24). Algoritmalar ile veriyi denetler ve kullanır, daha sonra öğrendiklerini kullanarak çıkarımlar yapar ve bilgili kararlar verir.

Derin Öğrenme: Sinir ağı algoritmaları yardımıyla programlanan yapı veri grubu içerisindeki önemli özellikleri kendi kendine öğrenir (Şekil 2.24). Tekrarlı antrenmanlarla kendini uyarlayarak saklı doku ve anlayışların örtüsünü kaldırır.



Şekil 2.24. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Arasındaki Fark [75]

Makine öğrenimi teorisi; akıllı uygulamaları oluşturmak için kullanılabilen, istatistik, olasılık, bilgisayar bilimi ve yinelemeli veriden öğrenmekten ortaya çıkan algoritmik

yönlerle kesişen bir alandır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenmenin ayrı yapay zekâ konseptleri olarak tanımlanmasındaki temel neden bilgiyi işleme ve öğrenmede katmanlaşma ve kapsam farklılıklarından ileri gelmektedir (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Arasındaki Farklar

Makine Öğrenmesi	Derin Öğrenme
<ul style="list-style-type: none"> Küçük veya orta büyüklükte veri gruplarına ihtiyaç duyar 	<ul style="list-style-type: none"> Gerçek anlamda büyük, geniş veri setlerine ihtiyaç duyar.
<ul style="list-style-type: none"> Algoritmalar programcı tarafından değerlendirilebilir, değiştirilebilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Algoritmalar programcı müdahalesini gerektirmez. Kendi kendini yönlendirebilir ve öğrenebilir.
<ul style="list-style-type: none"> Sonuç ürünü bir sayı değeri veya sınıflandırma verisi olabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Sonuç ürünü herhangi bir şey olabilir.

Makine öğrenmesi/derin öğrenme konuları altında yöntem bakımından özelleşen *destekli öğrenme (reinforcement learning)*, *amaç oryantasyonlu zekâ (goal oriented intelligence)* vs. gibi farklı algoritma kullanımları mevcuttur. Bu örnekler sayıca arttırılabilir ve kullanımlar genel olarak amaca veya problemin tanımına göre farklılaşabilir.

Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin gelişiminin bize sağladığı imkanlar sayesinde, tasarıma olan hiyerarşik yaklaşım yavaş yavaş yerini hiyerarşik olmayan modellere bırakmaktadır. Bu hiyerarşik olmayan yaklaşımlarla birlikte tasarım sürecine dair kompleks amaç ve isteklere cevap verebilecek yöntem olarak algoritmik ve heuristik yaklaşımlar gelişmeye başlamaktadır. Bu süreçte, kendi kendine öğrenebilir ve/veya yapay zekalı sistemler tasarımın içine dahil edilmektedir.

Tasarım süreçlerini yürütmede yapay zekâ ilişkili birçok algoritmik tasarım stratejisi ve aracı bulunmaktadır. Moloney' e göre *evrimsel algoritmalar ve yapay sinir ağları* konuyla ilgili önemli iki stratejidir [16]. Sher ve ekibine göre; evrimsel algoritmalar uygulanabilme potansiyeli olan, en uygun jenerasyonların simüle edilmesinde ve üretilmesinde rol alırken, yapay sinir ağları sistemlere öğrenebilme kapasitesi sağlar [76]. Cudzik & Radziszewski bu araçlara *sürü zekası* da dahil eder ve tanımlar. Bu tanımlara göre, evrimsel algoritmalar; yeniden üreme, mutasyon, yeniden kombinasyon ve seçim bakımından biyolojik evrim sürecini taklit eden algoritmalar

sınıfını temsil eder. Sürü zekası; basit bir kural seti ile herhangi bir müdahaleye gerek duymadan kendinden hareketli elemanlar ile bir sistem oluşturulması olarak ifade edilebilir. Sinir ağı ise; insansı düşünce biçimini taklit edebilme yetisine sahip, tahmin edilebilmesi zor çıktılar üretebilen bir hesaplama aracı olarak tanımlanabilir [77].

Algoritmik tasarım araçları sembolik ve alt-sembolik sistemler olmak üzere iki gruba ayrılır. Parametrik formların ve ilişkilerin oluşturulduğu hiyerarşik algoritma biçimleri sembolik sistemler olarak tanımlanır. Sonuçların daha beklenmedik ve sistemsel bağımlılığın daha akışkan olduğu sistemler ise alt-sembolik sistemleri teşkil eder [77].

Uyarlanabilir bina kabukları üzerinde çalışan birçok araştırmacı; ısı, güneş, ışık, gölgelendirme, teknolojik perspektifinden akıllı cepheler ile ilgili birçok sınıflandırma yapmış olmasına karşın, öğrenebilme yetisinin dışında, programlama ile ilgili herhangi bir kriter veya sınıflandırma geliştirdiği görülmemektedir. Bu yazılım; yapay zekâ tabanlı karar verme yetisi ya da otomasyon parçaları arasındaki ağ seviyesi veya iletişim vs. olarak örneklendirilebilir [78].

Literatür taraması neticesinde makine öğrenmesi ve yapay zekâ konularıyla ilişkili kinetik mimari çalışmaların kısıtlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak Kontovourkis ve ekibinin yürüttüğü çalışma verilebilir. Bu çalışmada kinetik bir strüktürün uyarlanabilir davranışlarını, transformasyon süresince uygun bir sonuç biçimi ortaya koymak amacı ile incelenir. Bir makine öğrenme metodolojisi olarak ise yapay sinir ağı algoritmaları, önerilen strüktüre uygulanmaktadır [79].

2.2.7. Cephe Tasarım Bileşenleri

Mimari tasarımda cephe tasarımı ve kompozisyonu özel bir yer teşkil eder. Cephe; yapının şehrin sosyal alanlarıyla iletişim kuran en dış katmandır. Bu katmanın tasarımı için mimar daima çeşitli zorluklarla ve kısıtlamalarla karşı karşıya kalır. Mimari planın cephe tasarımına yansıtılması ileri geri adımlarla sürekli devam eden bir sürece dönüşmektedir. Geleneksel olarak mimari tasarım ele alındığında, cephe tasarımına kadar olan süreçte; mimar önce tasarımın konseptine karar verir ve konsept doğrultusunda yapının plan şemalarını oluşturur. Gerekli gördüğü takdirde cephe

kompozisyonunu bölümlendirebilir. Yapının mekân organizasyonu ve cephe tasarımı arasında tatmin eden bir ilişki kurana ve bir sonuç elde edene kadar ileri geri mekik dokur ve tasarımı tamamlar.

Caetano, Santos & Leitao' ya göre tasarım aşamasında cepheyi oluşturan bileşenler sekiz kategoriye sahip bir kavramsal çerçeve altında derlenebilir. Bu kategoriler; cephe geometrisi, elemanların geometrisi, elemanların biçim bozulması, elemanların dağılımı, elemanların dönmesi, elemanların büyüklüğü, malzeme ve renk ile cephe eklemlenmesidir. Çizelge 2.12' de yer alan sınıflandırma sentezinde belirlenen cephe bileşenleri altında, onunla ilişkili olabilecek parametrelerde sıralanır.

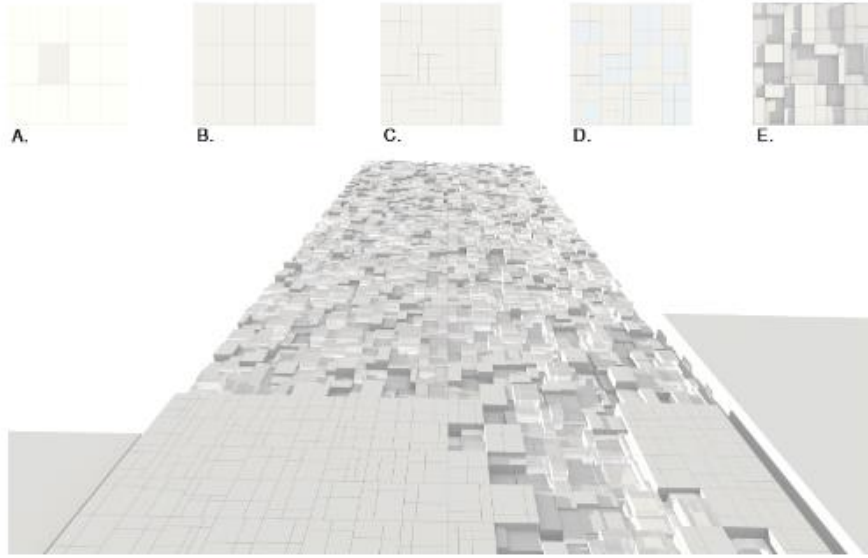
Çizelge 2.12. Cephe Bileşenleri ve İlişkili Parametreler [80]

Cephe Geometrisi	Eleman Geometrisi	Eleman Biçim Bozulması	Eleman Dağılımı	
Düz	Dairesel	Kıvrımlı	1D	2D 3D
Silindir Biçimli	Silindirik	Dalgalı	Sütunlarda	Düzenli Izgara
Küre Biçimli	Küre Biçimli	Geçmeli	Satırlarda	Satranç Izgara
Dalgalı	Oval	Bükülmüş	Sıralı: Sütün ya da	Sıralı Izgara
S-Elips	Üçgen Biçimli	Elemanın Büyüklüğü	Satır	Tekrarlı Izgara
Simit (Torus)	Piramidal			Resimli Izgara
Serbest Biçimli	Kare Biçimli	Sabit	Malzeme ve Renk	Cephe Eklemlenme
	Dikdörtgen			
	Küp Biçimli	Artan	Metal	Uygulamalı
	Çokgen	Etkileşimli	Beton	Yığılmış
	Şeritli	Resimli	...	Yan yana
	Resimli	Rastgele	Tek Renk	Katmanlı
Elemanın Dönmesi			Çoklu Renk	
Düsey			Resimsi Renk Dokusu	
Yatay			Rastgele Renk	
Resimli				
Rastgele				

Caetano & Leitao belirledikleri cephe bileşenleri ve ilişkili algoritmalar üzerinden çalışmayı takip eden süreçte “Taslak Algoritmik Cephe Aracı (DrAFT: Draft Algorithmic Facade Tool)” isimli cephe değerlendirmesine ve tasarımına yardımcı olabilecek bir model geliştirir. Bu model, tasarımcının ihtiyaç durumunda yeniden düzenleyebileceği, değişen tasarım sürecine uyum sağlayabilecek işlevsel ve mantıksal operatörler içeren algoritmalarından oluşmaktadır. Modelin çerçevesi; cephe yüzeyi ve biçimlenişi, cephe yüzeyini oluşturacak tüm birimlerin belirlenmesi, bu

birimlerin dağılımı ve birimlerin birbirine eklenmesi veya aralarındaki ilişkilerin kurgulanması olmak üzere dört aşamadan oluşur [81].

Strüktürel çerçevesinden bahsedilen model Şekil 2.25'te Sheung Wan Hotel görseli üzerinden anlatılmaktadır. *Görsel A* birim formunu, *Görsel B* birimin dikdörtgen bir ızgara üzerinde dağılımını, *Görsel C* birimlerin daha küçük kare veya dikdörtgenlere alt bölünmesini, *Görsel D* rastgele materyal atanmasını, *Görsel E* ise birimlere rastgele derinlik verilmesini ifade etmektedir. Bunların altında ise sonuç ürününe dair cephe kompozisyonu görülebilmektedir. Bu mimari çerçeve ile cephe tipolojilerinin geniş çaplı parametrik üretimi ile basit algoritmik yaklaşımların farklı işlevlere ve cephe tasarım konseptlerine uyarlanması amaçlanmıştır [81].



Şekil 2.25. Sheung Wan Hotel Modeli [81]

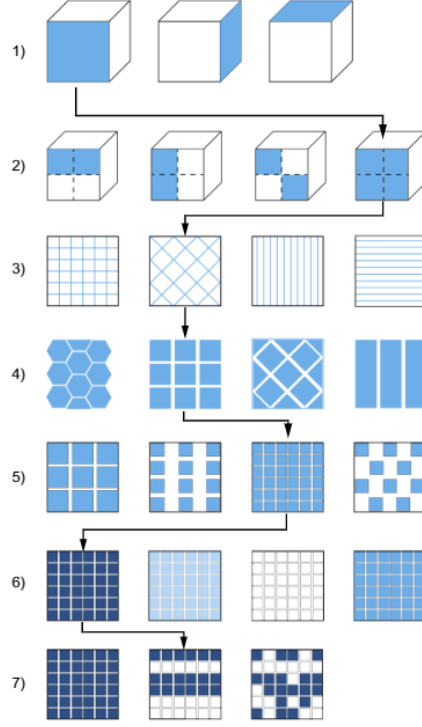
Caetano & Leitao “DrAFT” modeli ile ilgili yaptıkları farklı bir akademik çalışmada, model ile cephe tasarımının keşif sürecini bir tasarım aşamaları diyagramı ile anlatır. Tasarımın geliştirilmesi bütün bir süreçtir ve bir kavramsal fikir ile ortaya çıkar. Tasarım çözümünde ilk aşama geometrik keşif ile gelir. Cephe yüzeyinin algılanması, bölünmesi, cephe birimleri, cephenin haritalanması gibi ve bunu tasarımın optimizasyonu ile tasarımın akla/mantığa uygun hale getirilmesi takip eder (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. DrAFT modeli çerçevesinde tasarım aşamaları [82]

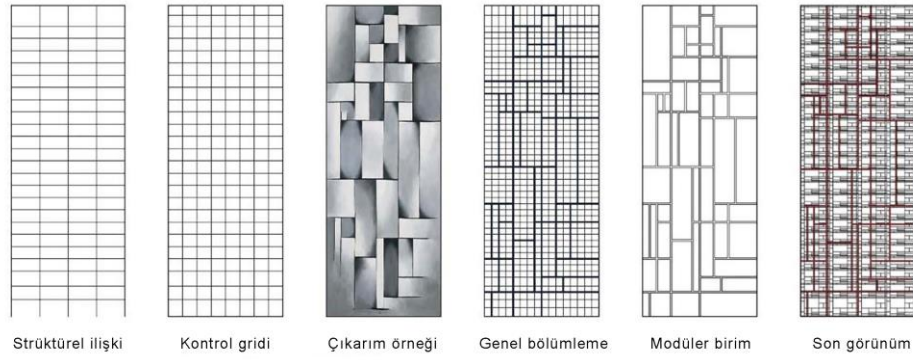
Örnek bir yaklaşım olarak; Nagy vd. geliştirdikleri güneş performansı odaklı bir uyarlanabilir cephe sisteminin biçimsel kompozisyonunun tasarım sürecini ve tercihlerini Şekil 2.27’te görülebileceği üzere aşamalı olarak açıklar [83]. İlk aşama, dinamik cephe elemanın bina kabuğunda nerede yer alacağını gösterir. Aşama iki, elemanın seçilen cephe yüzeyinde hangi bölümde yer alacağını belirler. Üçüncü aşamada cephe strüktürünün taşıyıcı destek sistemi seçilir. Bir sonraki aşamada panel ve örüntü büyüklüklerine karar verilir. Daha sonra gölgelemenin gerektirdiği ölçüde ızgara düzenine ve aralıklarına karar vermek gerekir. Sonraki aşamada gölgeleme elemanlarının malzeme ve geçirgenlik tercihleri yapılır. Son aşamada ise cephe birimlerinin bütüncül, bant, bireysel ya da daha karmaşık bir yapıyla mı kontrol edileceğine karar verilir. Görsel aşamalar arasında yer alan siyah ok, süreç esnasında yapılan tercihleri ifade etmektedir. Çalışma kapsamında, kinetik cephenin cevap verebilir olma durumunu ise; “*kontrol tanecikliği (control granularity)*” yani kontrol edilecek öğelerin boyutları üzerinden açıklar. Bu ifadeye göre; hareket kinetik bileşenlerin bireysel, şeritler (düşey, yatay), kümeler ya da hep birlikte olan aksiyonundan algılanabilir. Rossi vd. kinetik elemanların dağılımı ile ilgili; *tekil birimler, küme ölçeği, pencere ölçeği ve bina ölçeği* olmak üzere benzer bir gruplama yapar. Bu gruplamaya göre, cevap verebilirlik; *bina ölçeğinde kapalı ya da açık, bina ölçeğinde cevap verebilir, pencere ölçeğinde-karışık, küme ölçeğinde-karışık ve bireysel ölçekte-karışık* olacak şekilde beş duruma sahip olabilir [84]. Tasarım sürecinde ızgara düzen tercihlerinin ve cephenin bölümlenmesinin sistemi ve cephe kompozisyonunu örgütsel anlamda etkileme potansiyeli yüksektir. Bu nedenle; kinetik elemanların ve birim modüllerin yüzey üzerinde alacağı yerler, grupları oluşturacak

kombinasyonlar ve bu bileşenlerin farklı durumlara ne şekilde cevap verebileceğinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir.



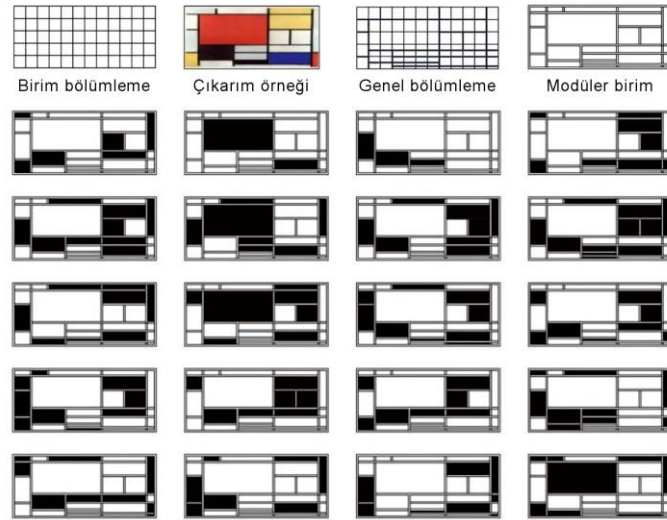
Şekil 2.27. Uyarlanabilir Solar Cephe Tasarım Kompozisyon Kararları [83]

Cephe bölümlenmesi ve örgütlenmesi üzerine yapılan farklı ve özgün bir çalışmada Wang vd. De Stijl'in çalışmalarından esinlenerek prefabrikasyon olarak üretilen cephe duvarlarının cephe genelinde bölümlenmesini, pencere açıklıklarını, modülasyonunu ve standardizasyonunu yeniden ele alır. De Stijl'in kompozisyon ilkelerinin kullanımı, cephe tasarımında çeşitli cephe elemanlarının tek tip haline getirilmesini sağlarken cephenin genel görüntüsünün monoton olmaktan kurtulmasına yardımcı olabilir. Bu tektonik metodun ciddi simgeselliği ve güçlü bir uygulanabilirliği mevcuttur. Şekil 2.28' de prefabrike cephe modülleri ile inşa edilmiş bir apartman yapısının, soldan sağa taşıyıcı sistem ilişkisini, kontrol ızgarasını, çıkarım yapılacak soyut çalışmayı, çalışmanın yüzeye yansımalarını ve sonuç ürünü görebiliriz [85].



Şekil 2.28. Modüler Cephe Bölümleme Örneği – 1 [85]

Şekil 2.29’de ise daha küçük bir modüler birim içerisinde pencere açıklığı yaratmak için geliştirilen örneği görmekteyiz. Bu örnekte birim bölümlendirmesi için çıkarım elemanı kullanılarak modüler ve orantısal parçalardan oluşan bir düzlem elde edilir. Bu düzlemin pencere açıklıklarını veya başka bir söylemle cephe üzerinde kullanılacak materyallerin tercihlerini belirlemek adına varyantların görselleri paylaşılmaktadır.

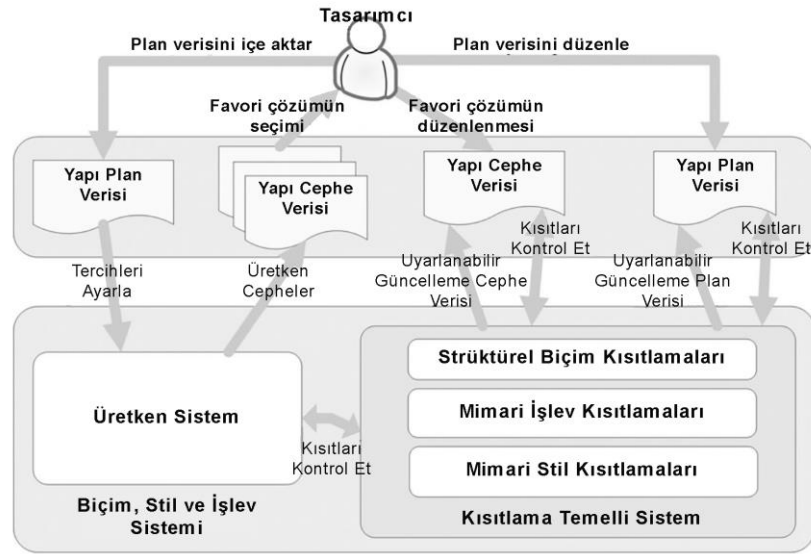


Şekil 2.29. Modüler Cephe Bölümleme Örneği – 2 [85]

Cephe biçimlenişini etkileyen bir diğer konu ise kullanım koşullarına bağlı olarak iç mekân mimari programdır. Görsel konfor, ısıl konfor, aydınlatma ve mahremiyet gibi mekân gereksinimleri yapı kabuğu ile ilgili tercihleri etkileme kapasitesine sahiptir. Örneğin; yatak odası gibi özel alanların cephe ile kesiştiği yüzeyler daha az geçirgen olabilir. Diğer yandan ise; geçiş alanı, balkon gibi mahremiyet ihtiyacı gözetilmeyen

veya dış hacimlerle ilişkili cephe yüzeylerinde ise yüksek geçirgenlik seviyesi bir tercih olabilir [86].

M. Lee & Lee bu bağlamda binanın cephe tasarımı bakımından tasarımcıyı etkileyen üç etkin kısıtlamadan bahseder. Bu kısıtlamalar strüktürel biçim, mimari biçim ve mimari işlevler olarak isimlendirilebilir [87]. Yaptıkları bir çalışmada geleneksel tasarım yaklaşımının aksine, tasarımda yapılacak tüm değişiklikleri veya yenilikleri doğrudan denetleyebilecek bir üretken kontrol programı geliştirmişlerdir. “Kısıtlama Temelli Biçim, Stil ve İşlev Sistemi (Constraint-Based Form, Style and Function System)” ismini verdikleri bu modele mimari planlar aktarılır. Üretken sistem, planlar üzerinden cephe verilerini oluşturur. Çözümler içerisinde seçilen tasarımın uygunluğu; kısıtlama temelli sistem üzerinden strüktür, işlev ve biçim bakımından kontrol edilir (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Kısıtlama Temelli Biçim, Stil ve İşlev Sistemi [87]

Örnek ve literatür değerlendirmeleri neticesinde cephe geometrisinin biçimlenişinde, tasarım fikirleri ile ortaya çıkan cephe bileşenleri tercihleri büyük önem arz eder. Bu bileşenlerin bir araya geliş hali cephe kompozisyonu olarak tanımlanabilir. İncelenen örneklerden yapılabilecek çıkarımlar temelinde cephe kompozisyonunu fiziksel anlamda tanımlayan bileşenler; yapı kabuğunun geometrik biçimi, cephe yüzeyinde kullanılan hareketli modüllerin biçimleri, kullanılan modüllerin cephe yüzeyine

dağılım tercihleri, bu bileşenlerin birbirleri ile olan ilişkisi/etkileşimi mimari program kapsamında iç ve dış mekân arasında yer alan “mekân-cephe kesişimi” arayüzüdür.

2.3. KOMPOZİSYONEL KİNETİK CEPHE BİLEŞENLERİ, TASARIM GİRDİLERİ VE ARALARINDAKİ BAĞLAMSAL ETKİLEŞİMLER

Bir önceki bölümde kinetik cephe tasarımını etkileme potansiyeline sahip çeşitli cephe elemanları ve kavramlar literatür çalışmalarından ve örneklerden faydalanılarak farklı bakış açılarıyla cephe geometrisini etkileme biçimleri ve tasarım ilişkileri çerçevesinde çeşitli kriterler altında incelenmiştir. Farklı başlıklar altında tartışılan bu tasarım kriterleri ve cephe bileşenleri bir değerlendirme tablosu altında yeniden derlenebilir (Çizelge 2.12). Tablodaki tüm unsurlar, kinetik cephe tasarımının genel performansını etkileme kapasitesine sahiptir.

Çizelge 2.12. Düzensel Perspektiften Cephe Bileşenleri ve Tasarım Girdileri

BİLEŞİMSEL/DÜZENSEL PERSPEKTİF			
CEPHE BİLEŞENLERİ		TASARIM GİRDİLERİ	
Mimari & Biçim İlişkili Konular	Kinetik Modül Tasarımı		
		Konfor ve Performans	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cephe Morfolojisi <ul style="list-style-type: none"> ○ Doğrusal/Düz/Eğimli Yüzey ○ Silindirik/Konik Hacimler ○ Küresel/Eliptik Hacimler ○ Dalgali Yüzeyler ○ Amorf/Serbest Biçim 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hareket & Malzeme İlişkisi <ul style="list-style-type: none"> ○ Malzeme tabanlı hareket tipolojileri; rijit, biçim değiştirebilen, elastik malzemeler ve pnömatik sistemler ○ Biçim hafızalı ve aktif/pasif teknolojik malzemeler 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ İşlevler & Performans <ul style="list-style-type: none"> ○ Çevresel etkenlere duyarlılık ○ Isısal, görsel, akustik, havalandırma, enerji, gün ışığı ilişkili konfor ve performans 	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cephe Dağılımı <ul style="list-style-type: none"> ○ Satırlar/Sütunler, Düzenli, Yarı-düzenli Izgaralar, Değiştirilmiş Izgaralar, Tekrarlamalı Izgaralar ○ Kontrol Ölçeği; bireysel, şeritler, küme, bütüncül, vb. 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kontrol Stratejileri & Teknolojileri <ul style="list-style-type: none"> ○ Kontrol Stratejileri: Dahili, direkt, indirekt, duyarlı, yaygın duyarlı, deneysel duyarlı, zeki-akıllı, ya da öğrenme kabiliyeti ○ Aktif Teknolojiler: Mekanik, Elektromekanik, Bilgi, Bütünleşik ○ Pasif Teknolojiler: Malzeme-bazlı ve pasif sistemler 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kullanıcı Memnuniyeti <ul style="list-style-type: none"> ○ Psikolojik ve algısal etki, Kullanıcı ihtiyaçları ○ Manuel geçersiz kılma
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cephe Bileşenlerinin İlişkisi <ul style="list-style-type: none"> ○ İç mekân işlevi ilişkili cephe organizasyonu ○ Kural Setleri ○ Benzerlik/Uygunluk Değerleri ○ Birimlerin Dönmesi/Ölçeklenmesi 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Görmenin Önemi <ul style="list-style-type: none"> ○ İçeriden dışarıya doğru 	
MORFOLOJİK UNSURLAR		SİSTEM UNSURLARI	

Çizelge 2.12’de görüldüğü üzere, değerlendirmeler sonucunda tasarımı etkileyen birçok unsur ortaya çıkmaktadır ve bu unsurların düzensel bir bakış açısı ile farklı şekillerde yorumlanması mümkündür. Cephe morfolojisi, cephe dağılımı ve cephe

bileşenlerinin ilişkisi alt başlıkları *mimari ve biçim ilişkili konular* başlığı altında değerlendirilebilir. Hareket ve malzeme ile bunların kontrol yöntemleri *kinetik modül tasarımı*nın konusudur. Bu iki başlık düzensel anlamda bakıldığında “Cephe Bileşenleri” ana başlığı altında yer alır. Diğer ana başlık olan “Tasarım Girdileri” ise konfor ve performans başlığı altında değerlendirilen işlevler, performans, kullanıcı memnuniyeti ve görmenin önemi gibi konuları kapsar. Bu şekilde kinetik cephe kompozisyonunda yer alan elemanlar tasarıma dahil oldukları konum itibariyle *Cephe Bileşenleri* ve *Tasarım Girdileri* başlıkları altında değerlendirilebilir. Bu ayırım tamamen elemanların niteliği ile ilgilidir. Belirlenen elemanların cepheyi hangi anlamda etkilediği ise farklı bir ayırımı gerektirir. Bu bağlamda ise tabloda yer alan elemanlardan; cephe morfolojisi, cephe dağılımı, cephe bileşenlerinin ilişkisi ve malzeme-hareket ilişkisi cephenin geometrik olarak biçimlenişi etkilemesi sebebiyle *morfolojik unsurlar* olarak değerlendirilebilir. Diğer yandan ise; kontrol stratejileri, kontrol teknolojileri, işlevler, performans gereksinimleri, kullanıcı memnuniyeti gibi konular ise biçimlenişe doğrudan etki etmeyen sistemin çalışma dinamiklerini kontrol eden girdilerdir. Bu nedenle *sistem unsurları* olarak isimlendirilebilirler. Bu şekilde bir ayırım kinetik cephelerin değerlendirilmesi sürecinde ilerleyen aşamalarda bileşenler üzerinden farklı çalışma grupları oluşturabilmek adına faydalı olacaktır.

Tasarım ve kontrol elemanlarının birbirleri arasındaki ilişki, etkileşim veya birbirlerini değiştirme durumu veya uyumlu olma durumlarını tespit etmek çeşitli karşılaştırmalarla mümkündür. Bu bağlamda Çizelge 2.13, bileşenler arasındaki ilişki değerlendirmelerinin morfolojik ve sistem unsurları başlıkları altında ikili karşılaştırmalarla nasıl gerçekleştirilebileceğini tanımlamaktadır.

Bu ikili karşılaştırmalar için verilen tanımlamalar yaygın olarak bilinen 8 (sekiz) kinetik cephe uygulaması özelinde tablolar halinde incelenerek (Çizelge Ek B.1-8) birtakım çıkarımlar elde edilmeye çalışılmıştır. Hazırlanan tablolarda kullanılan kısaltmalar ise Çizelge Ek B.9’da sunulmuştur. Bahsi geçen kinetik cephe uygulamalarına ait bilgiler bir sonraki başlığın örnek incelemeleri altında detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.13. Bileşenler arasındaki ilişkiler

Morfolojik Unsurlar				Sistem Unsurları			
	Malzeme Tipi	Düzen	Cephe Morfolojisi		Kontrol Teknolojisi	Konsept	Kullanıcı Memnuniyeti
Malzeme Hareketi	Hareket/ Malzeme	Kontrol düzeni ile malzeme hareketi karşılıklı ilişkisi	Hareket ve cephe biçimi ilişkisi (bağdaşması)	Kontrol Stratejisi	Kontrol stratejisi ve teknolojisi arasındaki ilişki	Kontrol stratejisi konsept ile ilişkilendirilebilir mi?	Kontrol stratejisi kullanıcı memnuniyeti ile ilgili midir?
Kontrol Ölçeği	Malzeme kontrol ölçeğini etkiler mi?	Cephe dağılımı kesişimleri – ölçek/düzen	Cephe biçiminin kontrol ölçeğine etkisi	Çevresel Faktörler	Kontrol teknolojisi ve duyarlılık arasındaki ilişki	Hangi çevresel faktör hareketin nedenidir ve etki seviyesi nedir?	Duyarlılık ve kullanıcı gereksinimleri arasındaki ilişki
Bileşen İlişkileri	Malzeme seçimi bileşen ilişkilerini etkiler mi?	Kontrol düzeni ile kural setlerinin belirlenmesi arasındaki etkileşim	Bileşenler ve cephe biçimlenişleri arasındaki ilişkiyi belirleyen kural setleri	Amaç ve İşlev	Kontrol teknolojisi ile amaç/işlev arasında karşılıklı bir ilişki var mıdır?	Amaç ve konsept ilişkisi	Sistemin amacı ve kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisi

Karşılaştırmalardan elde edilen çıkarımlar neticesinde çeşitli değerlendirmeler yapılabilir. Belirli biçim ve sistem unsurları bir bütünlük içerisinde birbirlerini etkileme veya değiştirme potansiyeline sahiptirler. Genel olarak; sistem unsurları içerisinden kontrol teknolojisi, stratejisi, konsept, duyarlılık durumları, işlev ve kullanıcı arasında yaygın bir ilişkiden söz edilebilir. Ancak kullanıcının sisteme doğrudan veya dolaylı olarak dahil edilmediği örneklerde kullanıcı memnuniyeti konusu bütünlük içerisinde eksik bir olgu olarak kesişimlerde görülmektedir.

Biçimsel görünümü belirleyen bileşenler arasında genel bir bağlantı eksikliği durumu göze çarpar. En belirgin ilişkisel bağlantılar, “malzeme ve hareket seçimi” kesişimi ile “kontrol ölçeği ve düzeni” kesişimi arasında gözükmektedir. Malzeme yapısı hareket için belirleyici bir unsur olması sebebiyle bu iki konu arasında doğrudan bağıntı söz konusudur. Kontrol ölçeği ve düzeni ise; cephe yüzeyi örüntüsünü ve yaygın hareketi birlikte belirlediği için aralarındaki karşılıklı ilişkinin görünürlüğü oldukça belirgindir.

Çoğu kinetik cephe uygulaması için bileşenler arasında benzer etkileşim ve bağlantısallık durumlarından bahsetmek mümkündür. Ancak tasarımın konsepti, yeri ve bağlamı ilişkiselliklerin farklılaşmasına sebep olabilir. Dolayısıyla tasarımcı tercihleri, gereksinimler ve kullanıcı odaklı konular oldukça belirleyicidir.

Cephe bileşenleri ve tasarımı etkileyen unsurlar altında değerlendirilen tüm konular cephe yüzeyinin görsel algılanmasına ilişkin özelliklerini düzensel bakış açısından eşit şekilde etkileyemez. Ancak, tüm bileşenler etkileşime girdikleri değişkenlere bağlı olarak tasarımın görünümünü doğrudan veya dolaylı olarak bir şekilde etkileyebilir. Değişkenlerin özelliklerine bağlı olarak tüm bileşenleri birlikte değerlendirmek mümkün olmayabilir. Dolayısıyla; bazı bileşenler arasındaki ilişkiler daha detaylı incelemeler ile yorumlanabilir.

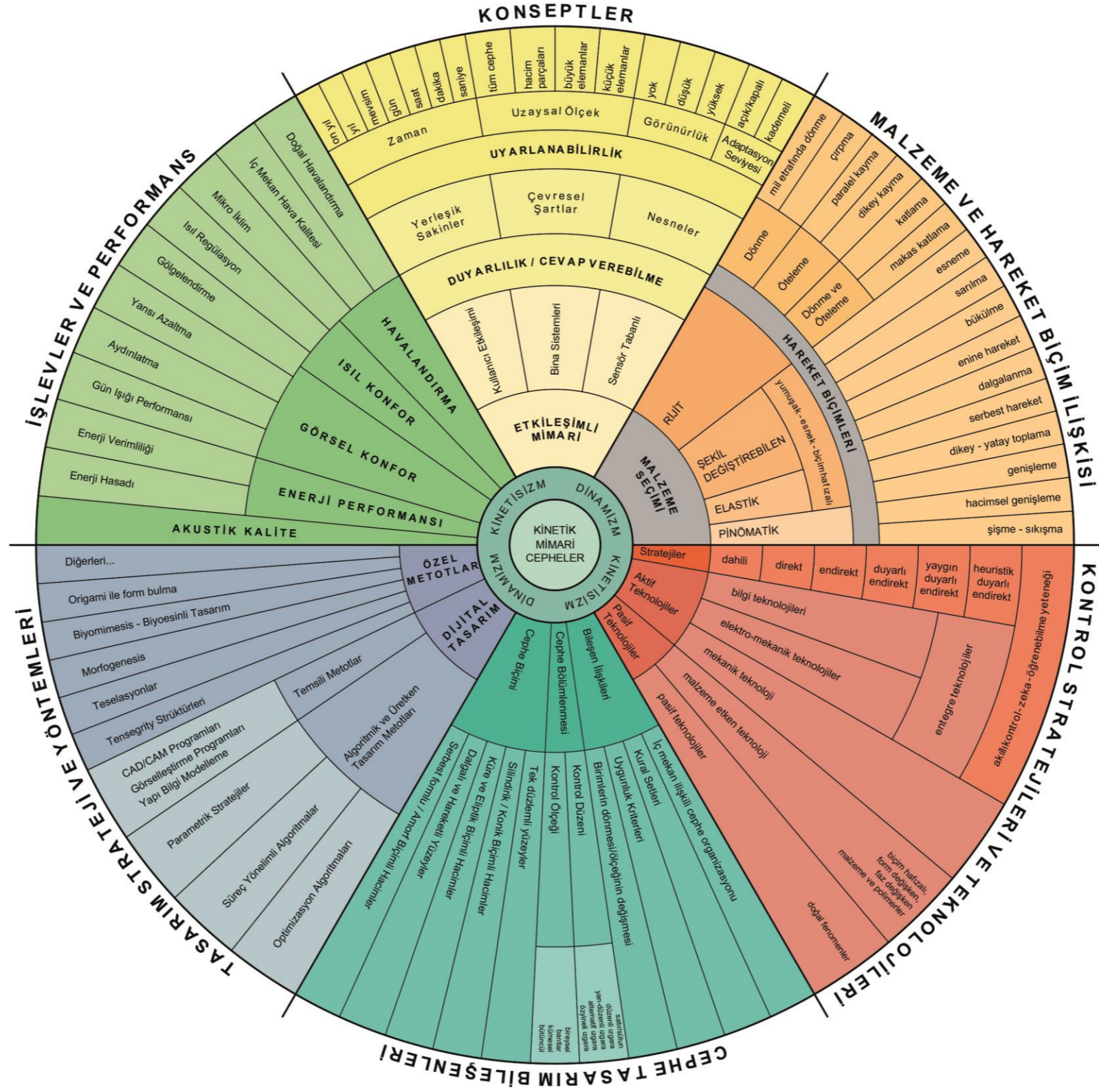
3. YÖNTEM ÖNERİSİ

3.1. KİNETİK MİMARİ CEPHELER İÇİN BÜTÜNCÜL TASARIM UNSURLARI ÇERÇEVESİ

Önceki bölümlerde kinetik mimari ve kinetik cepheler özelinde yapılan incelemeler neticesinde günümüze kadar ortaya konmuş birçok sınıflandırma örneği derlenmiştir. Bu örneklerden anlaşılacağı üzere, konu ile ilgili çalışan ve sınıflandırma ihtiyacı duyan araştırmacı ve uygulamacılar, farklı kriterler eşliğinde oluşan birçok seçenek sunmuşlardır.

Bu seçenekler araştırmacıların konu ile ilgili odak noktasına göre; kinetik yöntemler ve sanatta hareket [88], mimari uygulama ve strüktür [13], strüktürel mühendislik, sensor teknolojisi, uyarlanabilir kinetik strüktürler [28], dijital gereçler [26], kullanıcı gereksinimleri ve cevap verebilirlik [23], kinetik strüktürlerin görünürlüğü [37], zamana bağlı değişen mimari [16], kinetik strüktür bileşenleri [89], kinetik cephelerin karakteristik özellikleri [50], ve kontrol kriterleri [46] vs. gibi konular bağlamında farklılık gösterir. Bu çok çeşitli sınıflandırma gruplarında kavramlar ve tanımlamaların bazı noktalarda belirsizlik içermesi karışıklıklara neden olmaktadır. Dolayısıyla kinetik mimari ve kinetik cepheler ile ilgili kavramsal ve uygulamaya dayalı konuların bir arada derlenebileceği bir sınıflandırma ihtiyacı olduğu düşünülmektedir.

Bu bağlamda hazırlanan kavramsal ve uygulamaya dayalı sınıflandırma çerçevesi 6 (altı) ana başlık altında toplanmıştır. (Şekil 3.1) Dairesel diyagram gösterimde bu ana başlıklar, “kavramlar (konseptler)”, “malzeme seçimi”, “işlevler”, “tasarım strateji ve yöntemleri”, “kontrol teknolojileri ve stratejileri” ile “cephe tasarım bileşenleri” olarak ayrılmıştır.



Şekil 3.1. Kinetik Cepheler Özelinde Bir Sınıflandırma Çerçevesi

Kinetik mimari özelinde *kavramlar* konusuna diyagram üzerinde; Nashaat vd. tarafından mimari tasarım konseptleri için belirlemiş oldukları ayrımlara, Loonen ekibinin belirlediği kinetik mimari karakteristiklerine ve Schnadelbach' ın uyarlanabilir mimari çerçevesine ait benzer noktalar ve farklılıklar ele alınmış ve birbirleriyle ilişkileri üzerinden anlamsal bakımdan entegre edilerek sadeleştirilmiş bir şekilde diyagramda yer verilmiştir.

Malzeme seçimi başlığı; rijit, form-değiştirebilen, elastik ve pnömatik malzemeler olmak üzere 4 (dört) alt başlık altında toplanmıştır. Kinetik mimari ve kinetik cephe elemanlarının hareket doğası kullanılan malzemelerden bağımsız olarak değerlendirilemeyeceği için hareket tipolojisi de bu başlık altında irdelenmiştir.

Kontrol teknolojileri ve kontrol stratejileri tanımları gereği temelde birbirinden ayrı konular olmakla birlikte, birbirleriyle bağlantılı olmaları nedeniyle diyagram içerisinde aynı dilim üzerinde yer almıştır. Kontrol stratejileri, Fox & Yeh, Elkhayat, ve Sherbini & Krawczyk gibi araştırmacıların ortaya koymuş olduğu kontrol grupları üzerinden yeniden düzenlenerek, dahili, direkt, indirekt, duyarlı indirekt, yaygın duyarlı indirekt, heuristik duyarlı indirekt ve akıllı kontrol – öğrenebilme yetenekli kontrol stratejileri olarak sınıflandırılmıştır [28,39,44]. Kontrol teknolojileri ise; Matin' in aktif ve pasif teknolojiler olarak ayırdığı; mekanik, elektro-mekanik, bilgi/malzeme bazlı ve pasif teknolojiler olarak grupladığı çalışma üzerinden derlenmiştir [90].

Uyarlanabilirliğin de ayrıca bir girdisi olarak tanımlayabileceğimiz “reaksiyon konusu” başlığı ise bu diyagramda, kinetik cephe sisteminin işlevleri olarak kabul edilmiştir. Literatür taramasında, kinetik cephe ile ilgili havalandırma, ısı konfor, görsel konfor, enerji performansı ve akustik gibi genel işlevler ve bu konuların alt başlıkları ile kesişimde kalan işlevler sıralanmıştır.

Tasarım stratejileri ve yöntemleri konusu ise “üretken ve cevap verebilen tasarım” başlığı altında incelenen alt konular üzerinden derlenmiştir. Origami, biyomimesis, biyo-esin, morfogenez, tesselasyon, gerilim bütünlüğü (tensegrity) vb. tasarım teknikleri “özel yöntemler” başlığı altında diyagramda yer almıştır. Bu şekilde olan

özel tasarım yöntemlerini arttırmak mümkündür. “Dijital tasarım” başlığı altında ise kinetik cephelerin bütüncül düşünülmesi hususunda önem arz eden; üretken tasarım, algoritmik tasarım ve parametrik tasarım gibi stratejiler alt başlıklara indirgenerek sıralanmıştır.

Son olarak, incelenen örnekler üzerinden cephenin geometrik biçimlenişini ve kompozisyonunu etkileyen faktörlere *cephe tasarım bileşenleri* başlığı altında yer verilmiştir. Bu faktörler; cephe yüzeyi veya yapının biçimi, cephe yüzeyindeki elemanların dağılımı ve cephe biçimlenişini etkileyen bileşenlerin ilişkilerinin tanımlanması olarak sıralanmıştır.

Sınıflandırma çerçevesi kapsamında yer alan altı ana başlık birbirleri ile ayrılmaz ilişkilere sahip olması ve bir döngü içerisinde yer alması sebebiyle bu şekilde düzenlenmiştir. Bu diyagram gösterimin, cephe tasarımlarının karar süreçlerinde süreçle ilişkili bileşenlerin toplu değerlendirilmesine olanak sağlayabilme potansiyeli nedeniyle bir tasarım altlığı olarak kullanılabilmesi ve aynı zamanda kinetik mimariyle ilgili literatür ve uygulama örneklerinde eğilimlerin tespitine de katkı sağlayabileceği düşünülmüştür. Örnek teşkil etmesi açısından, bu çalışmada çeşitli niteliklere sahip, dikkat çekici kinetik mimari yapıtların özellikleri öneri dairesel diyagram kullanılarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.1.1. Örnek İncelemeleri

Literatür taramalarında farklı perspektiflerden gerçekleştirilmiş mevcut kinetik yapı ve cephe örneklerini değerlendirme yaklaşımında bulunan birçok çalışma mevcuttur. Örnek bir çalışmada, Böke vd. uyarlanabilir cephe sistemlerine sahip ofis yapılarını inceleyerek bazı tespitlerde bulunmuşlardır. Bu tespitlere göre; incelenen projelerin yaklaşık yarısı gün ışığı kontrolü, parlamanın engellenmesi ve gün ışığı radyasyonu üzerinde yoğunlaşmıştır. Isıtma/soğutma (iklimlendirme) işlevi ise üç durumun ortak fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Örnek yapıların çoğunda uyarlanabilirlik durumu bu üç işlev üzerinden işlenmiştir. İncelenen yapıların hiçbirinde akıllı malzemelere yer verilmediği görülmüştür. Ancak, uyarlanabilirliğin işlendiği tüm durumlarda bir otomasyon teknolojisinin varlığından söz edilebilir [91].

Yukarıda sunulan örnek çalışmadan farklı olarak, aşağıda yaygın olarak bilinen ayarlanabilir kinetik cephe örnekleri; işlev, hareket/malzeme, kontrol teknolojileri/stratejileri, tasarım yöntemleri/teknikleri, cephe tasarım bileşenleri ve ayarlanabilirlik nitelikleri bakımından daha geniş kapsamda, bütüncül olarak ve dairesel diyagram bir ölçüt kabul edilerek değerlendirilmiştir.

1987 yılında inşa edilen ve bir enstitü niteliği taşıyan kamu yapısı (Arap Dünyası Enstitüsü - Institute du Monde Arabe), ilk kinetik cephe sistemlerinden birine sahiptir. Uygulandığı dönem itibarıyla sahip olduğu teknolojiler eski ve basit olmasına karşın, gün ışığı ve görsel konfor performansı için tasarlanmıştır. Tasarım olarak Arap yarımadası ve İran bölgelerinde sıkça rastlanabilen geleneksel “mashrabiya” örüntülerinden esinlenilmiştir. Örüntü üzerinde hareket eden elemanlar ise fotoğraf makinası diyafram mekanizması örnek alınarak hayata geçirilmiştir. Ancak günümüzde yapı friksiyon problemleri nedeniyle çalışması durdurulmuş, günümüzde sabit olarak tutulmaktadır (Şekil 3.2, Şekil Ek A.1).



Şekil 3.2. Arap Dünyası Enstitüsü (Institute du Monde Arabe)

2007 yılında inşa edilen, ofis ve sergi alanı işlevlerine sahip Kiefer Teknik Galerisi (Kiefer Technic Showroom) yapısı, hafif rijit alüminyum levhaların cephe yüzeyinde katlanma hareketi ile belirli aksların üzerine toplandığı hareketli bir sisteme sahiptir. Kontrol stratejisi olarak, sahip olduğu otonom sistemlerin yanı sıra kullanıcı için görsel performansın ayarlanabilmesine olanak tanıyacak şekilde manuel müdahaleye imkân tanımaktadır (Şekil 3.3, Şekil Ek A.2).



Şekil 3.3. Kiefer Teknik Galerisi (Kiefer Technic Showroom)

2011 yapımı Thyssen Krupp şirketinin yönetim binasının hareketli cephesi, iç ve dış etkenlere cevap verebilme etkinliğine ek olarak kullanıcıların görsel konforunu arttırabilmek adına, gün ışığı yansı ve parlama miktarını azaltabilecek şekilde alüminyum malzeme kullanılarak oluşturulan paneller, monte edildiği akslar üzerinde dönme veya çırpma hareketi yapabilmektedir (Şekil 3.4, Şekil Ek A.3).



Şekil 3.4. Thyssen Krupp HQ

Barselona’da yer alan Media-TIC binası, 2011 yılında inşa edilen bir ofis yapısıdır. Şişebilir ETFE membran hava yastıkları kullanılarak iç ve dış mekân arasında nitelikli bir kabuk ile mikro-iklimlendirme ve ısı düzenleme amaçlanmaktadır. Doğal aydınlatma ihtiyacı için ise hava yastıkları üzerinde şeffaf ışık geçirgen noktalar yer almaktadır. Hava yastıkları şiştiği durumlarda bu noktaların açısının değişmesi ile iç mekânın doğal aydınlatma ihtiyacı da karşılanmaktadır (Şekil 3.5, Şekil Ek A.4).



Şekil 3.5. Media-TIC Binası

2012 yılında inşa edilen ofis yapıları olma özelliğine sahip Al-Bahr Kuleleri otomasyon sistemini kontrol eden bir algoritma ile gün boyunca güneş hareketlerini takip ederek cephe genelinde bireysel veya holistik tepkimeler ile ısı ve görsel konfor ile enerji performansına da katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Hareket eden birimlerde yüzey malzemesi olarak PTFE ve fiberglas içerikli yarı saydam bir malzeme tercih edilmiştir (Şekil 3.6, Şekil Ek A.5).



Şekil 3.6. Al-Bahr Kuleleri

2012 yapımı devasa bir botanik bahçe kompleksi olan “Körfez Bahçeleri (Gardens by the Bay)” bölümlerinden biri olan sera yapısı için tasarlanan kinetik örtü sistemi, esneyebilir kumaş malzemelerin açılıp kapanma hareketiyle mikro-iklimlendirme sağlayabilecek, öğrenilme yeteneğine sahip bir kontrol sistemi ile donatılmıştır. (Şekil 3.7, Şekil Ek A.6)



Şekil 3.7. Körfez Bahçeleri (Gardens by the Bay)

One Ocean Pavillion 2012 yılında bir Expo fuarı için inşa edilmiştir. Diğer yapılardan farklı olarak hareketli cephenin birincil işlevi görünürlüktür. Hareketli cephe elemanları biyo-esinli tasarım ile fiberglas ve polimer karışımı bükülebilen esnek bir yapıya sahip levhalar kullanılarak inşa edilmiştir. Merkezi kontrol sistemleri ile hareket kabiliyeti kazandırılmış bir kinetik cephe mimarlığı ürünüdür. (Şekil 3.8, Şekil Ek A.7).



Şekil 3.8. One Ocean Pavyonu

Kontrol strateji ve teknik özellikleri bakımından diğer cephe örnekleri ile benzer nitelikler taşımasıyla birlikte, bir eğitim yapısı olan SDU Kampüs Binası hareketli cephe sistemi, çevresel veriler ile etkileşim hedefiyle perforasyonlu rijit sac elemanların bağlı oldukları aks üzerinde dönme hareketi kurgulanarak tasarlanmıştır (Şekil 3.9, Şekil Ek A.8).



Şekil 3.9. SDU Kampüs Binası

3.1.2. Örnek İncelemelerinin Değerlendirilmesi

Örnek incelemelerinden elde edilen bilgiler ve Çizelge 3.1’de verilen ana başlıklar çerçevesinde birtakım sonuç çıkarımlarda bulunmak mümkündür. Kinetik cepheler, uyarlanabilirlik düzleminde kavramsal nitelikler bakımından farklılıklar arz edebilir, ancak her bir uyarlanabilir kinetik cephe örneğinin en az bir çevresel etmene cevap verebilecek şekilde tasarlandığı söylenebilir. Tasarım stratejileri, tasarımcının tercihlerine ve uygulanan tasarım yöntemlerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. İşlevsel anlamda uygulamalar genel olarak birincil derecede görsel ve ısı konforu fayda sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Destek işlevlerin ise kullanıcı ve yapısal ihtiyaçlara göre şekillendiği düşünülmektedir. Gelişen ve değişen teknolojiler bakımından daha güncel örneklerde akıllı algoritmaların yaygınlaşmaya başladığı açıktır. Cephe elemanlarının hareket davranışları ve materyal tercihleri ise tasarım ile uyarlanan işlevlere göre farklılık göstermektedir. İncelenen örneklerde pasif etken teknoloji ve malzemelerin yer almaması doğrudan bu teknolojilerin kullanılmadığı yorumunu yapmamızı sağlamaz, ancak bu teknolojilerin tasarıma özel uğraş gerektirmesi sorununun daha nadir kullanımlara sebep olduğu çıkarımını yapabiliriz. Cephe tasarım bileşenleri açısından değerlendirdiğimizde tüm örneklerde yapı kabuğunun biçiminden bağımsız olarak kontrol düzeni anlamında; düzenli veya alternatifli ızgara biçimli bölümlenmeler hakimdir. Yapıların tümünde düzlemsel ölçekte bütüncül kontrol amaçlanmaktadır ancak bu durum alt kontrol ölçeklerine inildiğinde yöntemler (bireysel/hücresele, düşey/yatay şeritler, kümeler, organize/bütüncül) tercihlere göre farklılaşabilmektedir.

Çizelge 3.1. Örnek Yapıların Değerlendirme Kriterleri Özelinde Nitelikleri Tablosu

Tarih	Proje İsmi	Malzeme (M) Hareket (H)	Kontrol Teknolojisi	İşlevler	Konseptler (Yaklaşım)	Tasarım Stratejisi	Cephe Tasarım Bileşenleri
1987	Paris Arap Dünyası Enstitüsü	M: Parlak Çelik H: Diyafram Mekanizması	Merkezi Kont. PV Sensor Hidrolik Tahrik (Elektro-mekanik Kontrol)	Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı)	Duyarlı (Çevresel Şartlar)	Özel Tasarım	Düz Yüzey Düzenli Izgara Bütüncül Hareket Ölçekleme
2007	Kiefer Teknik Galerisi	M: Alüminyum H: Katlama	Merkezi Dahili K Işık Sensörü Motorlu Tahrik (Elektro-mekanik Kontrol)	Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı, Gölgelendirme)	Etkileşimli (Kullanıcı Etkileşimi ve Sensörler)	Temsili Yöntemler	Silindirik Yüzey Düzenli Izgara Birey/Şerit/ Bütüncül Hareket Katlanma
2010	Thyssen Krupp Yönetim Binası	M: Renkli Paslanmaz Çelik H: Dönme, Çırpma	Merkezi Kontrol Merkezi Işık Sen. Motorlu Tahrik (Elektro-mekanik Kontrol)	Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı, Yansı Azaltma)	Duyarlılık (Çevresel Şartlar, kullanıcı gereksinimleri)	Dijital Tasarım	Düz Yüzey Düzenli Izgara Bütüncül Hareket Dönme
2011	Media-TIC Binası	M: ETFE Membran H: Pnömatik Genişleme- Şişme	Merkezi Olmayan Kontrol Sensör Ağı Pnömatik Tahrik (Bilgi Tekno.)	Gün Işığı Performansı, Isıl Konfor	Duyarlılık (Çevresel Şartlar)	Biyo-esinli, Morfogenesis	Düz Yüzey Alternatifli Izgara Bütüncül Hareket ---
2012	Al – Bahr Kuleleri	M: PTFE – Fiberglas H: Katlanma ve Geri çekilme	Merkezi Kont. Çoklu Sensörler Hidrolik Tahrik (Elektromekanik Kontrol)	Isıl Konfor, Görsel Konfor, Havalandırma, Enerji Performansı	Duyarlılık	Parametrik tasarım, Origami ile Form Bulma	Silindirik Yüzey Düzenli Izgara Bütüncül Katlanma
2012	Körfez Bahçeleri (Gardens by the Bay)	M: Cam, Çelik, Kumaş H: Esneme, Sarıma	Öğrenebilen Algoritma Çoklu Sensör Motorlu Tahrik (Elektromekanik)	Mikro iklim, Gölgelendirme, Görsel Konfor	Uyarlanabilirlik	Biyo-Esinli Tasarım	Eliptik Yüzey Düzenli Izgara Şerit/Bütüncül Ölçekleme
2012	One Ocean Pavyonu	M: Fiberglas ve güçlendirilmiş polimer H: Bükülme	Merkezi Kontrol Işık ve Sıcaklık Sensörü Motorlu Tahrik (Elektromekanik)	Görünürlük	Etkileşimli (Kullanıcı Etkileşimi)	Biyomimesis	Serbest Form Düzenli Şerit/Bütüncül Dönme
2014	SDU Kampüs Binası	M: Delikli Saç H: Dönme, Çırpma	Merkezi Kontrol Işık ve Sıcaklık Sensörü Motorlu Tahrik (Elektro-mekanik Kontrol)	Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı, Yansı Azaltma, Gölgelendirme)	Etkileşimli (Kullanıcı ve Çevresel Etkileşimi)	Dijital Tasarım	Düz Yüzey Düzenli Izgara Bütüncül Dönme

Bu örnek inceleme çalışmasında kullanılan dairesel diyagram kinetik cepheler için bir tasarım unsurları çerçevesi sunmaktadır. Örneklerin, yapısal karakteristik analizinin çıkarılmasında ve nitel değerlendirme yapılmasında anlaşılabilirliği kolaylaştırdığı söylenebilir. Kinetik cephelerin tasarımında etken olan tüm unsurların bir çerçeve altında toplanması; tasarımın, sürecinin başlangıcından itibaren tüm aşamalarda yönlendirilmesine katkı sağlayacak, karar verme aşamasında ise alternatifler içerisinden seçim yapabilmeyi kolaylaştıracaktır.

3.2. KİNETİK CEPHELER İÇİN BÜTÜNCÜL BİR TASARIM ÖNERİSİ

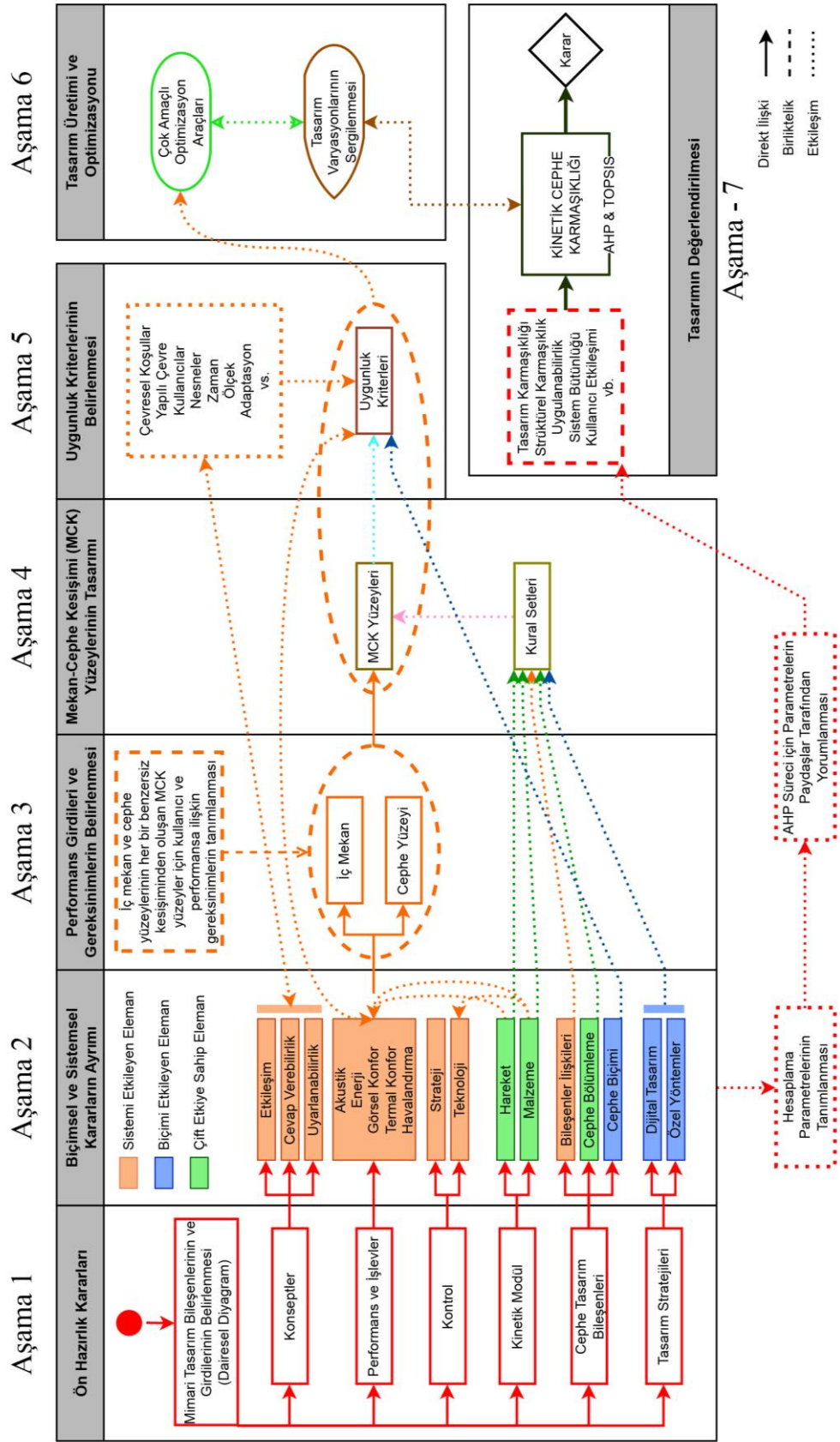
Çalışma kapsamında; şu ana kadar derlemiş olduğumuz bilgiler ve örneklemeler üzerinden kinetik cephelerin tasarımına ilişkin çok aşamalı bütünlük üretken bir tasarım yaklaşımı benimsenmektedir. Üretken tasarım sistemleri; tasarımcının yön verici ve belirleyici bir rol üstlendiği uzman sistemler olarak tanımlanabilir [72]. Kinetik cephe tasarımı çok girdili üretken sistemler ile ele alındığında; modüller ve MCK yüzeyler arasındaki ilişkisel durumları, algoritma bağlamında bileşen parametrelerini, düzlemsel organizasyonu, performans çıktılarını, estetik kaygıları ve potansiyel tasarım alternatiflerinin üretilmesi süreçlerini çok amaçlı optimizasyon araçları yardımıyla kurgulamak mümkündür. Østergård vd. bina tasarım süreçlerinde optimizasyon araçlarının kullanılmasını; tasarıma ilişkin parametrelerin ve kısıtların tanımı, temel modelin belirlenmesini takiben simülasyon araçlarının tercihi, hedeflerin belirlenmesi, optimizasyon algoritmasının seçimi, yakınsak sonuçlar elde edilene kadar simülasyonun tekrar edilmesi, elde edilen ürünlerin yorumlanması ve sunumu olarak ifade eder [92].

Araştırma sorusu kapsamında farklılaşan kullanım koşullarına ve ihtiyaçlarına sahip mimari program nedeniyle farklı iç mekân işlevlerinin (dinlenme, eğlence, sosyalleşme, yemek hazırlığı vs.) cepheye yansıdığı konut, yurt ve benzeri yapıların kinetik cephe organizasyonu ile ilgili karşımıza çıkabilecek problemlere cevap sunabilecek öneri 7 (yedii) aşamalı bir sürece sahiptir. Çeşitli aşamalarda farklı teknikler kullanılarak geliştirilen bu yaklaşımla; kinetik cephe tasarımı denemeleri için, literatür taramaları üzerinden belirlenen tasarım sürecine dahil edilebilecek tüm bileşenleri ve gereksinimleri standart nitelikte kapsayan kılavuz bir öneri yöntem üretilmesi amaçlanmaktadır.

Öneri yöntemi (Şekil 3.10) aşama başlıkları üzerinden özetlemek gerekirse; sürecin ilk aşamasında “kinetik cepheler için bütüncül bir tasarım unsurları çerçevesi” konusu altında yer alan dairesel diyagram üzerinde yer alan altı başlık içerisinde tasarım ile ilgili değişime açık, öncül kararlar belirlenir. Ön hazırlığın ışığında, ikinci sırada cephe tasarımıımızı biçimsel ve sistemsal olarak etkileyecek cephe bileşenlerine karar verilir. Sonraki aşamada mimari program ile ilişkili olarak “mekân-cephe” kesişiminde yer

alan yüzeyler ve bu yüzeylerin iç kısmında yer alan mekanlara ait işlevler, kullanıcı gereksinimleri ile arzu edilen mahremiyet seviyeleri sayesinde tasarım girdileri tespit edilir. Dördüncü aşamada, tasarım girdilerine cevap verebilmek için “mekân-cephe” yüzeylerde kullanılabilir panel/modül, malzeme, hareket mekanizması, yüzey bölümlenmesi vs. belirlenir. Yüzey bölümlenmesi ve dağılımı için malzeme, modül ve/veya geçirgenlikle ilişkili olabilecek farklı yüzey grupları özelinde kural setleri belirlenir. Beşinci aşamada ise; cephe yüzeyinde bütüncül bir etki elde edebilmek için iç mekân, işlev, kullanıcı ve/veya çevresel etmenler ile ilişkili uygunluk kriterleri belirlenir.

Model kapsamında ilk beş aşama öneri yöntemin tasarım sürecinin kurgulanması olarak ifade edilebilecek ilk bölümünü oluşturur. Sürecin son iki aşaması ise; tasarım tercihleri üzerinden alternatifler elde edilmesi, alternatifler arasından seçim yapılmasını ve bu seçimlerin bağlamla ilişkili olarak değerlendirilmesini kapsayan ikinci bölümdür. Dolayısıyla altıncı aşamada uygunluk kriterlerine bağlı olarak optimizasyon süreçleri çözüm kümeleri veya parametrelere bağlı olarak tasarım alternatifleri elde edilir. Son aşamada ise; elde edilen çözüm alternatifleri tasarım bileşenleri ve girdileri ile bağlantılı olarak uygulanabilirlik, estetik, karmaşıklık, mimari değer, entegrasyon, strüktürel değerlendirme vb. gibi konular üzerinden yorumlanarak seçim gerçekleştirilir.



Şekil 3.10. Bütüncül Tasarım Önerisi, Akış Diyagramı ile Aşamaların Açıklanması

Kinetik cephe tasarımı bağlamında, mekânsal işlevlerin ve kullanıcı ihtiyaçlarının çok çeşitli olduğu bina tiplerinde, kinetik cephe sisteminin yanıt verebilirlik ve uyurlanabilirlik ihtiyaçlarına dikkatle yaklaşmak gerekir. Kinetik cephe organizasyonunun mimari programa yanıt verecek şekilde ele alınması, örüntülerin çeşitlendirilmesi ve bütüncül kompozisyonun değerlendirilmesi açısından yeni olasılıkların ortaya çıkmasını sağlar. Bu sayede standart bir konfor değerini öne çıkaran parçalı ve tek taraflı çalışmalar yerine, tasarım açısından daha kapsayıcı ve bütüncül bir yaklaşım elde edilebilir. Mimari mekânın hareketli yüzeylere yansımaları, yüzey kompozisyonunun tasarımı açısından çeşitliliğe olanak sağlamaktadır. Tüm faktörler göz önünde bulundurularak geliştirilen bu tasarım yaklaşımı, hareketin cephede yarattığı dinamizmle birlikte tasarımda dinamizmin önemini de vurgular. Bu çerçevede; öneri model sürecine ait aşamalar daha detaylı olarak aşağıdaki başlıklar altında açıklanabilir.

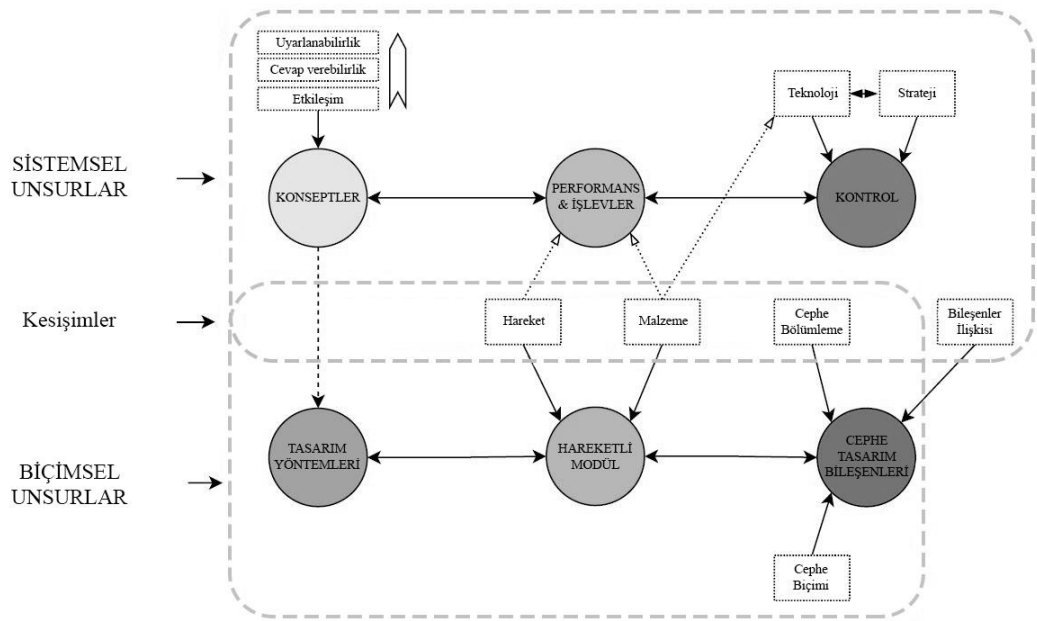
3.2.1. Mimari Tasarım Bileşenlerinin ve Girdilerinin Belirlenmesi

İlk aşamada uyurlanabilir cepheyi oluşturan mimari tasarım bileşenleri ve girdileri belirlenir. Tüm bu unsurlar literatür çalışmalarından elde edilen dairesel güneş diyagramı (*Kinetik mimari cepheler için bütüncül tasarım unsurları çerçevesi* - Şekil 3.1) üzerinde gösterilmiştir. Tasarımın başlangıcında bu etkin unsurların iyi etüt edilmesi ve birbirleriyle uyumlu olanlarının seçilmesi esastır. Bu aşamada mimari programla bağlantılı bir biçimde cephe yüzeyinin konsept anlamında kapsamı, yeterliliği ve ne tip unsurlarla etkileşimde olacağı düşünülür. Kinetik elemanların ve cephe yüzeyinin görünüşünün belirlenmesinde etkin rol oynayacak tasarım stratejileri ve yöntemleri tasarımcı tarafından araştırılır. Hareketli elemanlar için kullanılacak malzemeler ve hareket biçimlerine dair alternatifler belirlenir. Konsept, hareket ve tasarımla ilişkili olarak hareketin gerçekleşmesini sağlayacak mekanizmalara, teknolojilere ve stratejilere karar verilir. Konsept bağlamında belirlenen etkenler ve girdiler üzerinden performansa yönelik işlevler ve gereksinimler belirlenebilir. Tüm bunlara paralel olarak, tasarım ve harekete dair kararlar ile ilişkili bir şekilde; cephe yüzeyinin biçimlenişi, hareketli cephe elemanlarının örgütsel ilişkileri ve cephe bölümlenmesinde kontrolün düzeni ve ölçeğine dair öncül fikirler geliştirilir. Tüm bu fikirler/kararlar ön hazırlık niteliğindedir. Tasarımın ilerleyen aşamalarında

oluşabilecek değişikliklerde veya optimizasyon süreçlerinde bu diyagram üzerindeki alternatifler yeniden değerlendirilebilir.

3.2.2. Biçimsel ve Sistemsel Kararlar

Ön kararlara bağlı olarak belirlenen tasarım bileşenleri ve girdiler, ortaya çıkacak uyarlanabilir cepheyi farklı açılardan etkileyebilir. Bu kararların bir kısmı fiziksel görünümü (morfoloji) etkilerken, bir kısmı da sistemin çalışma dinamiklerini (sistem) belirlemektedir (Şekil 3.11). Örneğin; hareketli elemanlar ve cephe yüzeyi örüntüsü tasarımı için kullanılan yöntemler, cephe yüzeyinin biçimi ve hareketli birimlerin kendi görünümü gibi konulara ilişkin tercihler biçimsel kararlar altında incelenebilir. Diğer yandan, cephe yüzeyinin çevresel elemanlar ile etkileşim düzeyi ve kapsamı, bu konulara performans ve işlevsel kaygılar doğrultusunda nasıl ve kontrol anlamında ne şekilde cevap verileceği ise sistemsel kararlara örnek teşkil eder.



Şekil 3.11. Biçimsel ve Sistemsel Unsurlar

Tüm bu unsurlar içerisinde bazı konular biçimsel ve sistemsel kararları etkileme konusunda ara kesitte yer alır. Kinetik modülü oluşturan hareket ve malzeme bileşenleri biçimsel etkinin yanı sıra; malzemenin doğası (enerji hasadı, geçirgenlik

vs.) ve hareketin yönü veya şekli ile ilgili olarak amaç ve işlev doğrultusunda sistemler etkiye sahip olabilir. Malzemenin cinsi aynı zamanda kontrolün pasif veya aktif olabilme durumunu da belirleyerek teknoloji ve strateji tercihlerini belirler. Cephe bölümlenmesi ise; örüntüler ile biçimsel algılanmayı etkilerken, cephe yüzeyinde kontrolün ölçek ve düzenini belirleyerek sistemin çalışma prensipleri bakımından düzensel bir etkiye sahiptir.

Dolayısıyla bu aşamada belirlenen biçim ve sistem odaklı ayrımlar ya da birliktelikler sonraki aşamalarda tasarımın yönlendirilmesini kontrol ederken, son aşamada tasarımın hesaplamalı yorumlarının elde edilmesine yardımcı olur. Bu noktada en önemli konu tercihlere ait değişkenlerin doğru belirlenmesidir.

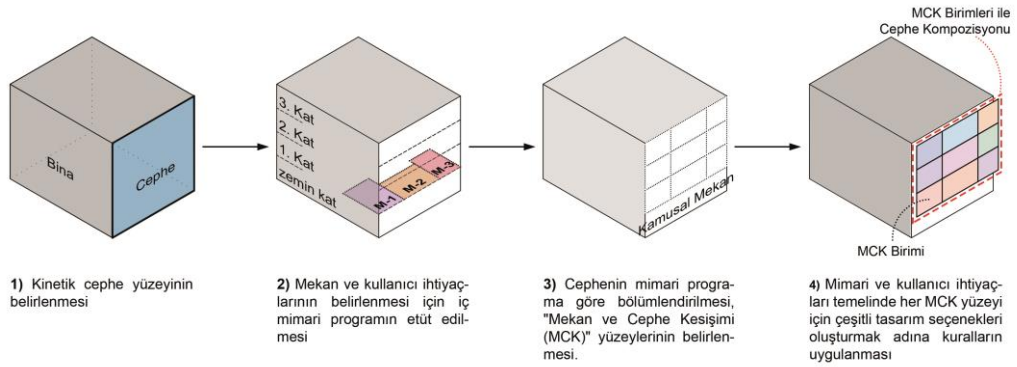
3.2.3. Performans Girdileri ve Gereksinimlerinin Belirlenmesi

Bu model kapsamında iç mekânlar ile bina cephesinin kesiştiği yüzeyler büyük önem taşımaktadır. Bu yüzeyler "Mekân-Cephe Kesişimi (MCK)" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.12). Mekânın mimari programı ile ilgili olarak işlevler, kullanıcı gereksinimleri ve istenen mahremiyet ve/veya geçirgenlik seviyeleri gibi tasarım girdileri bu aşamada önem kazanır. Enerji performansı, akustik, görsel konfor, ısı konfor ve havalandırma konuları mimari program ile kesiştirilerek her bir mekân için gereksinimler ve bunlara nasıl cevap verileceği tartışılır. Bu girdiler dolaylı olarak konsept konusuyla da ilişkilidir. Burada tespit edilen işlevlere yönelik kaygılar bir sonraki adımda MCK konfigürasyonları ve alternatiflerinin tasarlanmasında öncül bilgi görevi görecektir. Sonraki adımlarda ise; uygunluk kriterlerinin ve işlev odaklı performans çıktılarının denetlenmesinde en önemli etkendir.

3.2.4. Mekân-Cephe Kesişimi (MCK) Yüzeylerinin Tasarımı

Kullanıcılar, performans ve mimari program gereksinimleri temelinde tespit edilen tasarım girdilerine cevap verebilmek adına, MCK yüzeylerini (Şekil 3.12) biçim ve çalışma prensibi (sistem) açısından etkileyecek özellikler belirlenebilir. Bu özellikler ikinci başlıktaki biçimsel ve sistemsal kararlar konuları üzerinden; hareketli panel/modül tasarımını belirleyen malzemelerin cinsi ve hareketin biçimi, cephe

bölümlemesi (yüzey örüntüsü), farklı eleman boyutları veya geçirgenlik gibi unsurlarla tanımlanabilir. Bu aşamada esas olan, iç mekân ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda cephe yüzeyinde farklı durumlara cevap verebilecek çeşitlilikte MCK yüzey alternatifleri/varyasyonları oluşturabilmektir. Bunu gerçekleştirmek ise farklı durumlara özel MCK yüzeyleri oluşturacak kuralların tanımlanması ile mümkün olacaktır. Hareketli elemanların kapalı olma durumunda cephe yüzeyinde havalandırma için açıklıklar bırakmak veya perforasyonlu modüller kullanmak üzere koşullar belirlemek bu duruma bir örnek olabilir. Cephe yüzeyinde mahremiyet gereksinimlerine karşın çeşitli saydamlıklarda farklı malzemeler belirlemek farklı bir örnek olabilir. Geçirgenlik konusu bu örneklerde olduğu gibi görsel konfor, ısı konfor, akustik gibi durumlar özelinde çeşitlendirilebilir ve bileşenlerin kullanım durumları üzerinden özel kural setleri kurgulanabilir.



Şekil 3.12. Mekân-Cephe Kesişimi Yüzeylerinin Tanımlanması

3.2.5. Uygunluk Kriterlerinin Belirlenmesi

Cephe yüzeyi boyunca bütüncül bir tasarım etkisi elde etmek amacıyla, iç mimari organizasyon, genel işlevler, kullanıcı gereksinimleri, yapılı ve doğal çevre unsurlarını içeren çevresel faktörler ve performans konularına ilişkin tasarım varyasyonlarının üretilmesi ve optimizasyon süreçlerinde kullanılmak üzere uygunluk kriterleri belirlenmelidir. İfade edilen konular bakımından bu kriterler çok çeşitli şekillerde belirlenebilir. Örneğin; görsel konfor bakımından iç mekândan dışarı bakış yönünde isovist analizi ile elde edilecek verilere göre kinetik cephe elemanlarının yaratacağı görme engeli seviyesinin azaltılması veya kentsel alanda kalan yapısal unsurların

cephe önünde yaratacağı engelleri önemseyen uygunluklar kriterleri bir seçenek olabilir. Isıl konfor veya görsel konfor bakımından kullanılacak malzemelerin geçirgenlik seviyeleri üzerinden elde edilecek performans çıktıları ile uygunluk denetlemesi yapılabilir. Kinetik elemanların doğal çevresel koşullara (gün ışığı, yağış, soğuk/sıcak, kar yükü vs.) adaptasyonu sürecinin denetlenmesi bir seçenek olabilir. MCK yüzeylerinin ve cephede yer alan diğer bileşenlerin kompozisyonel (düzensel) yerleşimlerinin çeşitli organizasyon kuralları (topolojik organizasyon, fraktaller, 1-sistemler vs.) çerçevesinde gerçekleştirilmesi farklı bir tasarım uygunluk kriteri olabilir. Bu uygunluk kriterleri birer örnek olarak sunulmuştur, dolayısıyla farklılaşması ve çeşitlenmesi tasarımcının tercihlerine ve/veya programın gereksinimlerine bağlıdır. Kinetik cephe tasarımı için belirlenen uygunluk kriterleri tekil olarak uygulanabileceği gibi birlikte de denetleme mekanizmasının içinde yer alabilir.

3.2.6. Çok Amaçlı Optimizasyon Süreçleri ile Tasarım Üretimi

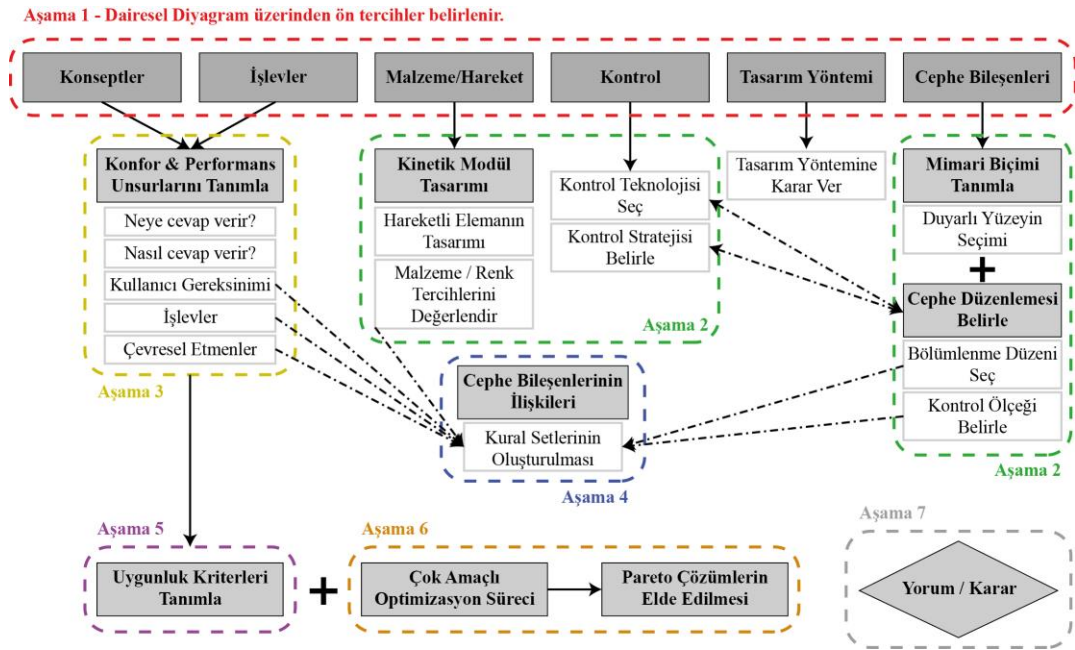
Bu aşamada süreç boyunca yapılan tüm tespitlere bağlı olarak alınan tasarım kararları tercih edilen bir tasarım arayüzü üzerinde oluşturulur/programlanır. Tasarımın yapısı içerisinde yer alan tüm parametreler/değişkenler belirlenir. Bu çerçevede; MCK yüzeylerini oluşturan kural setlerinin optimizasyon süreçlerine dahil edilip edilmeyeceği tasarımcının tercihinine bağlıdır. Kural setleri ile MCK yüzey çeşitlemeleri ön çalışma ile üretilebileceği gibi optimizasyon sürecinin içerisine de dahil edilebilir. Sürecin devamında bir önceki başlık altında belirlenen uygunluk kriterlerinin ne şekilde test edileceği belirlenir. Bu tez kapsamında Rhinoceros modelleme programı içerisinde yer alan gömülü eklenti olan Grasshopper' da çalışan ve evrimsel optimizasyon algoritmalarından faydalanan *WallaceiX* aracından faydalanılmıştır. Uygunluk kriterlerini belirleyen tüm parametreler bu optimizasyon aracına birer değişken olarak tanımlanır. Uygunluk kriterleri için ise parametrelerin hesaba dahil olduğu birtakım birim değerler belirlenir ve optimizasyon simülasyonu bu değerlere göre denetlenir. Simülasyona dahil edilen parametrelerin değiştirilmesi ile uygunluk için en iyi sonuçlar elde edilmeye çalışılarak bir tasarım evreni oluşturulur. Ortaya çıkan çok sayıda tasarım alternatifinden hedeflenen sonuçlara yakınsayan jenerasyonlar veya Pareto sonuçlar kullanılarak çözüm kümeleri elde edilir.

3.2.7. Tasarımların Hesaplamalı Değerlendirilmesi

Çok amaçlı optimizasyon süreçleri; belirlenen uygunluk kriterleri ya da kural setleri ile tasarımcılara belirli özelliklere yakınsayan tasarım varyasyonları üretme konusunda oldukça başarılı sonuçlar sunabilmektedirler. Ancak bu süreçler doğaları gereği kriterlerin dışında kalan parametreler hakkında yorum yapma imkânı sunmazlar. Bu nedenle tasarımcıya yardımcı olacak harici değerlendirme ve/veya yorumlama mekanizmalarına her zaman ihtiyaç duyulabilir. Doğal süreçlerde bu yorumlama, tasarımcının veya paydaşların uzmanlığı aracılığıyla gerçekleşir. Farklı bir eklenti ile bu yorumlama süreci, tasarıma dahil olan veya tasarımla ilgili paydaşlar üzerinden hesaplamalı olarak geliştirilebilir. Bu düzlemde bütünleşmiş bir şekilde kullanılacak çok kriterli karar verme süreçleri etkin bir rol oynayabilir. Bu nedenle ikinci aşamada bahsedilen biçimsel ve sistemsel tercihler üzerinden belirlenen parametreler ile farklı perspektiflerden değerlendirmeler üretilebilir. Örneğin; malzeme seçenekleri, hareket seçenekleri, cephe dağılım tercihleri, cephe konfigürasyonu, geçirgenlik farklılıkları, kullanıcı bakışı ve benzeri gibi parametreleri bir araya getirerek cephe kompozisyonunun genel biçimsel karmaşıklığını değerlendirmemizi sağlayacak ve tasarımcıya estetik açıdan yorum kolaylığı getirecek bir karmaşıklık ölçeği oluşturmakla birlikte, bu parametreler değiştirilerek çok çeşitli hesaplamalı değerlendirmeler üretmek de mümkün olacaktır. Bundan başka; hareket mekanizmalarının strüktürel yapı ile bütünlüğü, kullanılacak yapı ve cephe malzemelerinin tercihi gibi konular üzerinden yapısal bir değerlendirme gerçekleştirilebilir. Bu örneğe maliyet konusu dahil edilerek değerlendirme uygulanabilirlik üzerinde kurgulanabilir. Kullanılacak sistemlerin değerlendirilmesi farklı bir deneme olabilir. Bu şekilde değerlendirme alternatiflerini çeşitlendirmek mümkündür. Bu durum tasarımcının ve paydaşların motivasyonu ile ilişkilidir. Tez kapsamında geliştirilen yöntem önerisinin son aşamasında harici değerlendirmeyi gerçekleştirmek için çok kriterli karar verme süreçlerinden olan *analitik hiyerarşi sürecinden (AHP)* ve *ideal çözüme benzerlik yoluyla sıra tercihi tekniğinden (TOPSIS)* sıralı ve bütünleşik bir şekilde faydalanılmıştır.

3.2.8. Öneri Yöntemin Uygulama Algoritması

Akış diyagramında, öneri modelin aşamaları sıralı bir şekilde tariflenmiştir ancak Şekil 3.13'te yer alan algorithmda görüldüğü üzere tasarım elemanlarının birbirleri ile olan ilişkisi nedeniyle süreç birbirleri ile olan girift ilişkileri ile devam eder. Bir sonraki başlık altında işlenen model uygulamaları bu detaylı algoritmayı temel almaktadır ve buna göre tarif edilecektir.



Şekil 3.13 Bütüncül Tasarım Önerisi Uygulama Algoritması

Bir sonraki başlık olan “Öneri Model Uygulamaları” altında, bu bölümde önerilen 7 (yedi) aşamalı *kinetik cepheler için tasarım modeli* çerçevesinde 6 (altı) ana başlık olarak sunulan *kinetik cepheler için tasarım unsurlarından* faydalanılarak örnek uygulama çalışmaları yapılmaktadır. Her bir uygulama kendi içerisinde farklı tasarım niteliklerine ve önceliklere sahiptir. Uygulamalar; öneri model kullanılarak yürütülmesine karşın, her biri öneri modelin önem arz eden noktalarını detaylı açıklayabilmek için, farklı aşamalara odaklanır. Uygulama-1’in tasarımı genel olarak panel türevlerinin üretilmesi, yüzey algılama ve kullanıcının görsel konforu gibi konuları dikkate alır. Öneri model çerçevesinde; ağırlıklı olarak ilk 5 (beş) aşama içerisinde tasarım unsurlarının kullanımına, mekân-cephe kesişim yüzeylerinin oluşturulmasına ve basit uygunluk kriterlerinin ya da mimari/kullanıcı

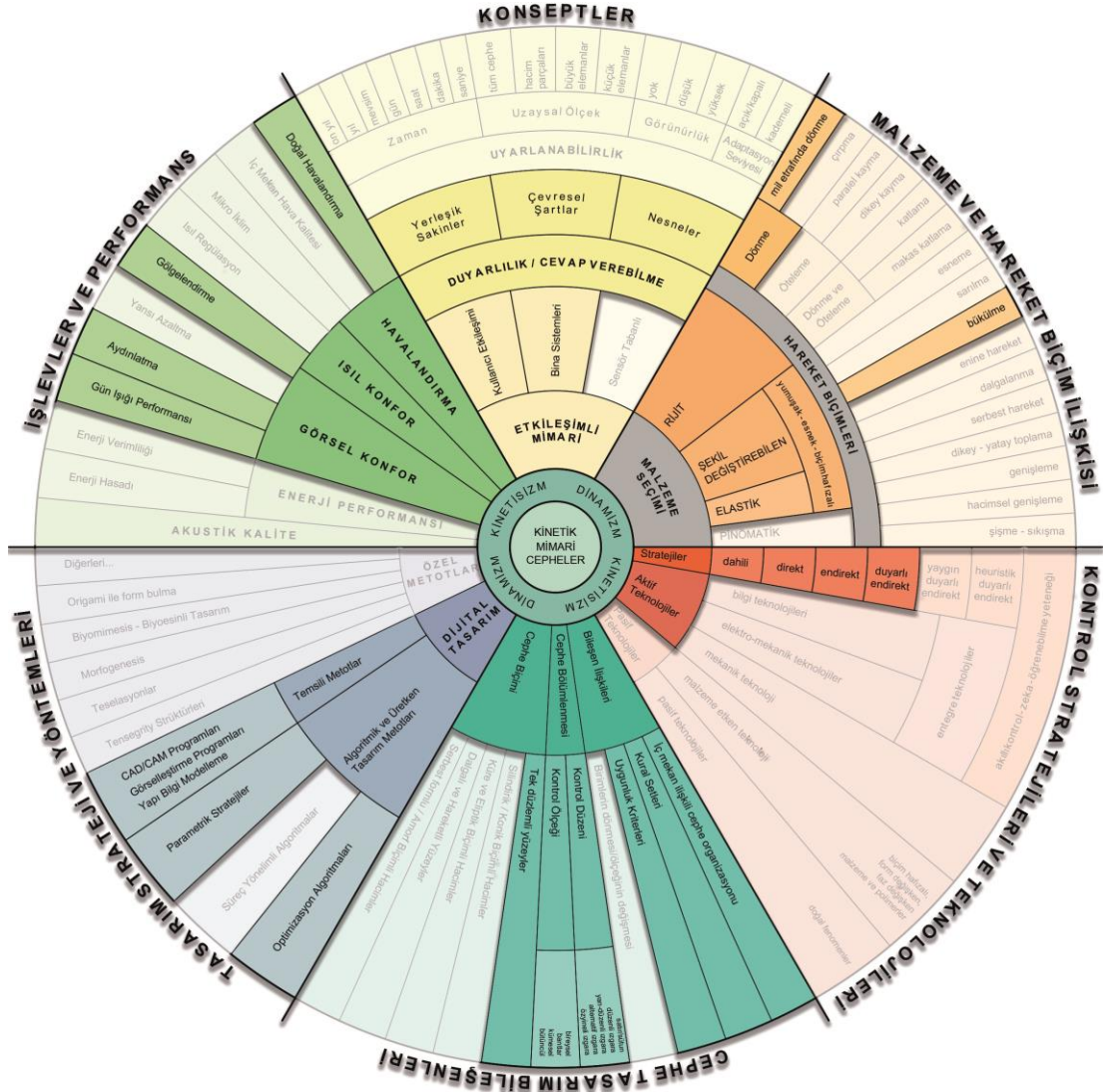
gereksinimlerinin belirlenmesine odaklanılmaktadır. Uygulama-2’de, modül türevleri ve kural setleriyle tasarıma dair bir yaklaşım sergilenmektedir. Burada ise; öneri model temelinde ana odak, kural setleriyle MCK yüzeylerin oluşturulması, belirlenen uygunluk kriterleri kapsamında tasarımının en iyileştirme sürecinin gerçekleştirilmesi ve elde edilen ürünlerin değerlendirilmesi olmuştur. Uygulama-3’te ise, mekân-cephe kesişim yüzeylerinin alternatif bölümlenmeler ile tasarımı yaklaşımı benimsenmektedir. Bu şekilde; cephe yüzeyinde MCK ilişkili bir örüntü çeşitliliği sağlanır. Elde edilecek birbirinden görünüm olarak farklı alternatiflerin nasıl değerlendirilebileceği problemine çözüm aranmaktadır. Dolayısıyla uygulama, öneri model ile üretilen tasarımların harici değerlendirilmesi olan son aşamasına odaklanmaktadır.

4. ÖNERİ YÖNTEM UYGULAMALARI

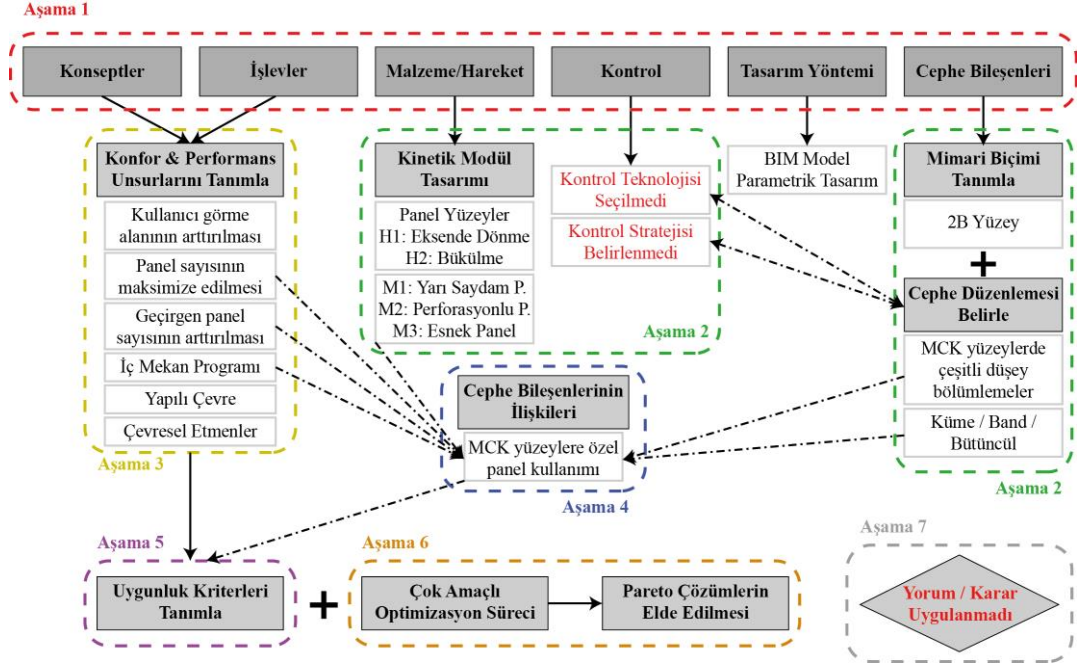
4.1. ÖRNEK UYGULAMA – 1 : PANEL TÜREVLERİ, YÜZEY ALGILAMA, KULLANICI GÖRÜŞÜ

Uygulama – 1’ de algoritmik olarak sistemi temel anlamda açıklayabilmek için karmaşık hareketli modüller yerine eksen etrafında dönebilen paneller tercih edilmiştir. Örnek uygulamada öncül kararları belirlemek için kinetik cephe tasarımları kapsamında geliştirmiş olduğumuz kinetik cephe unsurları çerçevesinden faydalanılmıştır. Bu çerçevede tüm konular özelinde bir karar verilebilmiştir. Örnek uygulama – 1 genel anlamda kinetik cephe tasarımı model önerinin ilk 5 (beş) aşamasının nasıl takip edilmesi gerektiğini detaylı bir şekilde açıklamak için kurgulanmıştır.

Aşağıda dairesel grafikte (Şekil 4.1) belirlenen tercihler ve algoritma (Şekil 4.2) özetle şu şekilde açıklanabilir. Kinetik cephe sisteminin doğrudan olmayan duyarlı bir şekilde kontrol edilmesi planlanmakta ancak kontrol teknolojisine karar verilmemiştir. Cephe tasarımını biçimsel olarak etkileyecek bileşenler; iç mekân organizasyonları, kural setleri, uygunluk kriterleri, cephe bölümlenme biçimleri ve cephe yüzeyinin kendisidir. Tasarım yöntemi olarak mekân işlevlerini cephe kesişimine tanımlamak için yapı bilgi modellemeden faydalanılması, yeni tasarımların türetilmesi için ise çok kriterli optimizasyon süreci kullanılması hedeflenmiştir. Bu bileşenler ile tasarımda işlevsel olarak havalandırma, görsel konfor ve ısı konfor amaçlanmıştır. Bu özellikler göz önünde bulundurularak tasarımın çevresel koşullara, kullanıcılara ve nesnelere duyarlı bir konsept ile tasarlanması düşünülmüştür.



Şekil 4.1. Örnek Uygulama – 1’ de Kullanılan Kinetik Cephe Unsurları

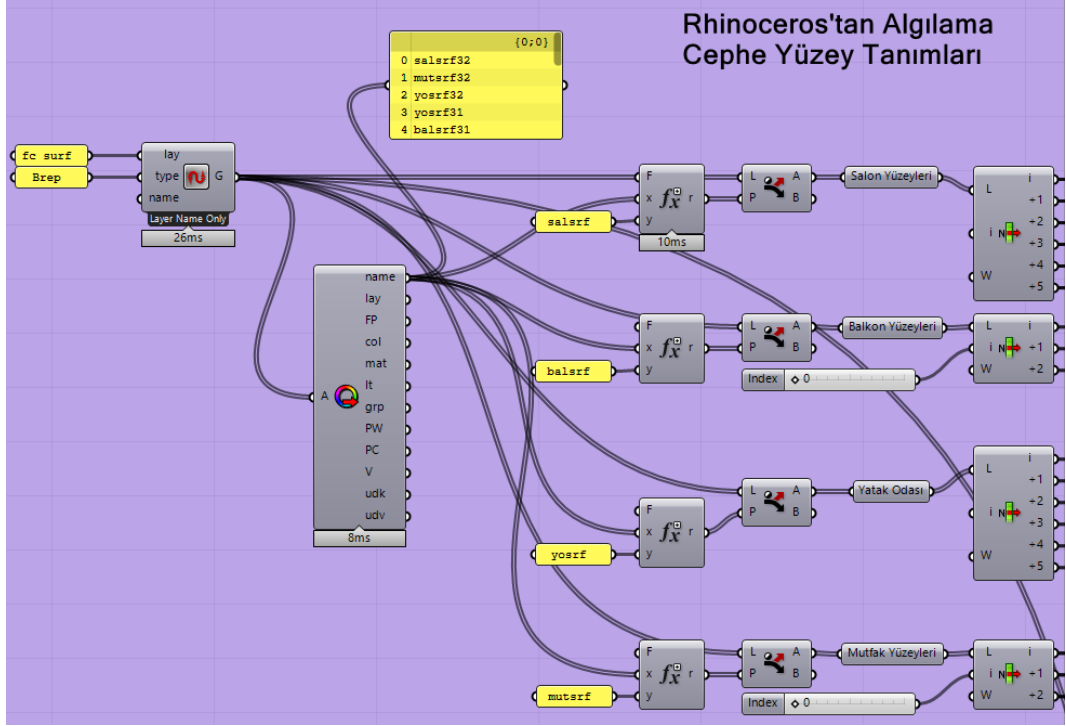


Şekil 4.2. Örnek Uygulama – 1 / Tasarım Yöntemi Algoritması

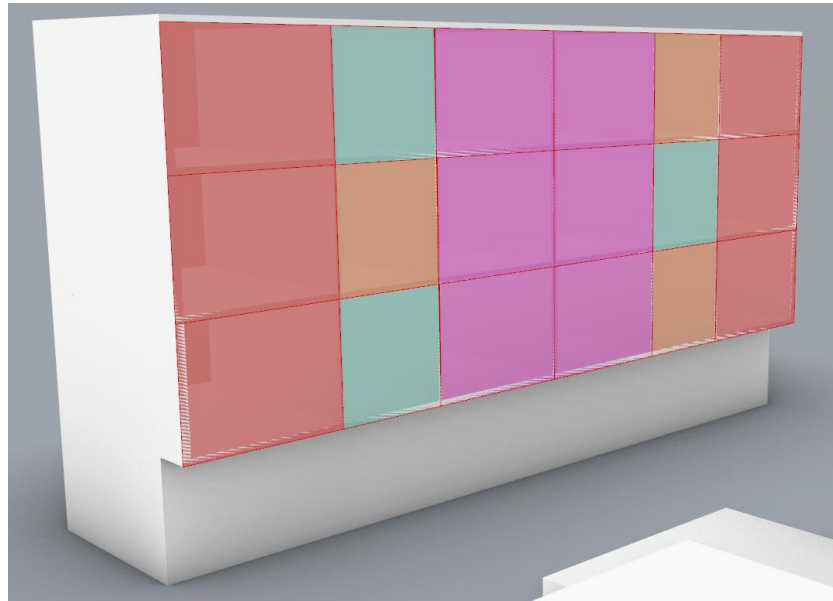
4.1.1. Yöntemin Adaptasyonu

Tasarım yöntemi akış şeması ile alınan öncül kararlar her bir aşama için detaylandırılmıştır. Bu anlamda bileşenler için belirlenen detaylar şu şekilde sıralanabilir. Öncül kararlar ile tasarım stratejileri kapsamında yapı bilgi modelleme tekniği kullanılarak, mimari programın mekân isimlerinden cephe yüzeylerinin algılanması için görsel programlama yapılmıştır (Şekil 4.3, Şekil Ek C.1). Tasarımın devam eden süreçleri için parametrik tasarım teknikleri benimsenmiştir.

Programlama ile elde edilen MCK yüzey ayrımları 3 boyutlu model olarak Şekil 4.4' te gösterilmiştir. Gösterimde kırmızı renk ile iç mekânda *yaşam alanları (salon)*, turuncu renk ile *mutfak kullanımları*, turkuaz renk ile *balkon kullanımları*, eflatun renk kullanımı ile ise *yatak odası (dinlenme)* alanları ifade edilmiştir.

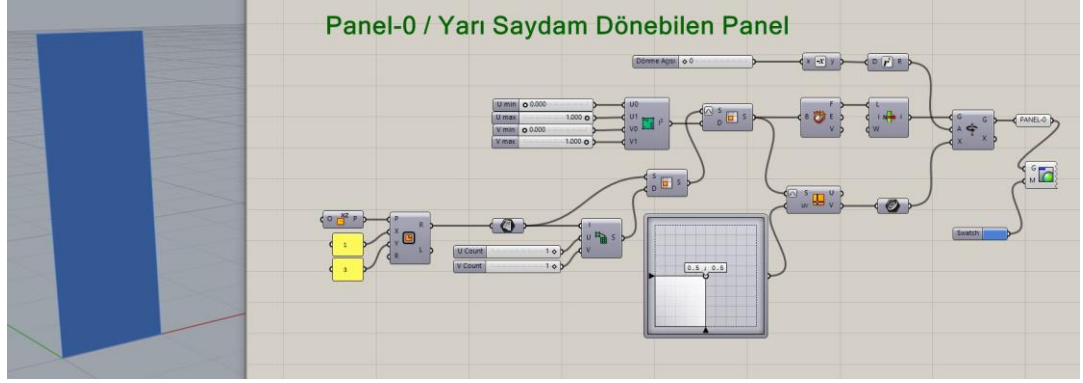


Şekil 4.3. Mimari Program Mekân İsmi Algılama ile Yüzey Tanımlama

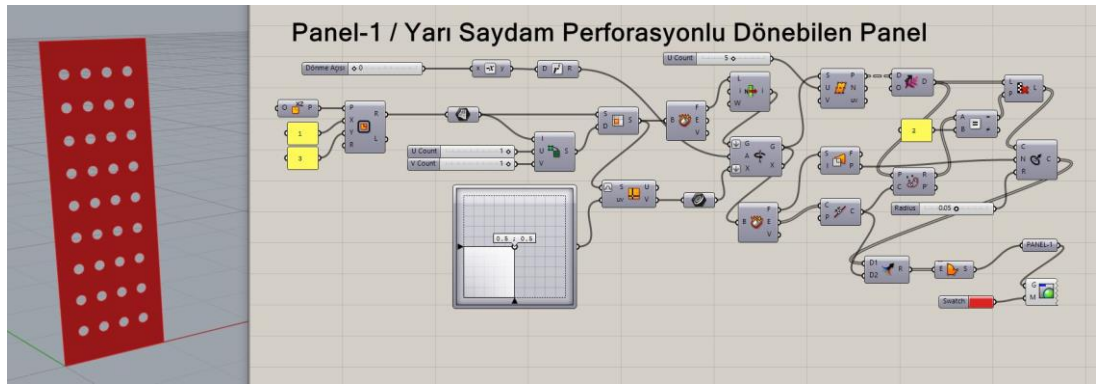


Şekil 4.4. Cephe Yüzeyinin İç Mekân İşlevlerine göre Bölümlendirilmesi

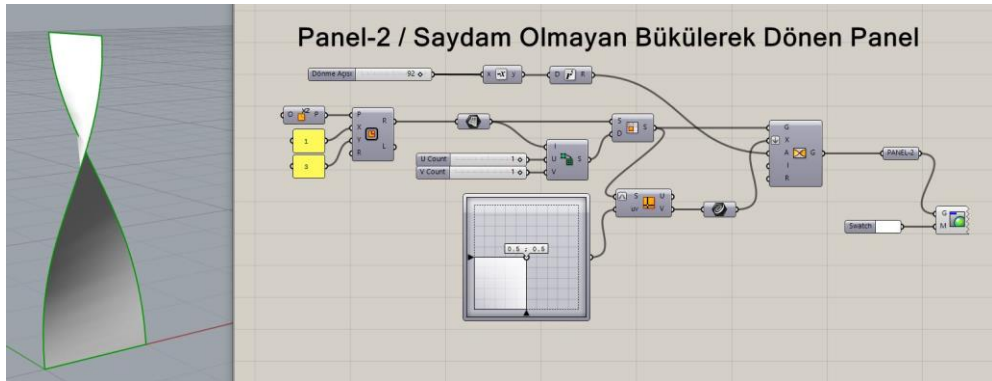
İkinci aşamada, biçimsel kararlar çerçevesinde, cephe biçimlenişi düzlem yüzey olarak tanımlanmıştır. Kinetik modül tasarımı için üç farklı panel yüzey tercih edilmiştir: yarı saydam panel (Şekil 4.5), yarı saydam perforasyonlu panel (Şekil 4.6) ve saydam olmayan esnek panel (Şekil 4.7).



Şekil 4.5. Panel-0, Yarı Saydam Dönebilen Panel Algoritması



Şekil 4.6. Panel-1, Yarı Saydam Perforasyonlu Dönebilen Panel Algoritması



Şekil 4.7. Panel-2, Saydam Olmayan Bükülerek Dönen Panel Algoritması

Cephe bölümlenmesinde tasarımın çeşitlenmesini sağlayacak şekilde; mekân-cephe kesişim yüzeylerinin düşey bölümlenmesi baz alınmıştır. Düşey bölümlenmeler her bir mekân-cephe kesişimi için üçten az olmayacak şekilde ayarlanmıştır. Bölümlenmeler optimizasyon süreçlerinde uygunluk kriterlerine göre her bir yüzey

için farklılık gösterebilecek şekilde düzenlenmiştir. Bu bölümlenme yöntemi ile kontrol düzeni ilgisinde düzensiz ızgara oluşturma ihtimalleri ortaya çıkmıştır. Kontrol ölçeği düzleminde ise tercihler yatay bant, küme ve bütüncül kontrole imkân tanımıştır.

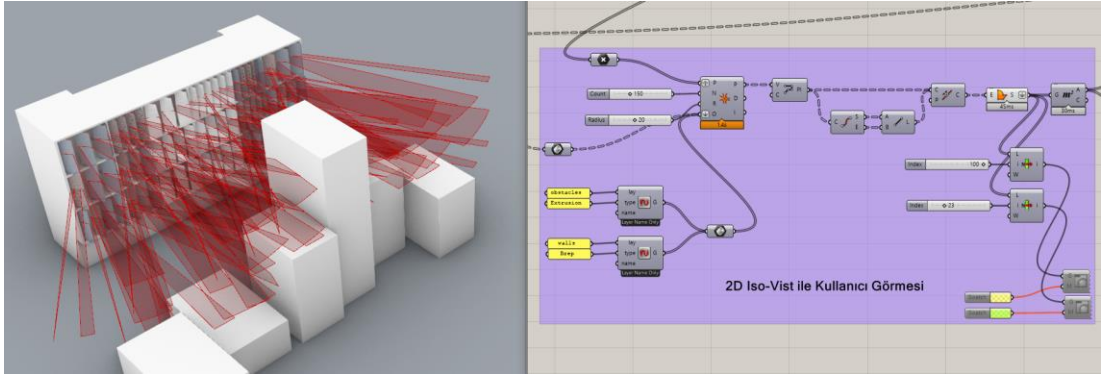
Performans girdi ve gereksinimlerinin belirlendiği üçüncü aşamada yapılı çevre, kullanıcı görsel konforu ve iç mekân organizasyonu kinetik cephe yüzeyinin tasarımını doğrudan etkileme potansiyeline sahip girdiler olarak sıralanmıştır. Burada yapılı çevre hedef yapının çevresinde yer alan binalar üzerinden engeller olarak tanımlanmışlardır. İç mekân organizasyonu kinetik cephe yüzeyi ilişkisi belirlenen paneller ile ilişkilidir. Kullanıcı görsel konforu ise; binanın etrafındaki yapılı çevre, MCK yüzeyinde kullanılan paneller ve kullanıcının tüm engellerden sonra isovist ile hesaplanan görme alanı ile ilgilidir.

MCK yüzeylerinin tasarımı tercihlerini belirlediğimiz dördüncü aşamada, kullanım tercihleri açısından çeşitli kurallar belirlenebilir (Çizelge 4.1). Örneğin; saydam olmayan esnek paneller yatak odası gibi mahremiyet ihtiyacı yüksek olan alanlarda kullanılmıştır. Yarı saydam perforasyonlu panel ise ağırlıklı olarak düşük mahremiyet gereksinimli balkon yüzeylerinde, yarı saydam panel ise ağırlıklı olarak orta mahremiyet gereksinimli yaşam alanlarında tercih edilmiştir. Bu tanımlamaya göre; yatak odalarında tek bir panel tipi kullanılabilirken, balkon ve yaşam alanları için iki farklı panel tipi ile tasarım çeşitlenebilmiştir. Bu tercihler doğrultusunda cephe kompozisyonunda panellerin dağılımını sağlayacak bir kurallar grubu tanımlanabilmiştir.

Çizelge 4.1. MCK Yüzeyler için Kurallar

Mekân-Cephe Kesişimi Yüzeyleri	Panel tipi Kullanımı	Minimum Bölümlenme Sayısı	Maksimum Bölümlenme Sayısı
Salon MCK Yüzeyleri	0 veya 1	3	6
Mutfak MCK Yüzeyleri	0 veya 1	3	5
Yatak Odası MCK Yüzeyleri	2	3	6
Balkon MCK Yüzeyleri	1	3	5

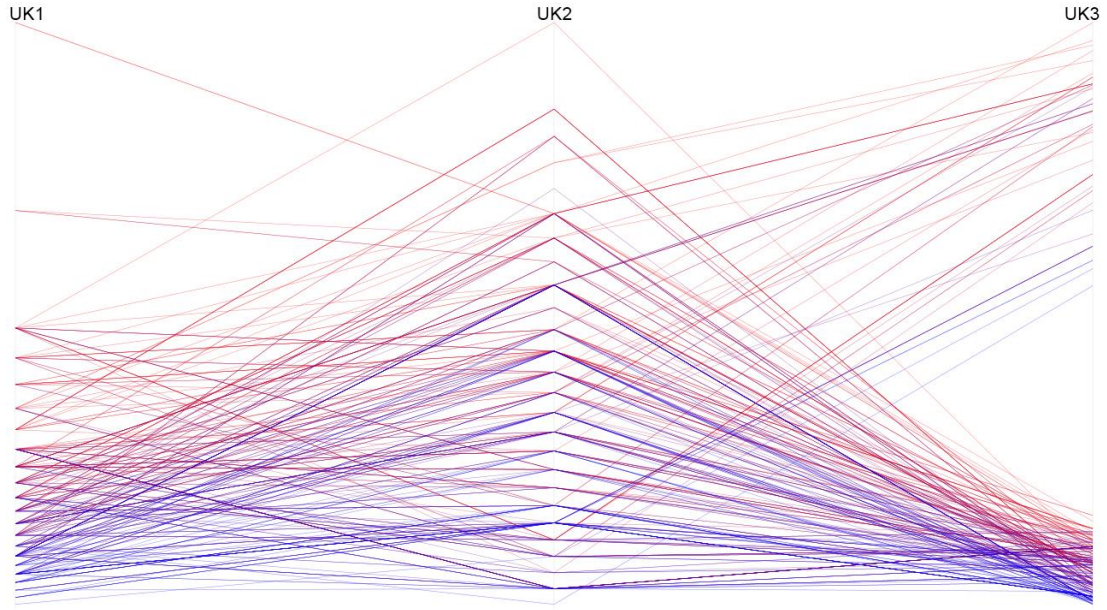
Üçüncü aşamada belirlenen girdilere ve etkenlere bağlı olarak tasarıma dair alternatifler üretmek için belirlenen uygunluk kriterleri; bütüncül geçirgenlik seviyesini arttırabilmek için yarı saydam panel sayısının arttırılması (UK1), mekân-cephe yüzeyleri üzerinde panel sayısının arttırılması (UK2), iso-vist (Şekil 4.8) verilerinden faydalanarak kullanıcı görüş alanının maksimize edilmesi (UK3) olarak sıralanmıştır.



Şekil 4.8. Iso-vist Yöntemi ile Kullanıcı Görme Alanının Bulunması

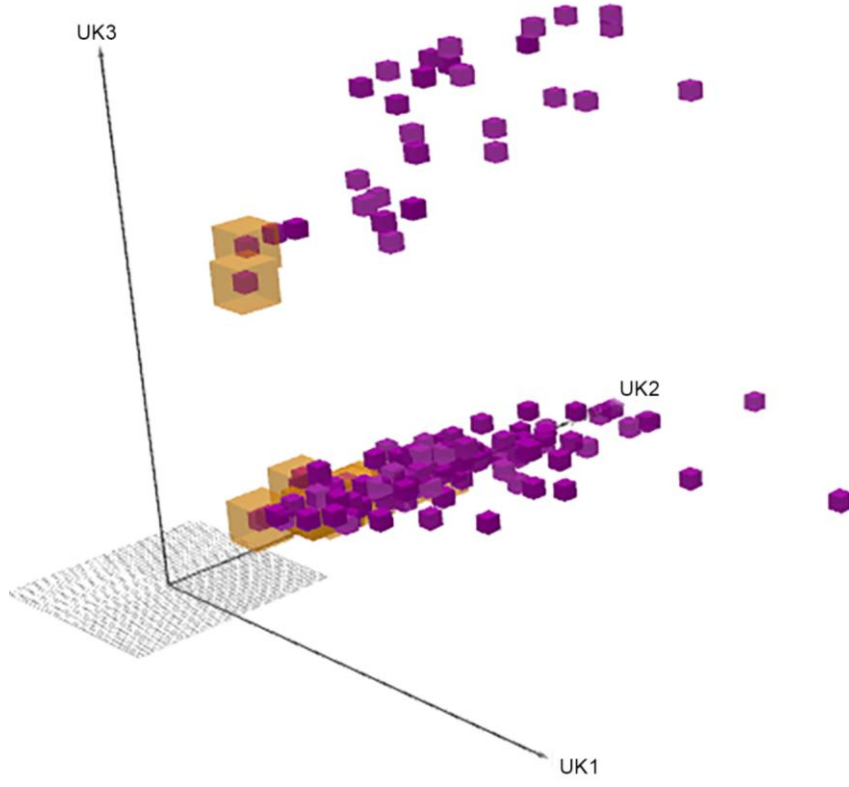
Uygulamanın altıncı aşaması ile uygunluk kuralları dahilinde optimizasyon süreçleri gerçekleştirilmiştir. Simülasyon parametreleri incelendiğinde optimizasyon süreci için görme alanının, toplam panel bölümlendirme sayısının ve kullanılan *panel-0* sayısının maksimuma ulaştırmak olan üç hedef tanımlanmıştır. Ancak bu hedefleri deneyimleme sürecinde; panellerin dönüş açıları ve MCK biçimlenişini kurgulayan kurallar çerçevesinde toplamda 73 parametrenin alabileceği 178 değer bulunmaktadır. Bu simülasyon süreci için çok fazla deneme yapmak anlamına gelir. Simülasyon arayüzünün hesabına göre tasarım araştırma evreni $8,8 \times 10^{27}$ sayısına yakındır.

Optimizasyon için her biri 20 bireyden oluşan 20 nesillik, toplamda 400 elemanlı çözüm kümesine sahip bir simülasyon çalışması yürütülmüştür. Tüm bireylerin aldığı değerler paralel koordinat şemasından takip edilmiştir (Şekil 4.9). Bu gösterimde kırmızı çizgiler ilk nesiller ve ilk bireyleri, mavi çizgiler ise son nesiller ve son bireyleri temsil eder. Soldan sağa her bir düşey çizgi sırasıyla birden üçe uygunluk kriterlerinde (UK) her bir çözümün aldığı değeri gösterir. Burada her bir kriterin kendi ölçeği bulunmaktadır.

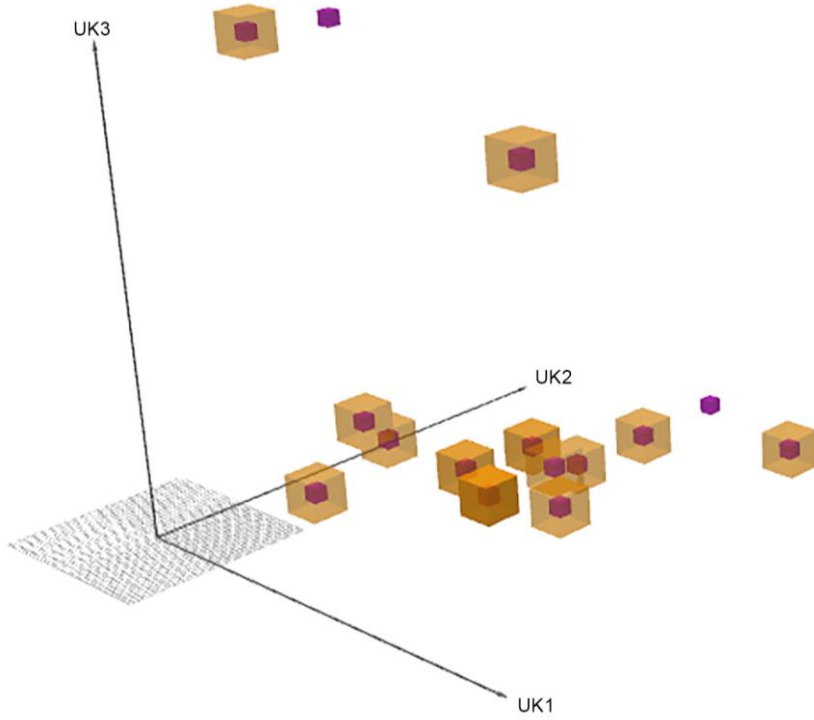


Şekil 4.9. Paralel Koordinat Şeması – Uygunluk kriterleri

Üretilen tüm çözümler optimizasyon aracının hedef uzayı (objective space) grafiğinde kontrol edilir. Şekil 4.10'da tüm nesiller için üretilen bireylerin uygunluk kriterleri bakımından hedef uzaydaki yerleri gösterilmektedir. Şekil 4.11'de ise; son nesle ait bireyler yer almaktadır. Bu iki grafikte de bulunan sarı kübik gösterimler pareto verimli bireyleri ifade eder. *Pareto verimlilik*, bir bireyi belirleyen değişkenlerden herhangi birini daha kötü hale getirmeden diğerlerinin daha iyi hale getirebilecek seçeneklerin bulunmadığı durumlardır. Dolayısıyla, çok amaçlı optimizasyonlarda pareto verimliliği sağlayan çözümlerin kümesine ise *pareto öncüller* ismi verilir.



Şekil 4.10. Tüm Popülasyonun Hedef Uzayında Gösterimi



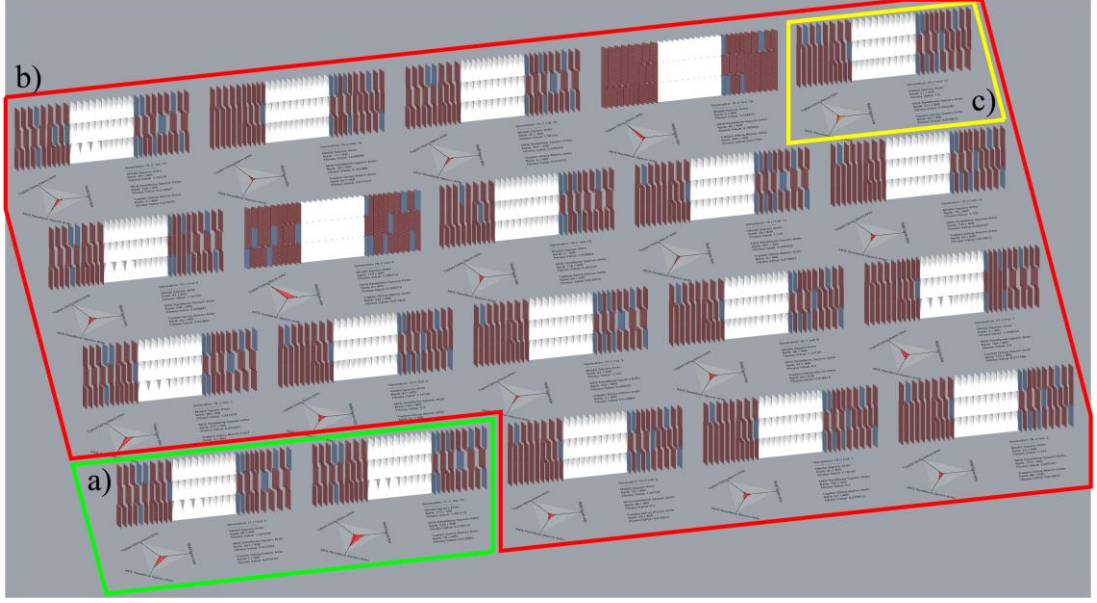
Şekil 4.11. Son Neslin ve Paretoların Hedef Uzayda Gösterimi

4.1.2. Optimizasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

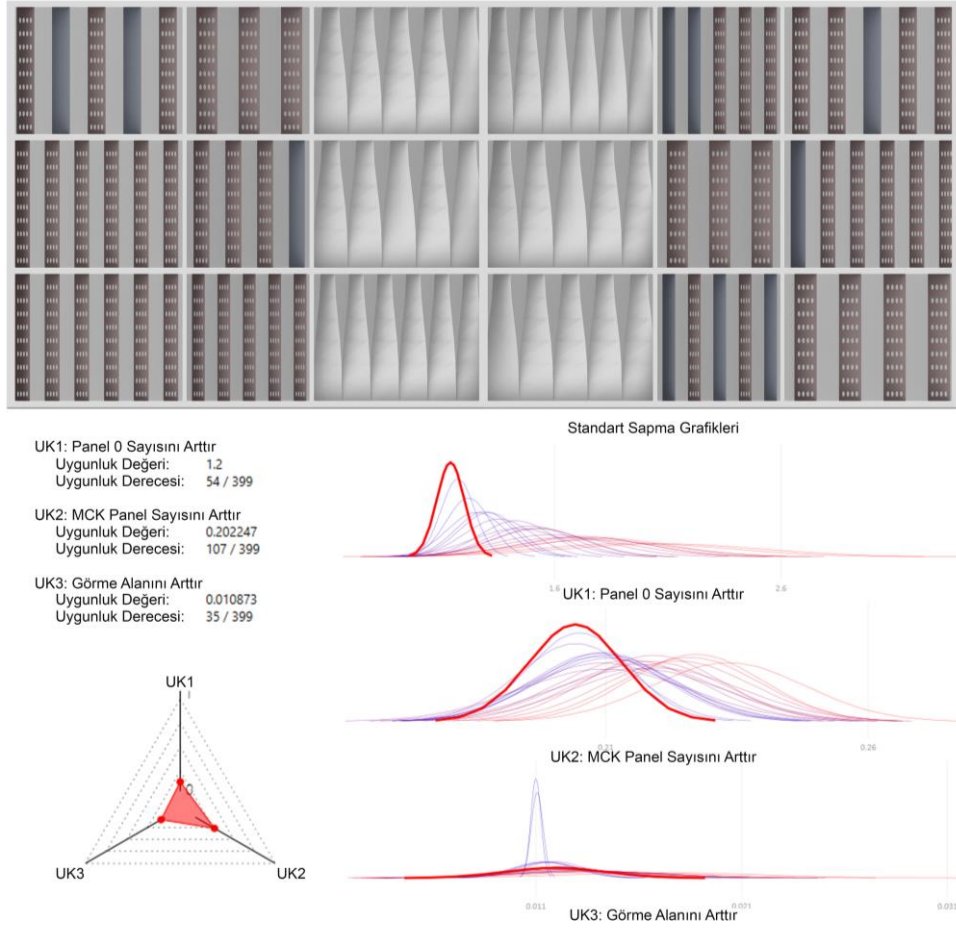
Optimizasyon sürecinde tüm pareto sonuçlar son neslin içerisinde çıkmıştır. Ancak üretimler sırasında simülasyon aracı görme alanının artırılması için belirlenen uygunluk kriterini en iyileştirmeyi genelin ortalamasını sağlayabilmek adına azaltmıştır. Buradan uygunluk kriteri 3 (üç) için yapılacak en iyileştirmelerin olumlu diğer değişkenleri belirgin bir şekilde olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu durum panel seçimlerinden veya sahne senaryosunda yer alan görme alanını etkileyen çevresel etmenlerden de kaynaklanmıştır.

Şekil 4.12’de optimizasyon aracının verdiği çözümler itibarıyla görme alanı uygunluk kriteri için en iyi sonucu veren 2 (iki) birey ve tüm kriterler için pareto verimlilik içerisinde kalan 18 (on sekiz) pareto birey gösterilmektedir (Şekil 4.12). Gösterim renklerinde; beyaz renk şeffaf olmayan bükülebilir panelleri, mavi renk yarı saydam panelleri, kırmızı renk ise yarı saydam perforasyonlu panelleri ifade eder.

Bu sonuçlar içerisinde Nesil 19’a ait Birey 17 çözümü (Pareto çözümlerin sonuncusu) bir örnek olarak Şekil 4.13’te değerlendirme verileri ile gösterilmiştir. Detaylı cephe görselinden çıkarılabileceği üzere, optimizasyonda tüm MCK yüzeyleri için farklı sayılarda panel belirlenmiştir. Şekilde yer alan ifadelerde, çözümün standart sapma grafikleri üzerinde hangi noktada yer aldığı koyu kırmızı renkle işaretlenmiştir. Uygunluk kriterlerine ait değerler ile dereceler, grafiksel ve yazınsal olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.12. a) UK3 için Optimum Sonuçlar, b) Pareto Sonuçlar, c) Son Pareto Birey (bkz. Şekil 4.13)



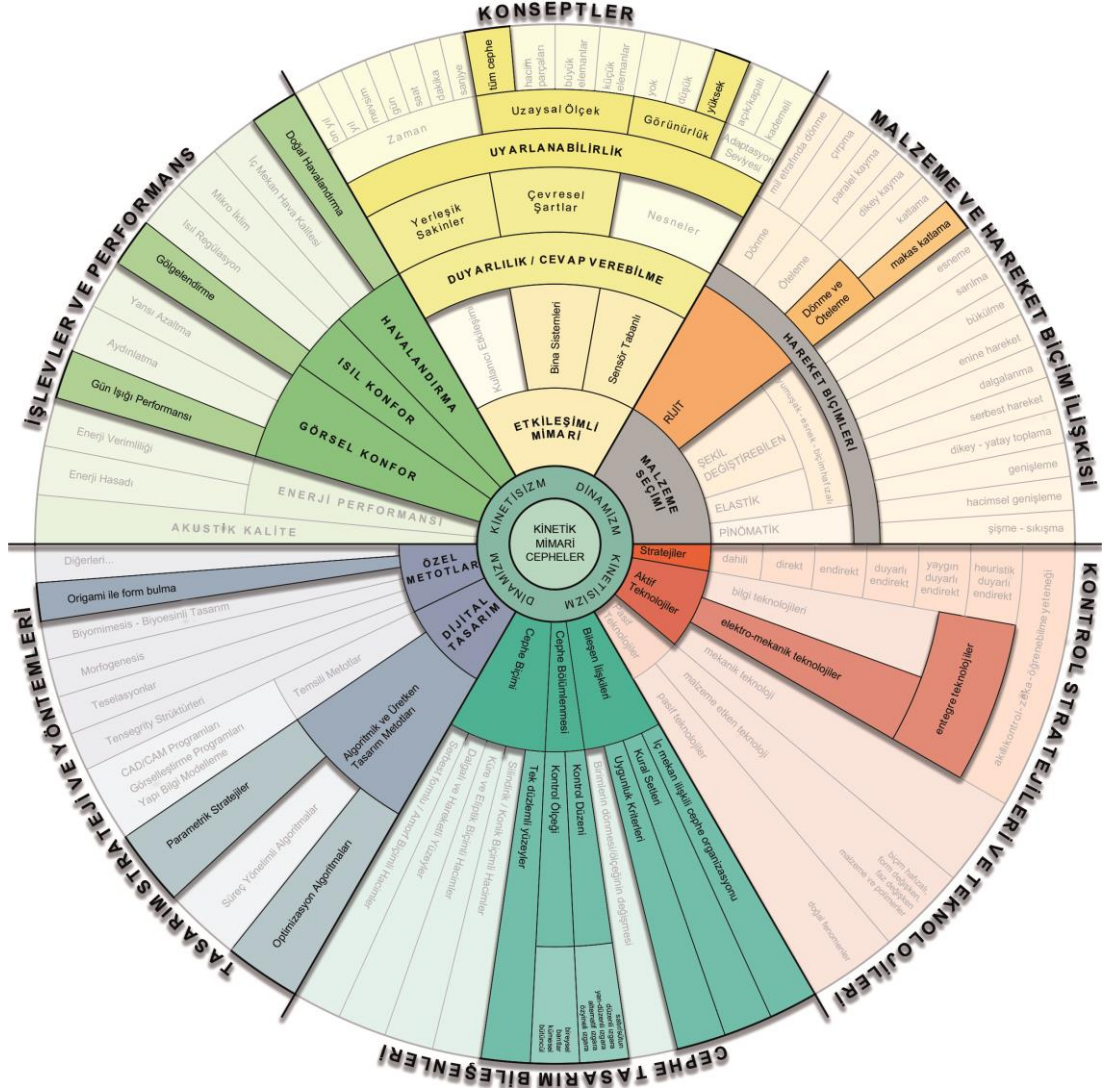
Şekil 4.13. Son Pareto Birey (Nesil 19 – Birey 17) Cephe Görseli ve Verileri

Gerçekleştirilen bu çalışmada, modelin kurgulanması sırasında başlangıçtan optimizasyon sürecine kadar model elemanları kullanılmış ve herhangi biri için fenotip, genotip tanımlaması getirilmemiştir. Dijital modelin üretimi esnasında genotip ifadeler yerine doğrudan modelin optimizasyonu bazı karmaşık durumlarda bilgisayarın donanımsal yetersizliğine neden olmuştur. Dolayısıyla, kurgulanan uygulama örneklerinde, genotip tanımlamalar yapılarak, algoritmanın basit ve optimizasyona giren parametre sayısının optimum tutulmasına dikkat edilmelidir.

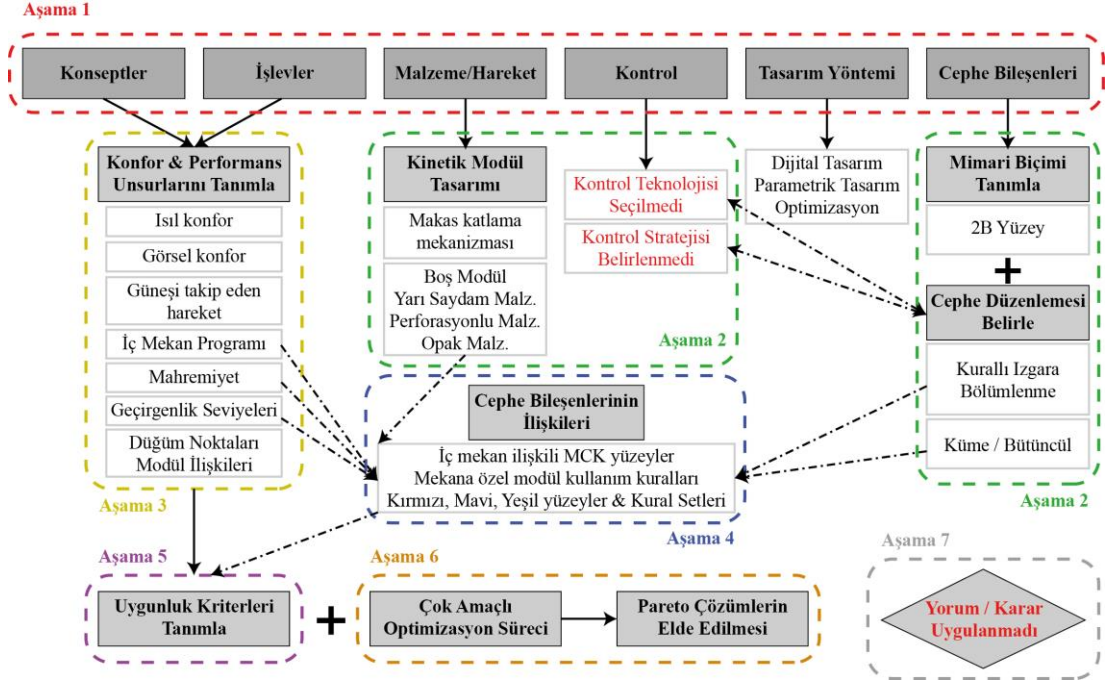
4.2. ÖRNEK UYGULAMA – 2 : MODÜL TÜREVLERİ VE KURAL SETLERİ İLE TASARIM

Bu uygulamada mevcut problemlere önerilen çözüm önerileri kapsamında işlev-mekân-kinetik cephe ilişkisini en iyi şekilde açıklayabilecek bir çözüm önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır. Mekânların mahremiyet bağlamında işlevsel gereksinimlerini inceleyebilmek adına popülasyon bakımından yüksek yoğunluklu bir konut yapısı seçilmiştir. Getirilen çözüm önerisi kapsamında; mekânsal ihtiyaçlar için cephe yüzeyinde farklılaşabilecek durumlara göre gereksinimleri karşılayabilecek şekilde, öneri modül farklı türevleriyle birlikte ele alınmıştır. Önerilen modüller ile her bir işleve denk gelen yüzeyler için kural setleri ile farklı yüzey senaryoları oluşturulmuştur. Mekân-cephe kesişim (MCK) yüzeyleri olarak isimlendirebileceğimiz bu cephe alanlarının birbirleri ile komşuluk ve benzerlik ilişkilerinin nasıl olabileceği irdelenmiştir. MCK yüzeyleri arasındaki ilişkiler ile kullanıcının/varsayımsal kullanıcı gruplarının tasarım sürecine dahil edilebileceği düşünülmüştür.

Modelin geliştirilmesine başlayabilmek için bütüncül tasarım önerisinin ilk aşaması kapsamında kinetik cepheyi oluşturan unsurların içerisinden öncül kararlar verilerek dairesel diyagram üzerinde bu kararlar işaretlenmiştir (Şekil 4.14). Alınan kararlar yöntem algoritması üzerine işlenerek bir yol haritası çıkartılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.14. Örnek Uygulama – 2’de Kullanılan Kinetik Cephe Unsurları



Şekil 4.15. Örnek Uygulama – 2 için Tasarım Yöntemi Algoritması

Algoritmanın temelinde, paralel olarak başlayan, etkileşim içerisinde ilerleyen ve bir noktada birleşen iki süreç bulunur. Birinci süreç, binanın cephe yüzeyinde kullanılacak kinetik modülün tasarımını içerir. Bu modül, bina kabuğunun belirli gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanır ve çeşitli versiyonlara sahiptir. Bu versiyonlar, farklı mekânsal ihtiyaçları karşılamak için çeşitli kurallar ve ölçütler doğrultusunda cephe yüzeyine yerleştirilir. Bu sayede, cephe üzerinde farklı işlevleri yerine getirebilen ve görsel olarak da estetik bir bütünlük sağlama potansiyeline sahip modül grupları/kümelere yapmak mümkün hale gelir.

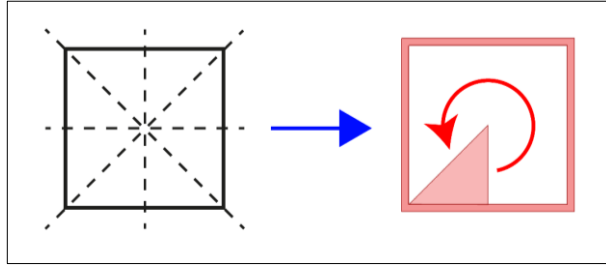
İkinci süreç, seçilen örnek yapının planlarının incelenmesini ve mekân işlevlerinin analizini içerir. Bu analiz sonucunda, cephenin bölümlendirilmesi ve bu bölümlerin nasıl ilişkilendirileceği ve kesişeceği belirlenir.

Bu iki sürecin birleştiği nokta; mekanların mahremiyet ihtiyaçlarına göre cephe geçirgenlik kriterleri ile, modüllerin cephe üzerindeki yerleşimi ve sayısında etkili olan topolojik unsurların (kesişimler, sınırlar, düğümler vb.) belirlenmesidir. Son aşamada ise; en uygun nesiller ve pareto çözümler, tasarımcıya evrimsel optimizasyon motoru (WallaceiX) aracılığıyla sunulur.

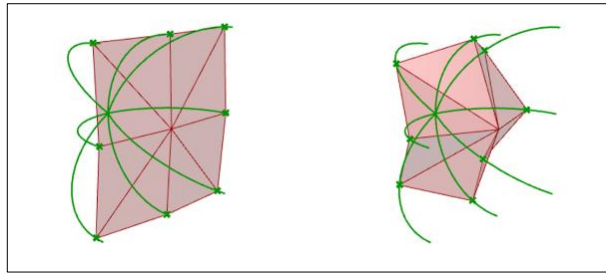
4.2.1. Modül Tasarımı

Saydam cephe yüzeyi arkasında kalan işlevsel mekanları en verimli şekilde kaplayabilmek ve cephe genelinde tanım boşluklarına neden olabilecek açık noktalar, boşluklar bırakmamak için kenarları arasında dik açı ilişkisi bulunan bir modül tasarımının oldukça kullanışlı olacağı düşünülmüştür.

Uygulamadaki modül tasarımı, origami katlama sanatının vadi/tepe (valley/hills) bileşenlerinden ve şemsiye mekanizmasının çalışma prensibinden esinlenerek geliştirilmiştir (Şekil 4.16). Kare forma sahip parametrik modül, bir mekanizma ile vadi/tepe bileşenlerinin çekme/itme hareketiyle açılma ve kapanma işlevini gerçekleştirir (Şekil 4.17).

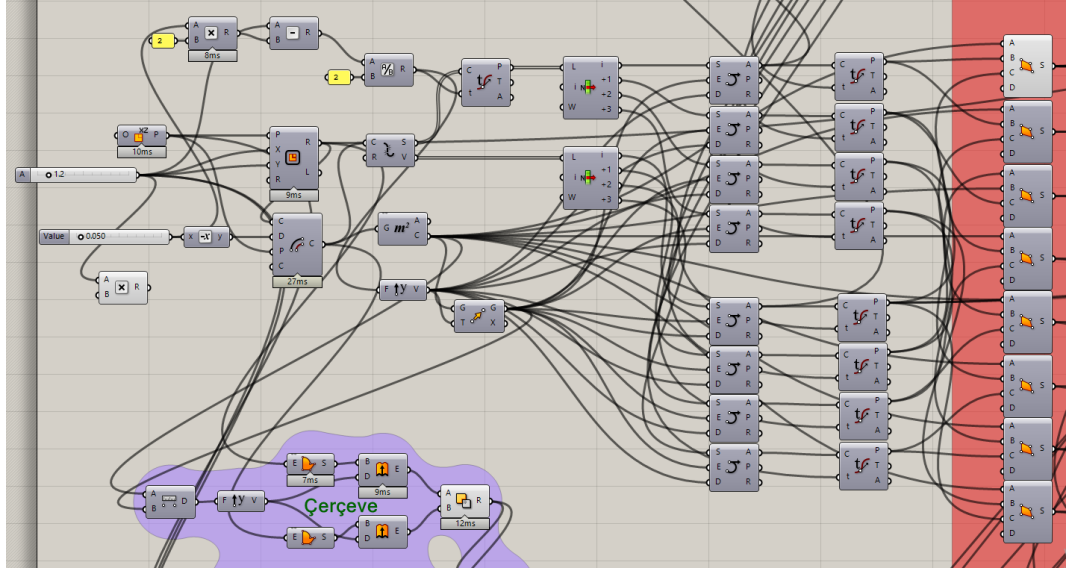


Şekil 4.16. Modül Bölümlenmesi

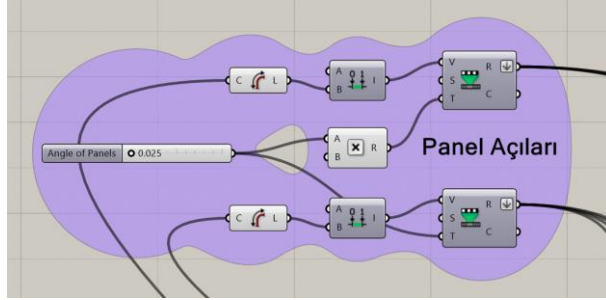


Şekil 4.17. Modül Hareketi

Üretilen modül “Rhinceros” programı içerisinde yer alan “Grasshopper Eklentisi” ve görsel programlama dili ile parametrik olarak hazırlanmıştır (Şekil 4.18). Modül, üçgen tesselasyon ile 8 (sekiz) parçaya bölünmüştür. Modülün hareketini sağlayan parametreler ise Şekil 4.19’te gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Modülün Görsel Programlama ile Hazırlanması (Rhinceros + Grasshopper)



Şekil 4.19. Modül Panellerinin Hareket Etmesini Sağlayan Parametreler

Hareketli modüllerin tepe doğrultularını oluşturan eksenler cepheyi aynı zamanda normale 45 derecelik bir açıyla kare tessellasyon olarak bölümlendirmiş olacaktır. Her bir modülün merkeze dik eksenini (diğer bir tanımla 45 derecelik tessellasyonda kare birimlerin köşeleri) modülü hareket ettirecek olan mekanizmaların teşkil edileceği doğrultulardır.

Üretilen modülün cephe genelinde farklı durumlara cevap verebilmesi için türevleri oluşturulmuştur (Şekil 4.20), açık/kapalı durumları ise Şekil 4.21’de gösterilmiştir. *Genotip-0* genotipli modül cephe yüzeyinde balkon veya teras gibi alanlarda kapı açıklıklarını tanımlamak için kullanılmaktadır. *Genotip-1* gün ışığı geçirgenliği ve mahremiyet gereksiniminin yüksek olmadığı durumlarda kullanılabilecek yarı saydam

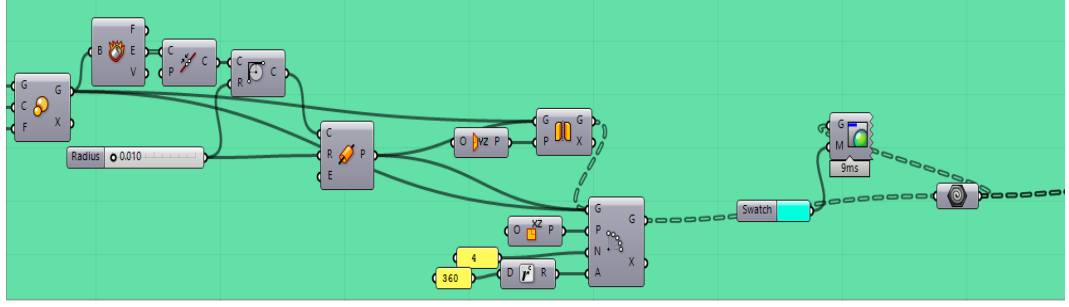
elemandır (Şekil 4.22). *Genotip-2* ise doğal havalandırma ihtiyaçlarını sağlamak için kullanılabilir. İç cephe üzerinde pencere kanatlarına denk gelecek yüzeyler için kullanılacaktır (Şekil 4.23). *Genotip-3* mahremiyet gereksinimlerinin üst seviyede olduğu mekanlar ve ışık geçirgenliği açısından daha keskin bir şekilde ayarlamaların yapılması gereken ortamlarda kullanılabilir modül birimidir.

	BOŞ	YARI SAYDAM	PERFORASYONLU	OPAK
FENOTİP				
GENOTİP	[0]	[1]	[2]	[3]

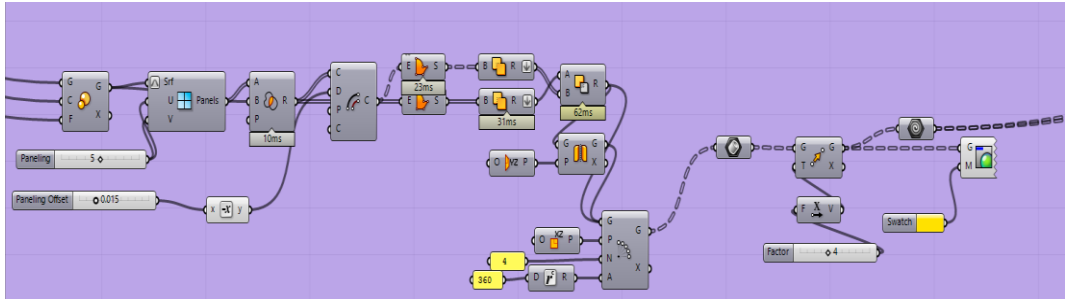
Şekil 4.20. Birim Modül Fenotip ve Genotip Tanımları

	BOŞ	YARI SAYDAM	PERFORASYONLU	OPAK
KAPALI				
%25 AÇIK				
%50 AÇIK				
%75 AÇIK				
AÇIK				

Şekil 4.21. Birim Modüller için Açık ve Kapalı Durumlar



Şekil 4.22. Yarı Saydam ve Opak Modüllerin Görsel Programı (Grasshopper)



Şekil 4.23. Perforasyonlu Modülün Görsel Programı (Grasshopper)

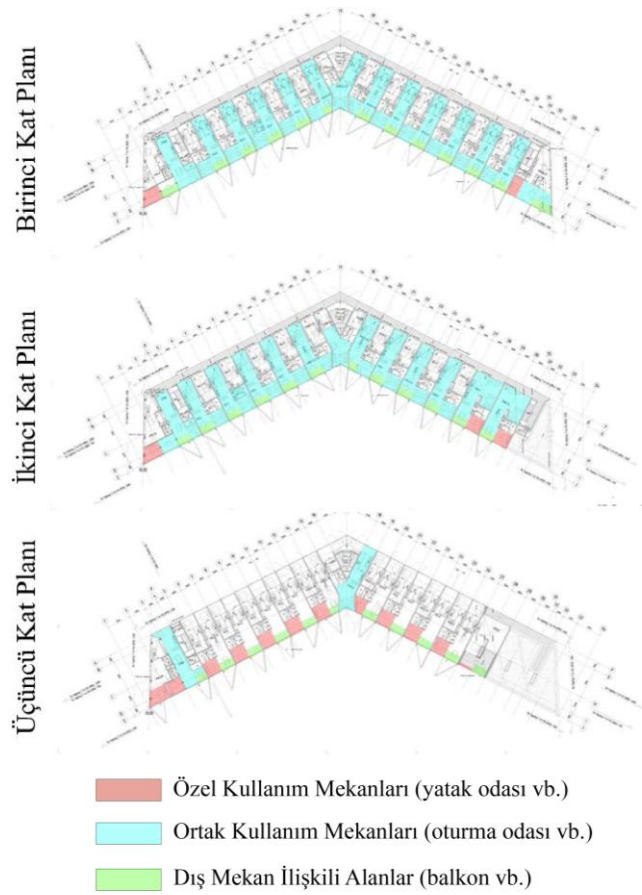
4.2.2. Yöntemin Adaptasyonu

Öneri modelin bir sonraki adımını uyarlanacak bina cephesini belirlemektir. Seçim kriteri olarak, modüler bir tasarıma sahip bir yapı örneği tercihi yapılabilir, burada kat yükseklikleri ve mekân açıklıkları önem arz eder. Mekân analizinde farklı işlevlere sahip mekanlar (yatak odası, yaşam alanı, balkon) cephe ile ilişkilendirilerek renk kodları vasıtasıyla taramalar yapılır. Taramalar dahilinde; kırmızı renk üst seviye mahremiyet gerektiren alanları temsil eder. Mavi renk; görece daha düşük seviyede mahremiyet gerektirebilecek yaşam alanlarını, yeşil renk ise dış mekân ile ilişkili balkon, teras vb. gibi mahremiyet konusunun nispeten göz ardı edilebileceği alanları ifade eder. Plan analizleri sonucu elde edilen renk kodu taramaları bina cephesinde yansıtılarak, bina cephesinde bölümlendirme işlemine başlanır.

Bu adaptasyonu örneklendirmek ve açıklayabilmek için; tasarımı Bjarke Ingels Grubu tarafından gerçekleştirilen yüksek yoğunluklu konut projesi olarak Danimarka/Kopenhag’ da inşa edilen “VM Konut Kompleksinin, V Bloğu” seçilmiştir. Bu yapı, modüler düzeniyle güney cephesinde farklı mekân işlevlerini ve

gereksinimlerini barındırır. Takip eden süreçte; yapının kat planları incelenmiş, özel kullanım alanları, ortak kullanım alanları ve dış mekân ilişkili alanları tespit edilmiştir. Plan renk kodu taraması ile ilişkili olarak cephe kesişim yüzeylerine aynı renk kodları atanmıştır (Şekil 4.24, Şekil 4.25).

Yapının genelinde aks açıklıkları 3,60 metre, kat yükseklikleri ise 2,40 metredir. Aks açıklığı ve kat yüksekliği ile cephede oluşturulan yüzeyler “mekân-cephe kesişimi” yüzeyleri olarak tanımladığımız birim yüzeyleri tanımlamaktadır. Bu yüzeyler; 6 (altı) eşit parçaya bölünerek, birim modüllerin 1,20m x 1,20m ebatlarında olması kararlaştırılmıştır. Model denemesi; elde olan sınırlı kat planları nedeniyle zeminin üzerinde bulunan 3 kat ile sınırlandırılmıştır. Bir başka ifadeyle yapının belirli bir kısmına uygulanmıştır.

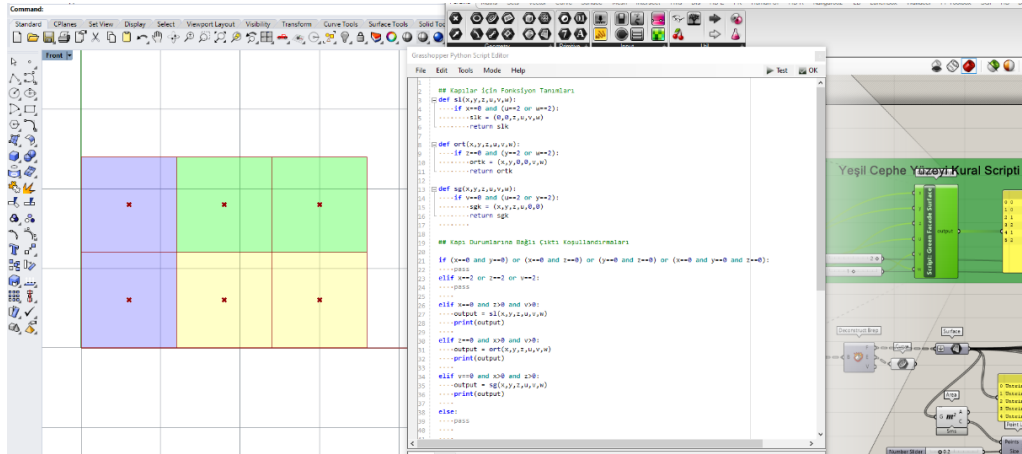


Şekil 4.24. V Konutu, 1,2 ve 3. Kat Planı Analizleri

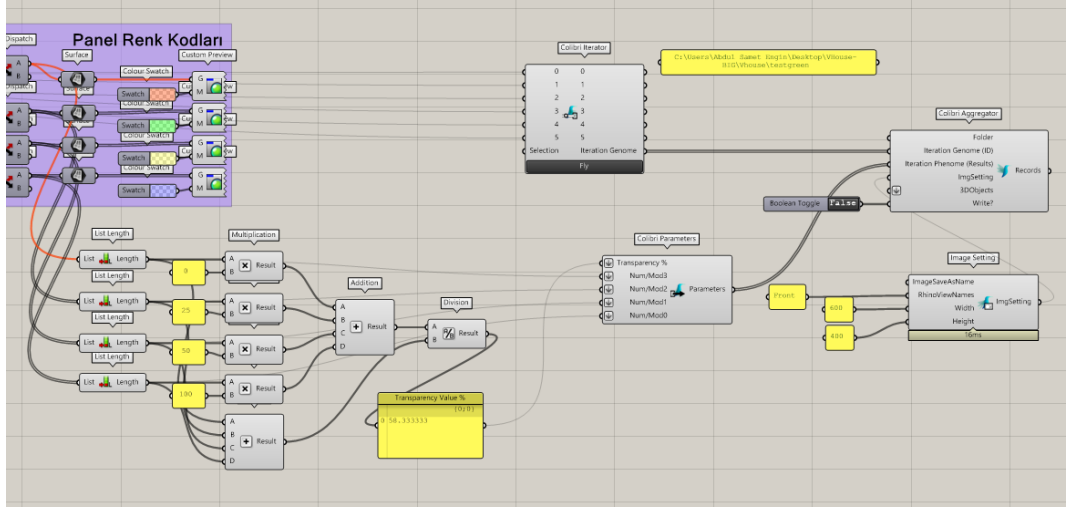


Şekil 4.25. V Konutu Cephe Görüntüsü ve Mekân-Cephe Kesişim Analizi

Çeşitli mekân tiplerinin mahremiyet ve geçirgenlik ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına her bir “mekân-cephe kesişimi” yüzeyi için farklı kurallar belirlenmiştir. Bu kurallar, mekânın özelliklerine göre değişmekte ve bu sayede farklı renk kodları ile etiketlenmiş MCK yüzeyleri için değişken çözüm alternatifleri üretebilme potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. Belirlenen kural setleri Grasshopper eklentisinde Python kodlama ile basit fonksiyonlar olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.26’ da yeşil cepheler için oluşturulan kural grubunun kodları gösterilmiştir. Daha sonra tüm kural grubu için tanımlanan tüm değişkenler, Grasshopper içerisinde tanımlı bir araç olan *Colibri Iterator* (dizi halindeki girdilerin tüm kombinasyonlarının yinelenmesine ve derlenmesine yardımcı olan bir eklenti) ile simüle edilerek yüzeye ait varyasyonlar elde edilmiştir. Bu süreç diğer mavi ve kırmızı etiketli cephe yüzeylerinde kendi kural grupları için tekrarlanmıştır (Şekil 4.27, Şekil Ek C.2).



Şekil 4.26. Yeşil Etiketli Cephe Python Scripting



Şekil 4.27. Colibri Iterator ile Yüzey Varyasyonlarının Oluşturulması

Yeşil etiketli MCK yüzeyleri düşük mahremiyet gereksinimini ifade eder. Balkon ile iç mekânı arasında geçişi sağlayacak bir kapı açıklığı gereklidir. Yüzeyi oluşturabilecek kurallar şu şekilde tanımlanmıştır;

- Kapı boşluğu için 2 (iki) adet *Fenotip-0* modül alt üst komşu olacak şekilde yer almalıdır.
- Havalandırma amacıyla en az bir adet *Fenotip-2* pencere açıklıklarında tercih edilmelidir.
- Kullanımda kolaylık için *Fenotip-2* üst sırada bulunmalıdır.
- Bu MCK yüzeyi için *Fenotip-3* kullanımı uygun değildir. (Şekil 4.28)

Mavi etiketli MCK yüzeyleri görece orta seviyede mahremiyet gerektiren günlük yaşam alanları temsil eder. Yarı saydam modüllerin yaygın kullanımı normaldir. Kurallar şu şekilde gerçekleşmiştir;

- Kapı boşluğu yoktur. *Fenotip-0* kullanımı uygun değildir.
- Yarı saydam modüllerin kullanımını arttırmak için modüllerin en az yarısı *Fenotip-1* olmalıdır.
- Yüzey üzerinde iki veya daha fazla birim kaplayan modüller birbirleri ile komşu olur.

- Havalandırma amacıyla en az bir adet *Fenotip-2* pencere açıklıklarında tercih edilmelidir.
- Kullanımda kolaylık için *Fenotip-2* üst sırada bulunmalıdır. (Şekil 4.29)

Kırmızı etiketli MCK yüzeyleri yüksek mahremiyet gereksinimi olan özel alanları temsil eder. Saydam olmayan modüllerin (*Fenotip-3*) kullanımı geçirgenliğin belirgin bir şekilde ayarlanabilmesine olanak tanır. Bu yüzeyler için uygunluk kuralları ise aşağıdaki gibi ifade edilmiştir;

- Kapı boşluğu yoktur. *Fenotip-0* kullanımı uygun değildir.
- Saydam olmayan yüzeylerde çoğunluğu sağlamak için modüllerin en az yarısı *Fenotip-3* olmalıdır.
- *Fenotip-3*'lerden en az biri üst sırada bulunmalıdır.
- Havalandırma amacıyla en az bir adet *Fenotip-2* pencere açıklıklarında tercih edilmelidir.
- Kullanımda kolaylık için *Fenotip-2* üst sırada bulunmalıdır.
- Yüzey üzerinde bir birimden fazla yer kaplayan her modül birbiriyle komşu olmalıdır. Örneğin; aynı modüllerin kenar sınırları birbirlerine değecek şekilde konumlanmalıdır.
- Eğer; yalnızca bir yüzey kaplayan en az 2 (iki) farklı modül varsa, bunlar alt-üst komşu olarak teşkil edilmelidir. (Şekil 4.30)

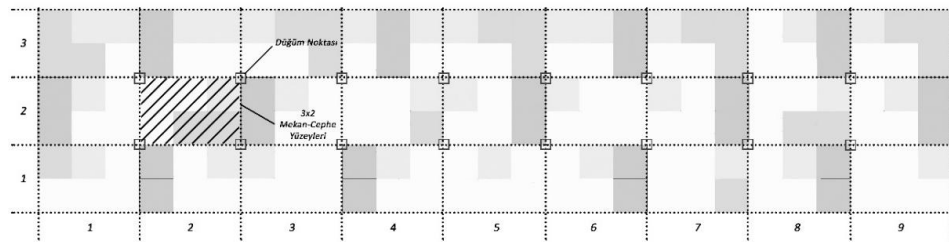
Kural setlerinin MCK yüzeylerine uygulanması neticesinde her bir renk kodu için farklı sayılarda tasarım alternatifleri oluşmuştur. Yeşil MCK yüzeyler için 9 alternatif, mavi için 21 alternatif, kırmızı için ise 12 alternatif üretim gerçekleştirilmiştir. Kural setleri ile elde edilen yüzeylerin fenotip ve genotip açımları Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30 sunulmuştur.

Mekân-Cephe Kesişimi yüzeylerine ait alternatiflerin cephe genelinde dağılımı bütüncül bir kompozisyon (düzen) oluşturmaktadır. Söz konusu uygunluk, yüzey varyasyonları arasındaki bağlantı/düğüm noktaları sayesinde değerlendirilebilir. Bağlam dahilinde, düzensel uygunlukları denetleyebilmek için bu örnekte çok amaçlı bir evrimsel optimizasyon aracı (Rhinoceros > Grasshopper > WallaceiX) kullanılmaktadır. Optimizasyon aşamasında bağlantı/düğüm noktaları algoritma ile olasılıkları hesaplamaya yardımcı bir tasarım bileşeni haline gelmektedir.

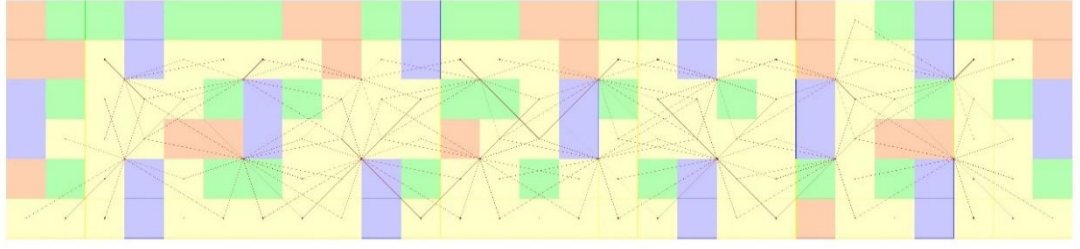
Optimizasyonda uygunluk denetimleri tasarım modellerinin değişkenlerine göre farklılık gösterebilir. Bu değişkenler tasarım ölçütleri kapsamında belirlenir. Bunlar; cephenin genel geçirgenlik seviyesi, işlevsel açıklıkların (kapı, pencere vs.) cephe yüzeyinde düzensel yerleşim tercihleri, belirli fenotiplerin sayısı ve düzen bakımından kontrol edilmesi gibi tasarım kararları üzerinden belirlenmektedir.

Optimizasyon aşamasında üretilen örnek nesilleri değerlendirebilmek adına cephenin kısıtlı bir bölümü ele alınmıştır ve yakınsanma istenen 4 uygunluk kriteri belirlenmiştir. Bu kriterler ile önceden tanımlanan MCK yüzeyleri kullanarak optimizasyon aracının;

- Cephenin genel geçirgenliğinin en üst seviyeye çıkarması,
- Toplam *Fenotip-1* sayısının maksimuma çıkarması,
- Izgara düzenin merkezi ile kapı boşlukları arasında kalan mesafeler toplamının maksimuma çıkarması,
- Düğüm noktalarından *Fenotip-1* modüllerinin merkezlerine olan mesafeleri ise minimuma düşürmesi beklenmiştir. (Şekil 4.31, Şekil 4.32)

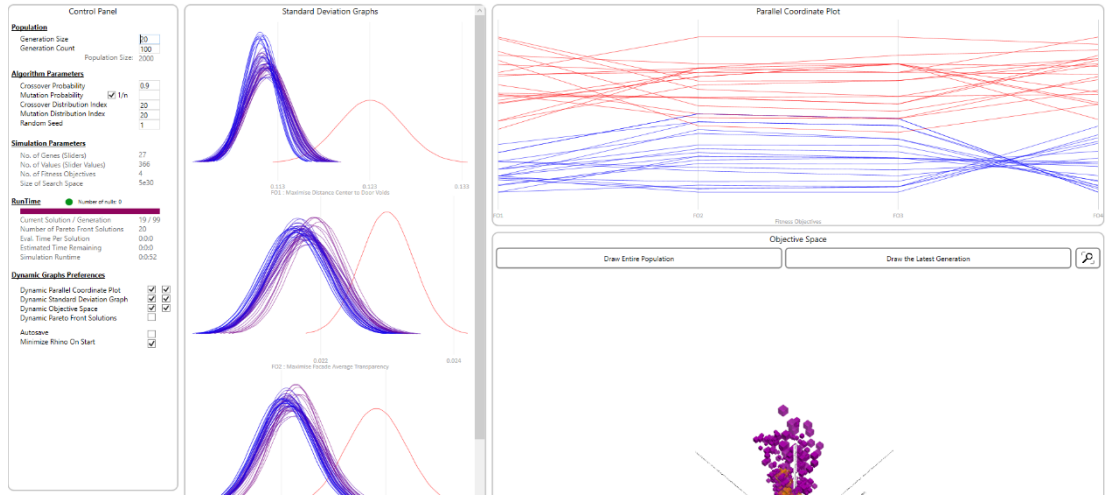


Şekil 4.31. Cephenin MCK Tabanlı Bölümlenmesi , 9br * 3br Izgara Düzen ve Düğüm Noktaları



Şekil 4.32. Düğüm Noktaları ve Modül(1)' ler arasındaki mesafe ilişkisi

Mevcut koşullar altında, ızgara bölümlenme üzerinde kırmızı, mavi ve yeşil etiketli olmak üzere 27 (yirmi yedi) adet MCK yüzeyi bulunmaktadır. Bu kapsamda; MCK yüzeylerinin alabileceği alternatifler ve etki eden değişkenler hesaba dahil edildiğinde tasarım araştırma evreni 5×10^{30} sayısında eleman genişleme potansiyeline sahiptir (Şekil 4.33).



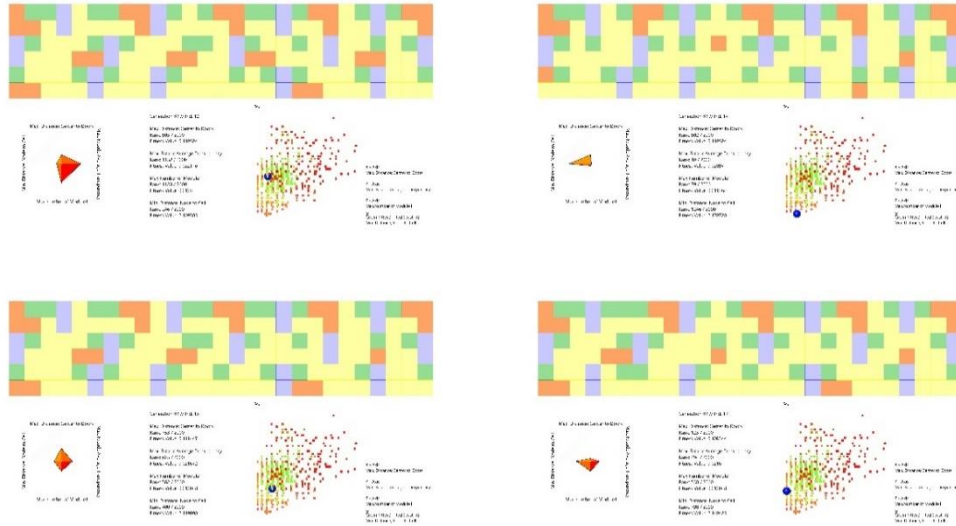
Şekil 4.33. WallaceiX Optimizasyon Simülasyonu Parametreleri

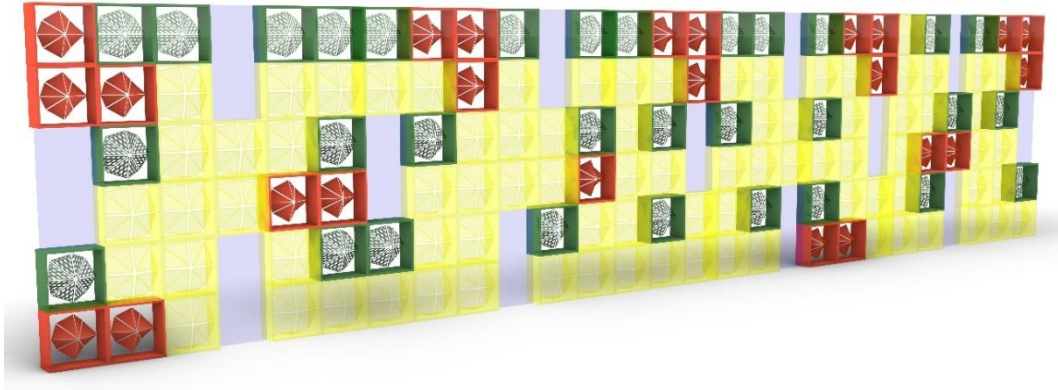
Evrimsel optimizasyon aracı (Rhinceros > Grasshopper > WallaceiX) üzerinde her biri 20 (yirmi) bireyden oluşan 100 (yüz) nesil ile (toplamda 2000 bireye sahip araştırma evreni) bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simüle edilen son nesil ve pareto uygun bireyler birleştirilerek 73 (yetmiş üç) elemana sahip bir çözüm kümesi elde edilmiştir (Şekil 4.34). Elde edilen çözümlerin seçimi, uyumluluk kriterlerine yakınsamaları ve araştırma evrenindeki konumları optimizasyon aracının arayüzüyle görselleştirilmiştir. “Nesil 100” ve “pareto çözümler” kümelerinin kesişiminde yer alan ortak elemanlar (N100; çözüm12, çözüm14, çözüm15 ve çözüm17) Şekil 4.35’te

örnek olarak verilmiştir. Farklı bir sonuç ürününün (Nesil 97, Ç16) 3 boyutlu görseli Şekil 4.36'de sunulmuştur.



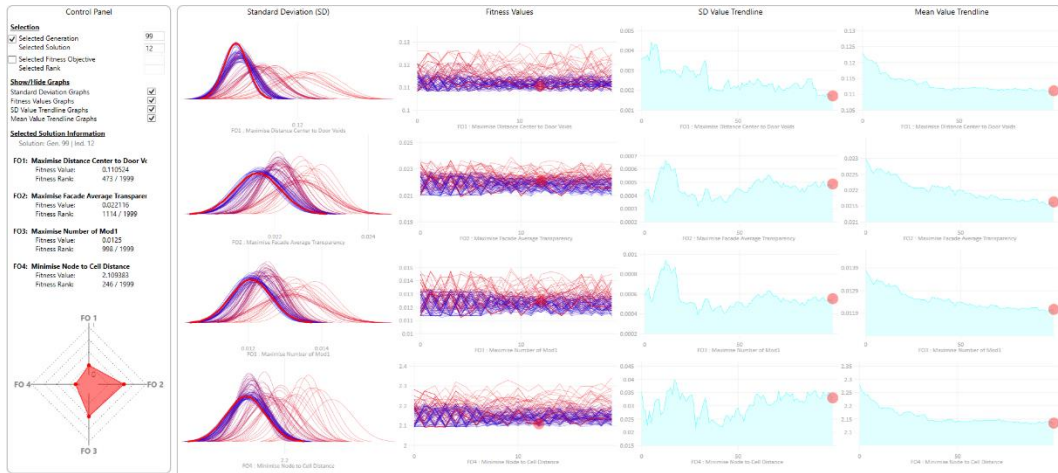
Şekil 4.34. Nesil-100 ve Pareto Çözümlerin Birleşim Kümesi





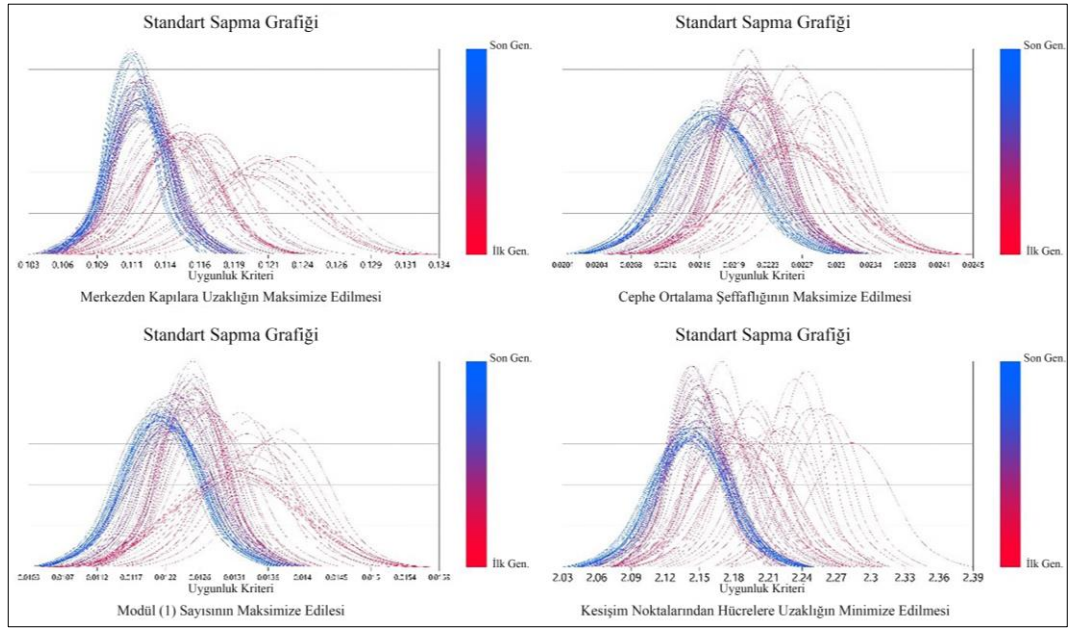
Şekil 4.36. Tasarımın 3 Boyutlu Gösterimi (Birey: Nesil97, Ç16)

En iyileştirme sürecini anlaşılır bir şekilde açıklayabilmek ve nesiller arasındaki geçişleri ifade edebilmek için “standart sapma ve uygunluk değerleri” grafiklerinden faydalanılmıştır (Şekil 4.37). Standart sapma grafiği üzerinde yer alan kırmızı eğriler ilk nesilleri, mavi eğriler ise son nesilleri belirtir. Bu eğrilerin yatayda genişlemesi istenilen değerlerden uzaklaşmayı, daralması ise yakınsamayı ifade eder. Grafiğin sağdan sola doğru evrilmesi, optimum çözüm için en uygun ortalama değeri sağlamak adına arayışı gösterir. Bu tanımlamalardan çıkarılabileceği üzere; mavi tonlarda kapalılığa en yakın ve görece grafiğin sol kısmında yer alan eğriler optimuma yakınsayan çözümleri ifade etmektedir.



Şekil 4.37. Çözüm Evreninden Seçilen Bireylerin Gösterimi ve Analiz Edilmesi (WallaceX Analiz Penceresi)

Çok amaçlı optimizasyonlarda her bir uygunluk kriteri için mükemmel sonucu yakalamak mümkün değildir. En iyileştirilmiş çözümler ancak tüm kriterler hesaplamaya dahil edildiğinde ortak faydanın sağlanması ile bulunabilir. Grafikler üzerinde tüm nesillere ait standart sapma grafikleri incelendiğinde birinci düzen sel uygunluk kriteri maksimum uygunluğa yakınsayabilirken, diğer kriterlerde üst seviye bir yakınsamadan söz etmek mümkün değildir. Burada sistem, tüm bileşenleri ve kriterleri dikkate alarak ortak en iyi sonuçlara ulaşmaya çalışır. (Şekil 4.38)



Şekil 4.38. Standart Sapma Grafikleri ile Simüle Edilen Alternatifler Uygunluklarının Değerlendirilmesi

4.2.3. Optimizasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu örnek çalışmada, öneri modelin tüm aşamaları kullanılarak kinetik bir cephe sistemi için görsel çeşitlilik ve mimari program temelli bir kurgu oluşturulması deneyimlenmiştir. Bu süreç, cephenin bütüncül kompozisyonuna etki etmiş ve çeşitli tasarım alternatiflerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Örnek çalışmadan elde edilen bilgiler temelinde şu çıkarımları yapmak mümkündür:

- Farklı modüler düzenlere sahip çeşitli tasarım örneklerinde, mekân-cephe kesişim (MCK) yüzeylerin, onları oluşturan alt birimlerin farklı sayısı, ebat ve

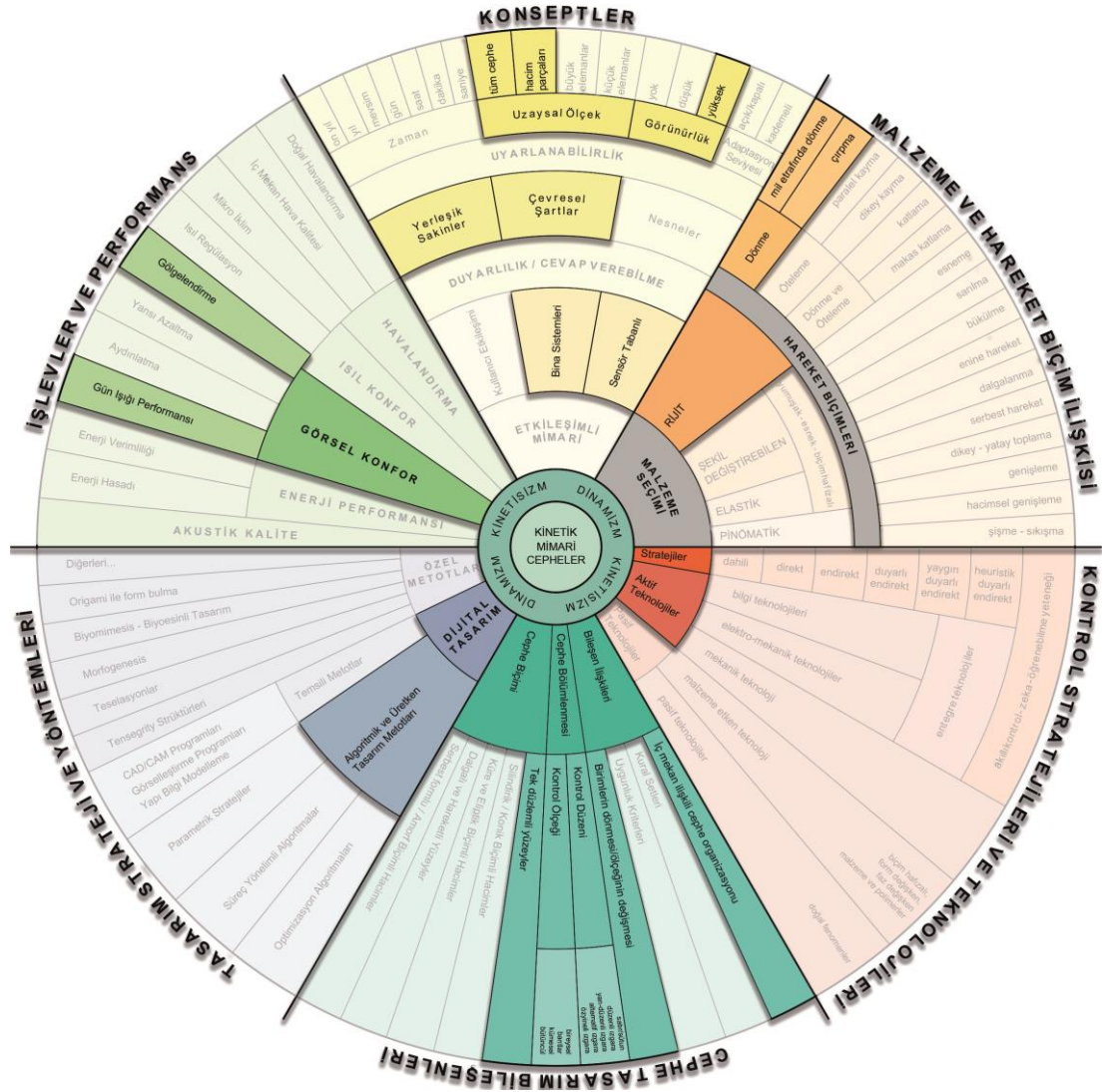
malzemeler ile kurallar çerçevesinde gruplandırılarak üretilebileceği görülmüştür.

- Modül türevleri ve MCK yüzeylerini oluşturan kurallar tanımlanmadığında veya bir çerçeve ile sınırlandırılmadığında tasarım tercih evreni kontrol edilemez şekilde genişleyebilir. Bu nedenle; tasarım algoritmasının doğru tanımlanması, düzensel veya topolojik organizasyon kuralları belirleme, optimizasyon araçlarının ve uygunluk kriterlerinin doğru seçilmesi tasarım evrenini anlamak ve sınırlamak için etkili olacaktır.
- Gerçekleştirilen örnek çalışmada cephe yüzeyi düz bir biçime ve düzenli bir bölümlenmeye sahiptir ve modüler tasarım yaklaşımı mümkün olmuştur. Modüler olarak bölümlendirilemeyecek cephe yüzeyleri için farklı tesselasyon olanakları ve kural setleri araştırılmalıdır.
- Çok amaçlı optimizasyon araçları belirli kriterler altında tasarım üretimi ve en iyileştirmesi için objektif katkılar sunar. Ancak, simülasyon uygunluk optimizasyonu sırasında tüm kriterler için ortak bir değer araması nedeniyle elde edilen tasarım alternatifleri benzer sonuçlara yakınsar. Bu sebeple, araç seçim ve değerlendirme için yetersiz kalabilmektedir.
- Örnek çalışma, aynı modülün kullanıcı ve mimari gereksinimler doğrultusunda malzeme bazlı türevleri ile cephe yüzeyinde bir örüntü çeşitliliği elde etmeyi amaçlamıştır. Dolayısıyla, tasarım yaklaşımında kompozisyonel örüntünün çeşitliliği; birim modüllerin çeşitli ebat, ölçek, malzeme değişimleri ile varyasyonlarının üretilmesi veya farklı çalışma prensibine sahip yeni modüllerin sisteme entegrasyonu ile arttırılabilir.

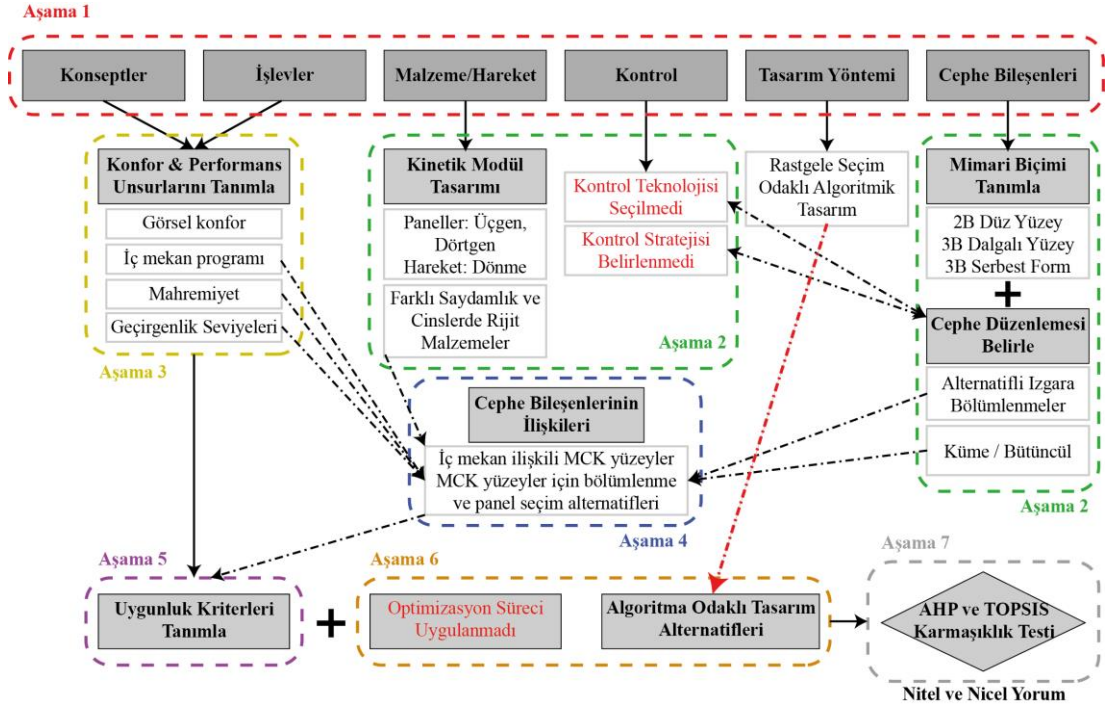
4.3. ÖRNEK UYGULAMA – 3 : MEKÂN-CEPHE KESİŞİM YÜZEYLERİNİN ALTERNATİF BÖLÜMLENMELER İLE TASARIMI

Bu örnek uygulama çalışmasında, Rhinoceros programı ve Grasshopper üzerinde bir kinetik cephe algoritması modeli oluşturulmuştur (Şekil Ek C.3). Temel amaç, parametrik tercihlerle mümkün olan tasarım seçeneklerini çeşitlendirmek olmuştur. Tasarım unsurlarına yönelik öncül tercihler (Şekil 4.39) bu hedef doğrultusunda yapılmıştır. Belirlenen tercihler akış şemasında (Şekil 4.40) amaç ile ilişkili olarak geliştirilmiştir. Bu örnek, özel olarak bir son aşamada gerçekleştirilecek olan tasarım

değerlendirme yaklaşımı için morfolojik anlamda çeşitliliği arttıracak şekilde düzenlenmiştir. Çeşitliliği sağlayan tasarım parametrelerinin bir önceki örnek çalışması ile karşılaştırıldığında dahi sayıca fazla ve çok çeşitli olması nedeni ile en iyileştirme süreci ve uygunluk kriterleri yöntem akış şemasında göz ardı edilerek, optimizasyon için simülasyon uygulanmamıştır. “Kinetik cepheler için bütünleşik bir üretken cephe sistemi öneri modeli” çerçevesinde harici değerlendirme aşamasının girdilerinin nasıl belirlenebileceğine ve uygulanmasına odaklanılmıştır.



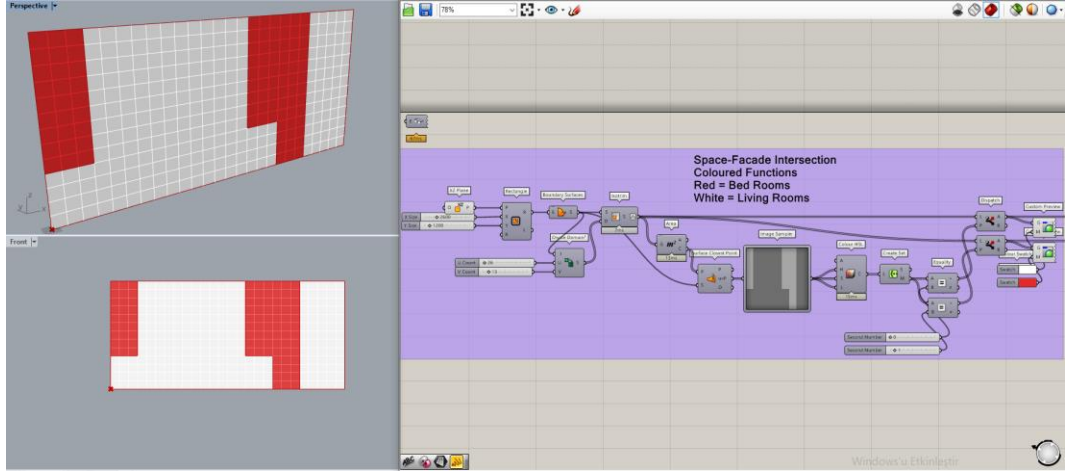
Şekil 4.39. Örnek Uygulama – 3’ de Kullanılan Kinetik Cephe Unsurları



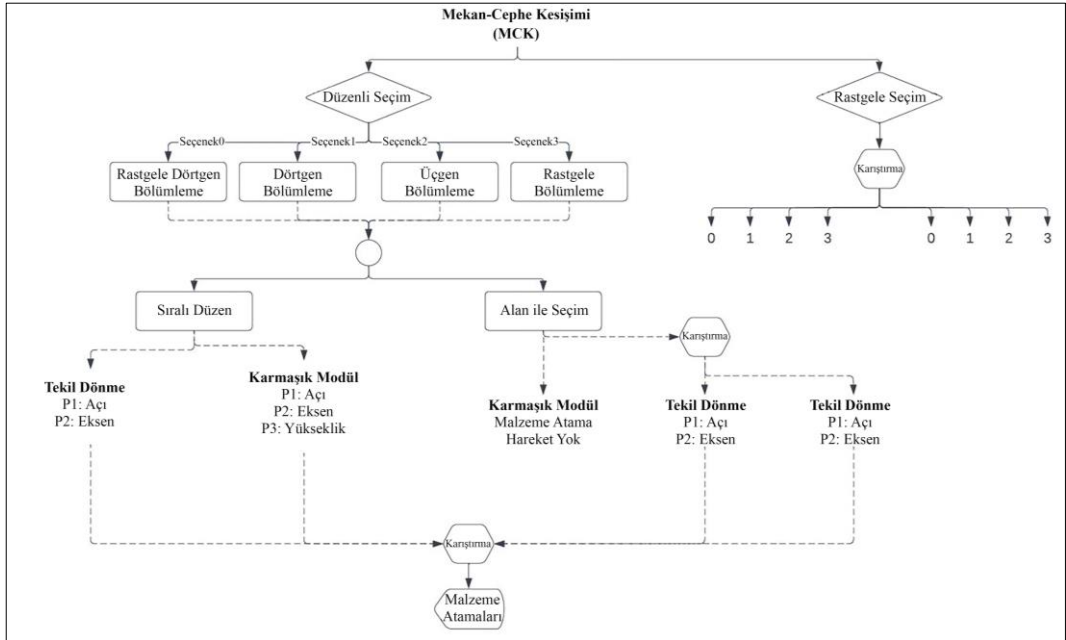
Şekil 4.40. Örnek Uygulama – 3 için Tasarım Yöntemi Algoritması

4.3.1. Yöntemin Adaptasyonu

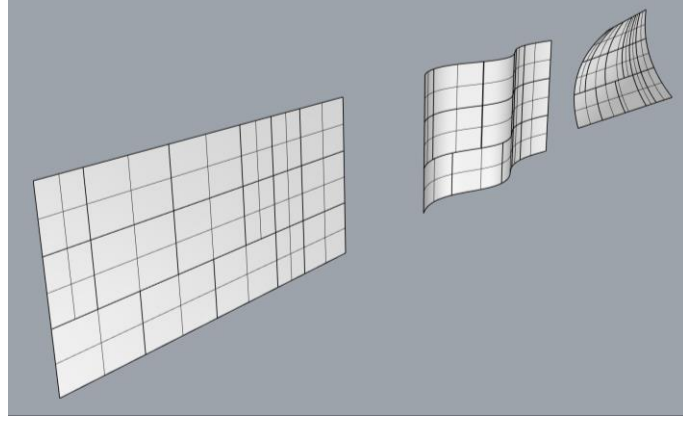
Örnek geliştirilme sürecinde cephe yüzeyi varsayımsal bir iç mekân programına bağlı olarak iki işleve bölünmüştür (kırmızı: yatak odaları, beyaz: yaşam alanları, Şekil 4.41). Tasarım yöntemi ile ilgili olarak oluşturulan parametrik tasarım algoritması, farklı özelliklerde tasarım alternatifleri sunarak düzensel biçimlenmedeki çeşitliliği arttıracak şekilde düzenlenmiştir. Dolayısıyla bu deneme, mekân-cephe kesişim (MCK) yüzeylerinin, tesselayon alternatiflerinin, yüzey birimlerinin, modül tercihlerinin ve modül hareket akslarının seçimini mümkün kılacak şekilde oluşturulmuştur (Şekil 4.42 – Şekil 4.47).



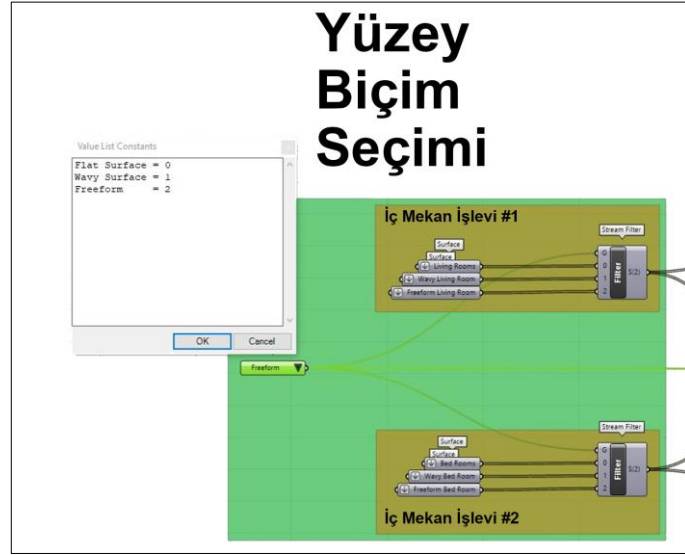
Şekil 4.41. Cephe Yüzeyinin İç Mekân İşlevlerine İlişkin Bölümlenmesi



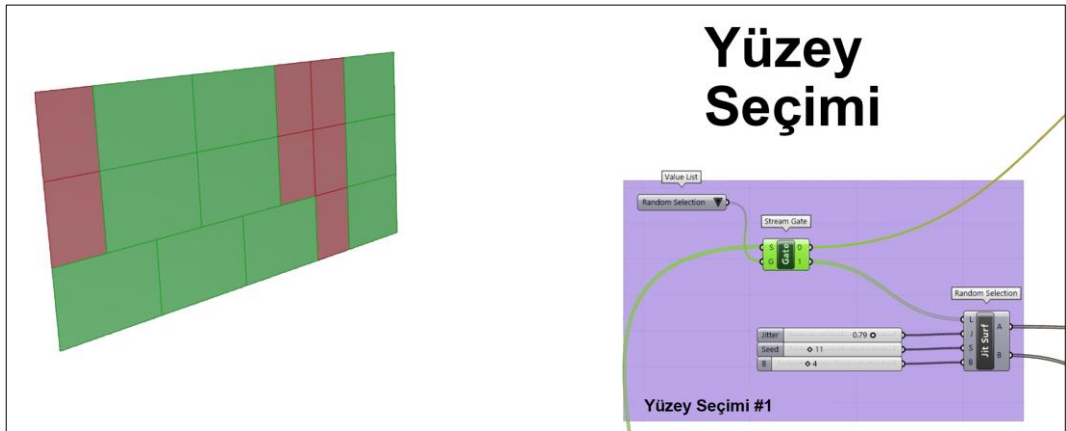
Şekil 4.42. Parametrik Cephe Tasarım Algoritması



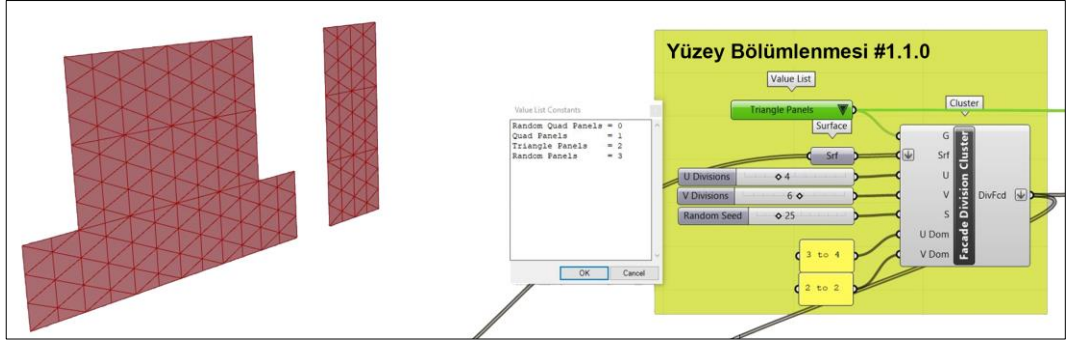
Şekil 4.43. Cephe Biçimi Alternatifleri



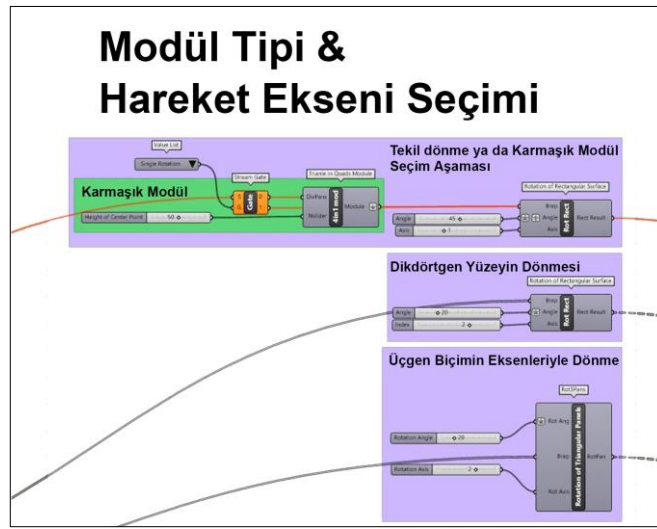
Şekil 4.44. Cephe Biçimi Seçimleri



Şekil 4.45. Mekân-Cephe Kesişimi Yüzey Seçimi



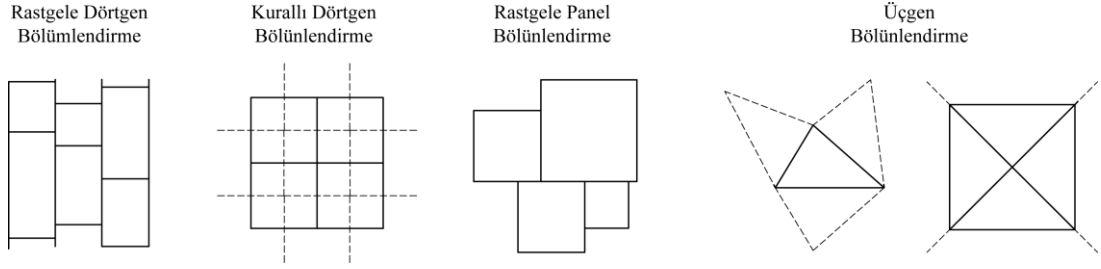
Şekil 4.46. Seçilen Yüzeylerin Bölünmesi



Şekil 4.47. Bölümlenen Yüzeylerde Panel/Modül ve Hareket Ekseninin Seçimi

Oluşturulan algoritma ve Grasshopper programlaması ile tasarımın her bir girdisi için çeşitli tercihler tanımlanmıştır. Bu doğrultuda cephe yüzeyi için düz, dalgalı ve serbest form olmak üzere üç farklı seçenek bulunmaktadır. MCK yüzeylerin işleve göre seçimi ve bu seçimlerde modül ataması için düzenli veya rastgele yapılabilmesi mümkün kılınmıştır. Yüzey bölünmesi için üçgen, dörtgen, rastgele dörtgen ve rastgele panel bölünme olmak üzere dört farklı örüntü biçimi belirlenmiştir (Şekil 4.48). Bu bölünmüş yüzeyler için ise kompozisyonel bakış açısından düzenli seçim ve yüzey alanına bağlı olarak özel seçim yapabilme tercihleri sunulmuştur. Modül tiplerinde; dikdörtgen panel yüzeyler için eksene bağlı dönme hareketi, üçgen yüzeyler için ise eksene bağlı dönme hareketi veya yüzeyin daha küçük birimlere tekrar bölünerek açılıp kapanma hareketi sağlayan karmaşık modül tercihleri mümkündür. Modüllerin hareket yönü eksene bağlı olarak belirlenebilir. Cephe

yüzeyinde yer alacak farklı geçirgenlik seviyelerine sahip 4 (dört) malzeme belirlenmiştir. Bu malzemelerin ikisi yaşam alanı ilişkili MCK yüzeylerinde kullanılacak, diğer ikisi ise yatak odası ilişkili MCK yüzeylerinde kullanılacak şekilde ayarlanmıştır. Malzeme kullanımlarının sayısı ve konumları bireysel tercihe bırakılmayarak rastgele atama işlemi için bir betik (script) kullanılmıştır.



Şekil 4.48. Bölümlendirme Örüntü Tipleri

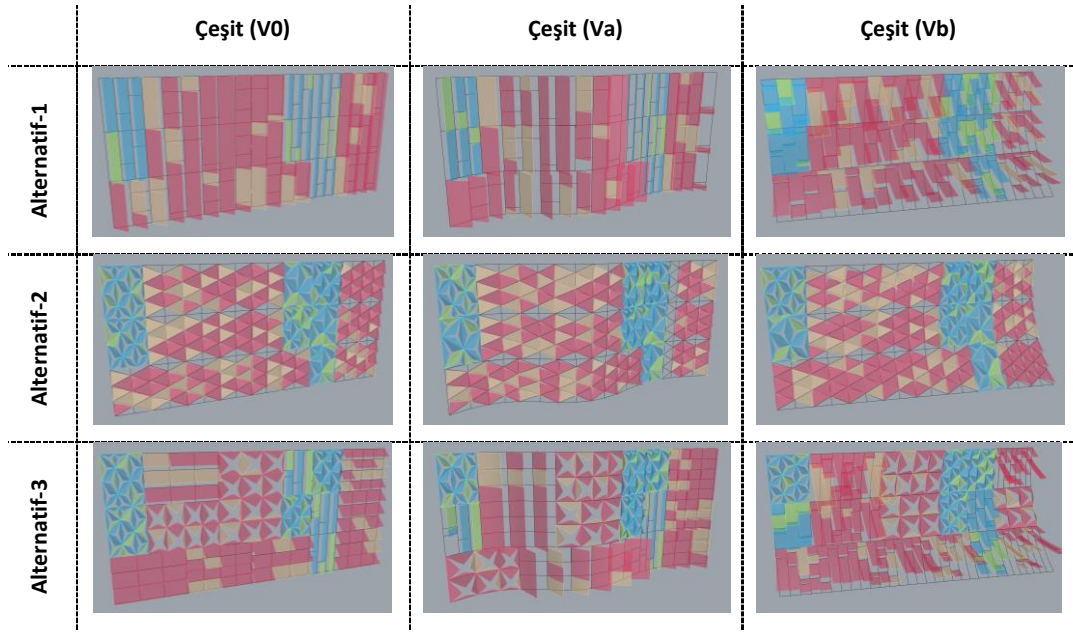
Çizelge 4.2’teki konfigürasyon ayarlamalarına göre, bu uygulamada üç alternatif oluşturulmuştur. *Alternatif-1* değişen panel boyutlarına ve yüzeylerin rastgele dikdörtgen örüntü ile bölümlendirilmesine dayanır. *Alternatif-2* için tüm cephe üçgen bölümlenme üzerine kurulmuş olup; yüzey seçim yöntemi, hareketli modül tiplerinin karmaşıklığı ve hareket eksenini MCK yüzeylerinde farklılık gösterebilmiştir. *Alternatif-3*’te her yüzey grubu için; yatay ya da düşey dikdörtgen panellerin, üçgen bölmeli mekanizmaların ve/veya farklı ölçeklerdeki modülleri aynı anda seçilebilmesi mümkün hale getirilmiştir. Ayrıca farklı cephe biçimlenişi olanakları alternatif tasarım konfigürasyonları için yeni varyasyonlar üretme şansı yaratmıştır. Cephe biçimi ve konfigürasyon temelli tasarım varyasyonlarına ait basit tasarım çözüm kümesi Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Belirlenen parametreler ve sunulan seçenekler itibariyle farklı konfigürasyon çeşitlemeleriyle alternatif sayılarını arttırmak mümkündür. Dahası seçenekler, tasarım girdileri sayesinde çeşitli uygunluk kriterleri belirleyerek çok amaçlı optimizasyon süreçleri ile daha geniş bir çözüm evreni yaratılabilir. Ancak başlangıçta belirtildiği üzere bu örnekte amaç, harici değerlendirme sürecinin tasarım çözümlerine uygulanması ve anlaşılır şekilde ifade edilmesidir.

Çizelge 4.2. Cephe Tasarım Konfigürasyonu

	Yaşam Alanı MCK	Yatak Odası MCK	Yaşam Alanı MCK		Yatak Odası MCK		Yaşam Alanı MCK		Yatak Odası MCK	
Yüzey Seçimi	Düzenli	Düzenli	Düzenli		Rastgele		Rastgele		Rastgele	
Yüzey Bölümlenme	Rastgele Dörtgen	Rastgele Dörtgen	Üçgen		Üçgen	Üçgen	Rastgele	Rastgele	Üçgen	Rastgele Dörtgen
Bölümlenme Konf.	U4, V7, Seed 25	U3, V3, Seed 45	U4, V6, Seed 25		U3, V4 Seed 45	U2, V3 Seed 45	U4, V4 Seed 25	U3, V3 Seed 30	U3, V4 Seed 45	U3, V7 Seed 45
Seçim Düzeni	Düzenli	Düzenli	Alan Seçimi		Düzenli	Düzenli	Düzenli	Düzenli	Düzenli	Düzenli
Modül Tipi	Tek Dönme	Tek Dönme	Tek Dönme	Tek Dönme	Karmaşık	Karmaşık	Karmaşık	Tek Dönme	Karmaşık	Tek Dönme
Hareket Ekseni	Axis0	Axis2	Axis2	Axis2	Axis0	Axis0	Axis0	Axis2	Axis0	Axis2
	Alternatif-1		Alternatif-2				Alternatif-3			

Çizelge 4.3. Üretilen Cephe Konfigürasyonlarının Görselleri



Bir sonraki aşamada Model-3'e bileşenleri özelinde biçimsel karmaşıklığını değerlendirebilmemizi sağlayacak bir "çok kriterli karar verme" metodu uygulanarak test edilmesi sağlanmıştır.

4.3.2. AHP ve TOPSIS ile Karmaşıklık Testi

Çalışmanın bu kısmında, kinetik cephe tasarımlarının çeşitliliğini nitel ve nicel yönden değerlendirmeye yardımcı olabilecek bir hesaplama yöntemi geliştirilmiştir.

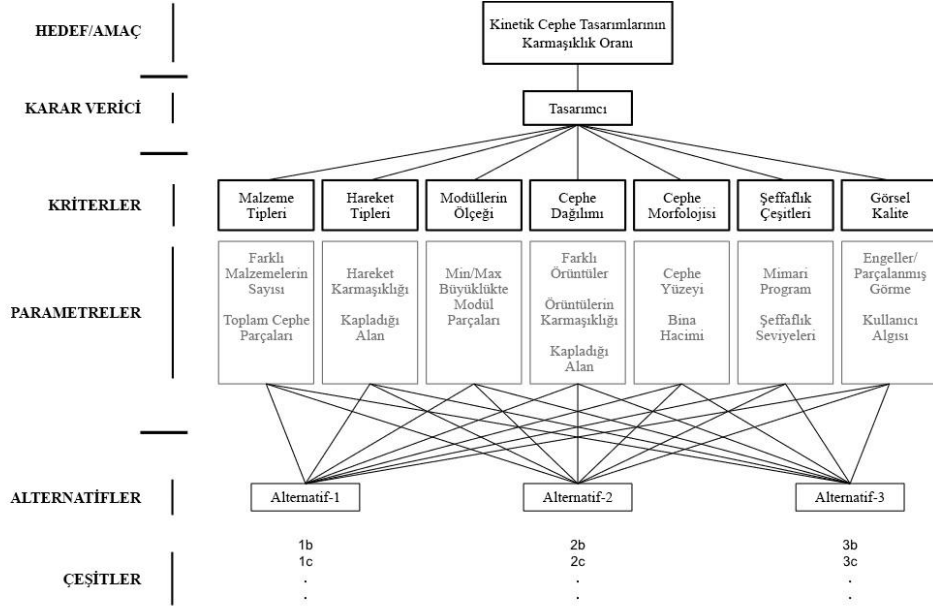
Geliştirilen bu model optimizasyon süreçlerine ek olarak elde edilen tasarımların farklı bağlamlarda çeşitliliğini test etmek amaçlanmıştır.

Taksonomi ile ilgili olarak çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde *Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)* karşılaştırmalı bir yöntem olarak, *İdeal Çözüm Benzerlik Yoluyla Sıra Tercih Tekniği (TOPSIS)* ise bir sıralama yöntemi olarak yer alır [93]. Mimarlıkta Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), mimari mirasın değerlendirilmesi [94], tasarım önerileri [95], mimari bağlamlar [96], bina optimizasyonu [97] ve tasarım çözümlerinin seçilmesi [98] gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. AHP, diğer analiz araçları ve çok kriterli karar verme yöntemleriyle birleştirilebilir [97]. Bu hesaplama modelinde AHP; özelliği olan ikili karşılaştırma matrisleriyle, kullanılan tasarım bileşenlerinin etki ağırlıklarını ve göreceli önem derecelerini belirlemek için kullanılmıştır [96]. TOPSIS ise çoklu alternatifler içerisinde pozitif ideal sonuca en yakın ve negatif ideal sonuca en uzak çözümleri hesaplama yetisi nedeniyle tercih edilmiştir [99].

Tez çalışması içerisinde incelenen tüm örnek ve literatür çalışmalarından elde edilen veriler ışığında oluşturulan *kinetik cepheler için tasarım unsurları* içerisinde bina cephesinin fiziksel algısı ve yapısı üzerinde en etkili olan kriterler üzerinden bu örnek çalışma için süreci ve sonuç ürünlerini çeşitli yönlerden değerlendirebilme potansiyeli sunan bir hesaplama modeli geliştirilmiştir. Ayrıca, geçişlilik çeşitliliği ve kullanıcının görsel kalitesi hususları, kullanıcı ihtiyaçlarına ve mimari programa hizmet ederek cephenin tasarım çeşitliliğini etkilemesi muhtemel olduğundan, bu hesaplama modeline dahil edilmiştir.

Tasarım çıktılarının AHP ile değerlendirilebilmesi için kriterler modeldeki parametrelerden elde edilmiştir. AHP'nin strüktürü (Şekil 4.49), bu parametrelerle ilişkilendirilen düzensel perspektif çerçevesinin öğeleri üzerinden oluşturulmuştur. Literatürde yer alan AHP örnekleri incelendiğinde; değerlendirme aşamasında önemli kriterleri belirlemek veya gereksiz olanları çıkartmak için Delhi yöntemi ve devamında değerlendirmeyi daha nesnel bir tabana yayabilmek adına anketler ile geniş katılımlı uzman görüşlerine başvurulmaktadır. Çalışmanın strüktüründe görülebileceği üzere nitel değerlendirme tasarımcıya bırakılmıştır. Burada temel neden geliştirilen tasarım

yöntemine özel parametrelerin belirlenmiş olması ve tasarımcının görüşü ile yönlendirilmeye ihtiyaç duymasından kaynaklanmıştır. Dolayısıyla; örneğin daha iyi açıklanabilmesi adına yaygın uzman görüşlerine başvurulmamıştır.



Şekil 4.49. AHP ve TOPSIS Değerlendirmesinin Yapısı

Örnek modelin algoritmasının oluşturulma koşullarına bağlı olarak, her bir parametre ve ilgili veriler için karakteristik hesaplama ölçekleri belirlenmiştir. Bir önceki bölümde paylaşılan tasarım çıktılarının değerlendirilebileceği yedi ortak özelliği vardır: malzeme türleri, hareket türleri, modül ölçekleri, cephe dağılımı, cephe morfolojisi, şeffaflık varyasyonları ve bina sakinlerinin görsel kalitesi. Her tasarım bileşeni için farklı formüller ve aralıklar tanımlanmıştır. Bu formüller ve aralık değerleri Çizelge 4.4'te belirtilmiştir. Ancak cephe biçimi ve kullanıcının görsel kalitesine ilişkin kriterlerin değerlendirilmesi tasarımcının görüşüne bırakılmıştır. Tablodaki tüm formüller ayrıca Grasshopper eklentisinde tanımlanmıştır.

Tüm hesaplama formülleri, tasarım alternatiflerini farklı açılardan değerlendirir. Malzeme türü, cephe yüzeyinde kullanılan farklı malzemelerin yüzey üzerinde kapladığı alanı hesaplayarak genel çeşitliliği sorgular. Malzemelerin özelliği, tasarım bağlamına uyması için renk, doku, tür, performans vb. ile farklılık gösterebilir.

Çizelge 4.4. Tasarım Bileşenlerinin Hesaplama Formülleri

Tasarım Bileşenleri	Tanımlar	Hesaplama
Malzeme Tipleri	Cephe yüzeyindeki çeşitli materyallerin değerlendirilmesi Aralık: 1' den 10' a	$C_n = \text{Aynı elemanın sayısı}$ $F_t = \text{Cephe tüm parçaların sayısı}$ $f(x) = \frac{F_t}{C_n} \text{ Avg } \sum_{i=1}^n f(x)$
Malzeme Hareketi	Farklı modül tiplerinin geometrik karmaşıklıklarına göre değerlendirilmesi Aralık: 1' den 10' a	$Cx: \text{Karmaşıklık}$ $A: \text{Alan}$ $g(x) = Cx_n \% A_n$ $\text{Avg } \sum_{i=1}^n g(x)$
Modül Ölçeği	En küçük ve en büyük modüller arasındaki ölçek oranı Aralık: 1' den 10' a	$R_{scale} = \frac{A_{min}}{A_{max}}$
Cephe Dağılımı	Cephe yüzeyinde kullanılan farklı örüntü tiplerinin geometrik karmaşıklığının değerlendirilmesi Aralık: 1' den 10' a	$C: \text{Karmaşıklık}$ $A: \text{Alan}$ $g(x) = Cx_n \% A_n$ $\text{Avg } \sum_{i=1}^n g(x)$
Cephe Morfolojisi	Cephe morfolojisinin geometrik görünümünün değerlendirilmesi Aralık: 1' den 10' a => Basitten Karmaşığa	$Düz, Eğimli = 1$ $Amorf = 10$
Şeffaflık Çeşitleri	Plan organizasyonuna bağlı olarak cephede gerek duyulan şeffaflık derecelerinin değerlendirilmesi Aralık: 1' den 5' e	$C_n = \text{Aynı elemanın sayısı}$ $F_t = \text{Cephe tüm parçaların sayısı}$ $f(x) = \frac{F_t}{C_n} \text{ Avg } \sum_{i=1}^n f(x)$
Kullanıcı Görsel Kalitesi	Kullanıcı görsel kalitesinin iç mekândan değerlendirilmesi Aralık: 1' den 5' e	$\text{Engelsiz Görme} = 1$ $\text{Parçalanmış Görme} = 5$ $\text{Toplamın ortalaması}$

Hareket türü değeri, değişen geometrik karmaşıklık seviyelerine sahip farklı hareket modellerinin/kinetik birimlerin kapladığı alanın ortalaması alınarak hesaplanır. Modül ölçeği, en küçük ve en büyük birimler arasındaki oranın sayısal değeri ile ilgilendirir. Cephe dağılımı hesaplaması, kullanılan örüntülerin karmaşıklık seviyeleri ve kapladıkları alanların ortalaması alınarak tanımlanır.

Cephe morfolojisi, yüzey formu veya hacimsel yapısı üzerinden değerlendirilir. Düz yüzeyler basit olarak kabul edilebilirken, serbest biçimli veya şekilsiz hacimler karmaşık olabilir. Bu iki düzey arasındaki değerlendirmeler tasarımcının deneyimine bırakılır.

Şeffaflık tipleri, plan organizasyonuna ve iç mekanların mahremiyet gereksinimlerine göre cephe yüzeyinde ihtiyaç duyulan farklı şeffaflık seviyelerini gösterir. Kullanıcının görsel kalitesi, cephe elemanlarının manzaraya etkisi ile ilgilidir. Dışarıya bakma durumu cephenin görünümünü doğrudan etkilemese de bağlama göre diğer bileşenler kadar pratik bir görev üstlenebilir.

Tüm formüller, belirli basitlik/karmaşıklık aralığında sonuç verecek şekilde ayarlanmıştır. Formül dışı bileşenler tasarımcının deneyim ve görüşüne bırakılmıştır. Parametrik modelin oluşturulması yoluyla, bazı bileşenler önceden belirlenmiş özelliklere ve seçilebilir değişkenlere sahiptir.

Tasarlanan örneğin doğası gereği, bazı bileşenlerin yapısı diğerleriyle bağlantılıdır. Örneğin, yüzeylerin örüntü yöntemi modül ölçeğini ve karmaşıklığını belirler. Ayrıca bileşenlerin bir kısmı sadece yüzey özellikleri bakımından cepheyi şekillendirirken, diğerleri uzaysal düzlemde daha belirgin bir etki göstermektedir. Bu nedenle, bazı kriterlerin görünüş üzerindeki etkisinin diğerlerinden daha baskın olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla; burada göreceli önem değerleri parametrik modelin yapısına göre belirlenebilir. Hesaplama yöntemi, modelin yapısı üzerinden biçimleniş etkileyen bileşenlere ilişkin kriterler ve ilgili girdiler aracılığıyla kurgulanabilir.

Bu bilgiler ile; AHP hesaplaması için öncelikle, Saaty'nin (1980) göreceli önem tablosu kullanılarak tasarım bileşenlerinin “1 – 9” arası bir ölçekte ikili göreceli önemlerine göre karşılaştırılması matris üzerinde işlenmiştir (Çizelge 4.5). Matrisin köşegeni simetri eksenidir ve köşegen eksenin simetrisinde yer alan değerler birbirleriyle ters-karşılıklıdır.

Çizelge 4.6, normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisini ve öncelikleri göstermektedir. Bu tablodaki normalleştirilmiş değerler, birinci karşılaştırma matrisindeki her bir hücreyi içeren sütunun toplam değere bölünmesiyle elde edilir. Çizelge 4.7' de tutarlılık kontrolü için matrisin Özdeğerleri (λ “Lambda” ve λ_{max}) hesaplanmıştır. Öncelikle her satır için ağırlıklı toplam değerleri belirlenmiştir. Burada λ değerinin formülü her satır için “Ağırlıklar toplamı /Ağırlıklardır”. Son olarak λ_{max} ise, λ değerlerinin aritmetik ortalamasını temsil eder.

Çizelge 4.5. Cepheyi Biçimlendiren Tasarım Bileşenlerinin Göreceli Önem Dereceleri

i / j	MT	MH	MO	CD	CM	SC	GK
Malzeme Tipi (MT)	1,00	0,33	0,11	0,14	0,20	1,00	0,50
Malzeme Hareketi (MH)	3,00	1,00	0,33	0,20	0,33	4,00	2,00
Modül Ölçeği (MO)	9,00	3,00	1,00	0,33	0,50	9,00	4,00
Cephe Dağılımı (CD)	7,00	5,00	3,00	1,00	2,00	9,00	7,00
Cephe Morfolojisi (CM)	5,00	3,00	2,00	0,50	1,00	5,00	7,00
Şeffaflık Çeşitleri (SC)	1,00	0,25	0,11	0,11	0,20	1,00	0,50
Kullanıcı Görsel Kalitesi (GK)	2,00	0,50	0,25	0,14	0,14	2,00	1,00
SUM	28,00	13,08	6,81	2,42	4,37	31,00	22,00

Çizelge 4.6. Normalize Karşılaştırma Matrisi

i / j	MT	MH	MO	CD	CM	SC	GK	Ağırlık: Normalize Öncüller
MT	0,04	0,03	0,02	0,06	0,05	0,03	0,02	0,034
MH	0,11	0,08	0,05	0,08	0,08	0,13	0,09	0,087
MO	0,32	0,23	0,15	0,14	0,11	0,29	0,18	0,203
CD	0,25	0,38	0,44	0,41	0,46	0,29	0,32	0,364
CM	0,18	0,23	0,29	0,21	0,23	0,16	0,32	0,231
SC	0,04	0,02	0,02	0,05	0,05	0,03	0,02	0,031
GK	0,07	0,04	0,04	0,06	0,03	0,06	0,05	0,050

Çizelge 4.7. Tutarlılık Kontrolü için λ (Lambda) ve λ_{\max} Değerlerinin Hesaplanması

i / j	MT	MH	MO	CD	CM	SC	GK	Ağırlıklar Toplamı	Ağırlıklar	$\lambda = \text{Ağırlıklar}$ Toplamı / Ağırlıklar	$\lambda_{\max} =$ λ 'ların Ort.
MT	1,00	0,33	0,11	0,14	0,20	1,00	0,50	0,240	0,034	7,078	
MH	3,00	1,00	0,33	0,20	0,33	4,00	2,00	0,630	0,087	7,218	
MO	9,00	3,00	1,00	0,33	0,50	9,00	4,00	1,485	0,203	7,313	
CD	7,00	5,00	3,00	1,00	2,00	9,00	7,00	2,736	0,364	7,510	7,292
CM	5,00	3,00	2,00	0,50	1,00	5,00	7,00	1,753	0,231	7,597	
SC	1,00	0,25	0,11	0,11	0,20	1,00	0,50	0,221	0,031	7,104	
GK	2,00	0,50	0,25	0,14	0,14	2,00	1,00	0,359	0,050	7,225	
Ağırlıklar	0,034	0,087	0,203	0,364	0,231	0,031	0,050				

Tutarlılık indeksi, ilgili Eşitlik.1 ile hesaplanır. Bu ilişkide “CI (Consistency Index)” tutarlılık indeksini, n (Çizelge 4.8) ise kullanılan kriter sayısını ifade etmektedir.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (1)$$

Çizelge 4.8. Rastgele İndeks Değerleri [100]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

$$Tutarlılık Oranı = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Saaty' ye göre “Tutarlılık Oranı (Eşitlik.2) 0,10'dan küçükse, matris ve hesaplanan ağırlıklar tutarlı kabul edilebilir [100] ve bu hesaplama “0,036” olarak sonuçlanmıştır. Aksi takdirde görece önem değerleri yeniden değerlendirilmelidir.

AHP ile ağırlık tutarlılığını kontrol ettikten sonra bir sonraki aşamaya geçilir. Başlangıçtan itibaren amaç, tasarımın belirli bir aralıktaki konumunu belirlemektir. Her bileşeni parametreleriyle ilişkili belirli bir ölçek aralığında değerlendirmek için Çizelge 4.4'te birtakım formüller verilmişti. Bileşenlerin ölçek aralıkları iki nitel terim ile tanımlanır: basitlik/tekdüzelik ve karmaşıklık. Her bir bileşen için, eğer hesaplama sonucu bire eşitse, bileşen tasarımı basit olarak adlandırılabilir. Sonuç birden uzaklaşıyorsa, bu sayı karmaşıklığı temsil eder. Bu nedenle, bileşenlerin ölçek aralığına dayalı olarak karmaşıklık ölçeğinin her iki ucu da belirlenir.

Bu bağlamda TOPSIS yönteminin ideal ayırma (Eşitlik.3) ve negatif ideal ayırma (Eşitlik.4) formülleri kullanılır. Ayırma ölçümü (S_i) hesaplamaları en basit (pozitif ideal = v_j^*) ve en karmaşık (negatif ideal = v_j^-) olarak adlandırılan değerler üzerinden yapılır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (3)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4)$$

En basit ve en karmaşık terimleri, en iyi ve en kötü çözümleri ifade etmez. Bir tasarım ister basit ister karmaşık olarak adlandırılınsın, tasarımı iyi veya kötü olarak ifade etmek

doğru değildir. Bu nedenle, hesaplama yalnızca tasarımın pozitif ve negatif uçlar arasındaki karmaşıklık düzeyini sağlayacaktır.

Karmaşıklık oranını elde etmek için, TOPSIS yönteminin son adımı olarak “göreceli yakınlık” denklemi (Eşitlik.5) kullanılır. Bu denklem, kriter girdilerine göre hesaplama değerinin hangi yöne (negatif veya pozitif) yakınsadığını ifade eder.

$$\frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (5)$$

Bu çalışmanın doğasına ve kinetik cephe tasarım algoritmasına özgü olarak, parametrelerin konfigürasyonuna dayalı en basit ve en karmaşık çözümleri belirlemek varsayımsal olarak mümkündür. Çizelge 4.9; *kriter konfigürasyonlarını, AHP'den elde edilen kriter ağırlıklarını, her bir kriterin ağırlıklı pozitif ve negatif idealini, ideal ve negatif ideal ayırma ölçüleri, en basit/en karmaşık konfigürasyonların göreceli yakınlık hesaplamasını* gösterir. Dolayısıyla sıfır ile bir arasındaki değerler bu matematiğe göre “karmaşıklık oranı (Cr: Complexity ratio)” referansları olarak isimlendirilebilir.

Çizelge 4.9. En Basit ve En Karmaşığın Göreceli Yakınlıkları

	Malzeme Tipi	Malzeme Hareketi	Modül Ölçeği	Cephe Dağılımı	Cephe Morfolojisi	Şeffaflık Çeşitleri	Kullanıcı Görsel Kalitesi
Ağırlıklar	0,034	0,087	0,203	0,364	0,231	0,031	0,050
En Basit	1	1	1	1	1	1	1
En Karmaşık	10	10	10	10	10	5	5
Ağırlıklı v_j^*	0,034	0,087	0,203	0,364	0,231	0,031	0,050
Ağırlıklı v_j^-	0,339	0,873	2,030	3,643	2,308	0,155	0,248
Si+	Si-	En Basitin Cr'si		Si+	Si-	En Karmaşığın Cr'si	
0,000	4,378	1,000		4,334	0,000	0,000	

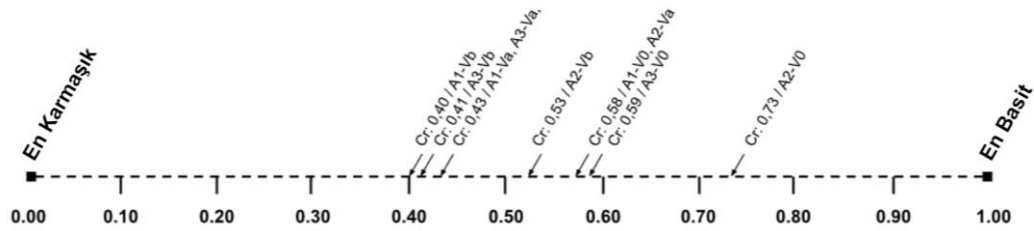
"Karmaşıklık oranı" hesaplama yöntemini test etmek için, bir önceki bölümde verilen parametrik tasarım algoritmasını kullanarak kinetik cephe alternatifleri oluşturulurken, sonuçları otomatik olarak görebilmek için hesaplama yöntemi (karmaşıklık değerlendirme) Rhinoceros-Grasshopper eklentisinde işlenmektedir (Şekil Ek C.4).

4.3.3. Karmaşıklık Testinin Değerlendirilmesi

Bir önceki bölümde verilen cephe tasarım görselleri (Çizelge 4.3) ile elde edilen değerler karşılaştırıldığında, tasarıma müdahalelerin karmaşıklık oranı hesaplamalarının sonuçlarını etkilediği görülmektedir. Herhangi bir bileşenin daha karmaşık bir düzenlemeye dönüştürülmesi, değişikliğin etkisi olarak karmaşıklık oranının sıfıra yakınsamasına neden olmaktadır.

Hesaplamalar sonucunda; Çizelge 4.3'te verilen tasarım ürünlerinden, **A1-V0** örneğinin daha iyi bir sonuç vermesi beklenirken en büyük ve en küçük paneller arasındaki oran nedeniyle ortalama bir değer elde etmiştir. Panel boyutlarının benzer olması, tüm cephede aynı tip bölümlenme kullanılması ve sade düz cephe yüzeyi tercihi, **A2-V0** ürününün alternatifler içinden en iyi sonucu almasını sağlamıştır. Beklendiği gibi, konfigürasyonlar içerisinde amorf yüzeye sahip “Çeşit(Vb)” sütunundaki öğeler, diğerlerine göre daha düşük değerlere sahip olmuştur.

Tek boyutlu bir değerlendirme olduğu için tasarımların karmaşıklık oranları lineer ölçekte gösterilmiştir (Şekil 4.50). Sonuçların çoğu 0,40 ile 0,60 arasında toplanmıştır. Sadece **A2-V0** çözümü mevcut durumdan tekdüzelik yönünde sapmıştır. Karşılaştırmalı olarak hesaptan elde edilen karmaşıklık oranı değerlerinin ilgili cephe görselini temsil ettiği rahatlıkla söylenebilir.

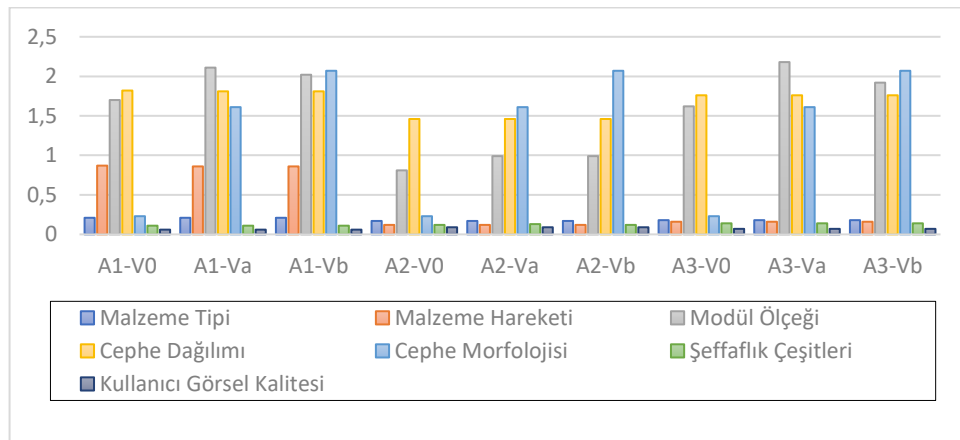


Şekil 4.50. Tasarlanan Cephe Konfigürasyonlarının Karmaşıklık Oranı (Cr) Sıralamaları

Sunulan parametrik model yapısı gereği, estetik birlik ve bütünlük olma değerini kaybetmeden, sadelikten uzaklaşmayı amaçlamaktadır. Dolayısıyla, sonuçlar bu koşullar altında değerlendirilmelidir.

Bu yöntem ile morfolojik bileşenlerin niteliklerini nicel terimlerle değerlendirme imkânı ortaya çıkmıştır. Süreç dahilinde bileşenlerin formülleri ve ilişkilerine bağlı olarak normalleştirilmiş öncelikler belirlenmiştir. İkili karşılaştırmalar neticesinde “cephe bölümlenmesi 0.364, cephe morfolojisi 0.231, modül ölçeği 0.203, malzeme hareketi 0.087, görsel kalite 0.050, malzeme türü 0.034 ve şeffaflık varyasyonları 0.031” değerleriyle bileşen ağırlıkları bakımından sıralanmıştır. Bu sıralamaya göre; cephe dağılımı, cephe morfolojisi ve modül ölçeği, uzamsal görünüm ve algı üzerindeki etkileri nedeniyle karmaşıklık hesaplamasında en baskın belirleyici parametrelerdir.

TOPSIS yöntemiyle ise; ağırlık katsayıları ve model verileri kullanılarak tasarımların pozitif ve negatif ideallere olan Öklid uzaklıkları hesaplanmıştır. En basit ve en karmaşık konfigürasyonların “göreceli yakınlık ölçeği”, “0 ile 1” arasında ayarlanmıştır. Tasarım ürünlerinin değer olarak 0,40 ile 0,60 arasında yoğunlaşmasının belirgin nedeni baskın geometrik bileşenlerin etkisindedir (Şekil 4.51). Örnek A1-Va, A1-Vb, A3-Va ve A3-Vb'nin bütüncüllükten (Değer: 1,00) uzaklaşma nedeni cephe morfolojilerinin öncülerinden daha karmaşık tercih edilmesidir. A3-V0'ın farklı bölümlendirme çeşitlerine sahip olmasına rağmen ikinci yüksek değeri almasının nedeni, benzer modül boyutları ve basit cephe yüzeyi tercihinin kullanılmış olmasındandır. A2-V0'ın benzerliğe yaklaşmasının nedeni ise, baskın bileşenlerde daha basit tercihlerdir.



Şekil 4.51. Tasarım Çözümlerinin Bileşen Etki Ağırlıkları

5. SONUÇ

5.1. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Uyarlanabilir kinetik cephe sistemlerinin tasarım süreçlerini, hareket mekanizmalarını, sistem işleyiş prensiplerini, uyarlanabilirlik durumlarını ve uygulanabilirliğini etkileyen birçok kriter bulunmaktadır. Tez kapsamında yapılan literatür taramalarıyla, bu sistemlerin genellikle cephe ile kesişen iç mekân programları farklılaşmayan kamusal yapılarda standart gereksinimlere cevap verebilecek şekilde uygulandığı görülmektedir. Dolayısıyla, tasarım ve tasarım modeli geliştirme yaklaşımları genellikle form bulma, yeni modül üretimleri ve performans ya da konfor odaklı olarak optimizasyon çalışmaları çevresinde şekillenmektedir. Bu yaklaşım konut vb. her bir iç mekân işlevi ve cephe kesişiminde farklı ihtiyaçların ön plana çıktığı mimari programlar için tasarım gerekleri çerçevesinde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, tezde araştırma sorusuyla ilgili olarak; konut ve benzeri değişken iç mekân işlevlerine sahip bina tipleri için kinetik cephe tasarım alternatifleri geliştirme yöntemlerine ve bu alternatiflerin nasıl değerlendirilebileceğine odaklanılmaktadır.

Tezin yönünü belirleyen bu temel araştırma sorusuna cevap verebilmek için tümevarıma dayalı bir yaklaşım ile birtakım alt araştırma soruları ile kinetik mimari elemanların ve kinetik cephelerin tasarımına ilişkin bir çerçeve çizilmeye çalışılmıştır. Kinetik cephe tasarımı konusunu kinetik mimari altında özel bir alt başlık olarak nitelendirebileceğimiz için, ilk olarak geçmişten günümüze kinetik mimari ve elemanları konusunun evrimi ve değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda araştırmacıların sıklıkla incelediği örnekler derlenmiştir. Karşılaşılan örnekler; *fikirler/tasarımlar*, *kitap/manifesto/çalışma grubu* ve *inşa edilen yapılar* olmak üzere 3 (üç) başlık altında toplanmıştır. *Erken dönem fikir ve denemeler*, *fütüristik akımların etkisiyle yeni fikirler*, *kavramsal çerçeve ve ilk ciddi denemeler* ve son olarak *çağdaş kinetik mimari uygulama örnekleri* olmak üzere 4 (dört) farklı dönem olarak bir zaman çizelgesi biçiminde sunulmuştur (Şekil 2.2).

1962 öncesini kapsayan erken dönem hareketli mimari fikirleri ve denemeleri, tasarımcıların belli bir konuya kısıtlı tek yönlü yaklaşımları ile sınırlı kalmıştır. 1958-1970 arasında ise dönemin baskın akımlarından olan fütürizmin etkisiyle yeni fikirler ve kavramlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu dönemde öne sürülen fikirler ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle araştırmacılar ilgili yeni konulara eğilmeye ve çalışma grupları oluşturmaya başlamışlardır. Genel olarak çalışmalar kavramsal düzlemde sürmüştür. 1970 yılı itibari ile çalışmalar meyvesini vermiş, yeni sensör ve hareket teknolojileri ile çevreye duyarlı, cevap verebilen mimari cihazlar geliştirmek için ilk adımlar atılmıştır. Bu dönemde üretilen kitaplar ve manifestolar aracılığıyla kinetik mimariye ilişkin kavramsal çerçeve oluşmaya başlamıştır. İlk ciddi kinetik mimari cephe uygulaması (Dünya Arap Enstitüsü, Paris, 1987) yine bu dönemde inşa edilmiştir. 1995 yılı itibariyle manifesto söylemler yerini kapsamlı, çok yönlü yaklaşımları barındıran uygulamalara bırakmıştır. Zaman çizelgesi oluşturma sürecinde başlangıçta tüm kinetik mimari yaklaşımlara yer verilmişken, çağdaş uygulamalarda çoğunlukla kinetik cephelerden örnekler sunulmuştur. Bu çalışma kinetik mimari ile ilgili günümüze kadar öne sürülen kavramsal çalışmaların, terminolojinin ve sınıflandırmaların anlaşılmasına ışık tutmuştur.

Kinetik mimarlık ve kinetik cephe tasarımı konusuna birçok araştırmacı kriterler, bileşenler ve çalışma prensipleri vb. bakımından çeşitli kavramsal çalışmalar ve sınıflandırma yaklaşımları önermiştir. Bu çalışmalar arasında benzer yaklaşımlar olsa da genellikle araştırmacılar odakları veya ele aldıkları ayrıntılar bakımından farklılık gösterirler. Örneğin; konuyla ilgili ilk kapsamlı kavramsal çalışma Zuk ve Clark (1970) tarafından sunulmuştur. Çalışmada kinetik mimari iki ayrı sınıflandırma ile incelenmiştir. İlkinde tüm kinetik mimari elemanlar birer makine olarak değerlendirilmiş ve sistemsellik yeterlilik seviyeleri üzerinden değerlendirilmiştir. Diğer yaklaşımda ise kinetik mimari uygulamalar strüktürel temelde sundukları ile sınıflandırılmıştır.

Takip eden yıllarda, araştırmacılar bireysel ilgi alanları odağında bu kavramsal çerçeveden etkilenerek çeşitli konularda yeni sınıflandırma yaklaşımları geliştirmiştir. Bu yaklaşımlar; kinetik mimariye dair konseptler, strüktürel gerçekler, uyarlanabilirlik, mühendislik, teknoloji, sistem kontrolü, teknikler, mekanizmalar,

hareket biçiminin algılanması gibi çok çeşitli konularda gerçekleşmiştir (Çizelge 2.4). Kinetik mimarinin geniş sınırları belirgin olmayan çalışma alanı nedeniyle kesin tanımlar ve sınıflandırmalar yapılamamıştır.

Farklı konulara eğilen çok çeşitli sınıflandırma yaklaşımları, kinetik mimari ve cepheler ile ilgili detaylara odaklanan akademik çalışmalar sayesinde, konu özelinde tasarım unsurlarını tespit etmek mümkün olmuştur. Birçok çalışma genellikle malzeme teknolojisi, kontrol teknolojisi, sürdürülebilirlik, adaptasyon, form bulma, kullanıcı etkileşimi/memnuniyeti, konfor odaklı performans, hareketin algılanması, tasarım süreci ve cephe bileşenleri gibi konular çevresinde şekillenmiştir.

Literatür taramaları neticesinde, çalışmaların ilgi alanları, ortak noktaları ve terminolojileri değerlendirildiğinde 6 (altı) temel konu öne çıkmaktadır. İlk olarak; *kavramlar ve yaklaşımlar* başlığı altında kinetik cephelere ilişkin uyarlanabilirlik, cevap verebilirlik, etkileşimli mimari vb. konuları bileşenleri, etkenleri, girdileri ve gereksinimleri üzerinden tanımlanmıştır. *Hareket tipolojileri ve malzemeler* başlığı ile malzeme özelliklerine bağlı hareket çeşitleri ve çalışma prensipleri incelenmiştir. Kinetik mimari uygulamalarda *kontrol* konusu; *teknoloji ve strateji* alt başlıkları altında derlenmiştir. Kontrol teknolojisi, genel manada kinetik elemanların hareketinin nasıl gerçekleşeceğini denetleyen sistemlerdir ve genellikle duyar, kontrol ve tahrik fazları ile yönetilir (Çizelge 2.8). Aktif ve pasif sistemler olmak üzere mekanizmalar temelinde iki tip sistem mevcuttur (Çizelge 2.7). *Kontrol stratejileri* ise; daha çok konseptler ve etkiyen bileşenler ile ilgili olarak kinetik sistemi kontrol eden teknolojinin ne derece doğrudan, dolaylı, duyarlı veya bağımsız olarak çalışacağını belirler. Belirlenen bir diğer başlık; kinetik cephelerin uyarlanabilirlik, duyarlılık bakış açılarından hangi konulara performans odaklı olarak ne şekilde cevap verebileceğini tanımlayan *işlevlerdir*. İşlevler başlığı; çevresel etmenler, iç mekân konforu ve kullanıcı gereksinimleri konuları üzerinde şekillenir. Kinetik cephelerde bir diğer önemli konu yüzey üzerinde kullanılacak hareketli elemanların tasarımı ve bütüncül yüzeyde nasıl yerleşeceği. Form bulma ve cephe kompozisyonunun tasarımı belirlemeye yardımcı *üretken tasarım araçları* başlığı, özel yöntemler ve dijital tasarım süreçleri olarak derlenmiştir. Son başlıkta ise *cephe tasarım bileşenlerine* yer verilmiştir. Bileşenler üç alt başlık altında incelenmiştir. Bunlar; cephe biçimlenişi,

cephe bölümlenmesi ve bileşen ilişkileridir. Cephe biçimi; yapı kabuğunun yüzeysel ya da hacimsel özellikleri ile ilgilenirken, cephe bölümlenmesi; kontrol düzeni bağlamında yüzeyi bölme yöntemiyle, kontrol ölçeği bağlamında ise bu bölümlerin bireyden bütüne hangi seviyede hareketlendirileceği ile ilgilenir. Bileşen ilişkileri ise, cephe yüzeyinde kompozisyonel bir düzen oluşturma sürecinde; renk, malzeme, hareket, ölçek, iç mekân işlevi, çevresel etmenler gibi konuların uygunluk kriterleri ya da kural setleri ile düzenlenmesini sağlar ve tasarım süreçlerinin kurgulanmasına yardımcı olur.

Tüm bu unsurlar ele alındığında kinetik cephe tasarımını bileşimsel/düzensel (kompozisyonel) bir perspektiften değerlendirme fırsatı doğmuştur. Bu bakış açısından mimari ve biçim ilişkili konular ile kinetik modül tasarımı *cephe bileşenleri* olarak adlandırılmıştır. Konfor, performans, işlev, kullanıcı ve konsept bağlamında yürütülen çalışmalar ise tasarım girdileri başlığı altında toplanmıştır (Çizelge 2.3). Bu kavramsal düzenlemede diğer bir önemli konu ise; morfolojik unsurlar ve sistemsel unsurlar ayrımı olmuştur. Bu ayrıma göre; tasarım girdileri ile kinetik modülün hareketini belirleyen kontrol teknoloji ve stratejileri sistem unsurlarını oluştururken, kinetik modül tasarımında hareket ve malzeme seçimi, mimari ve biçim ilişkili konular morfolojik unsurları oluşturmuştur.

Bu araştırmalar sonucunda kinetik cephelerin tasarımına etki eden 6 (altı) ana başlık, alt başlıklarıyla birlikte ele alınarak “kinetik cepheler için tasarım unsurları çerçevesi” ismi ile dairesel bir güneş diyagramı olarak düzenlenmiştir. Bu diyagram kapsayıcı bir şekilde tüm bileşenleri içermektedir. Bu sayede tasarımın ön aşamalarında ve tasarım süreci boyunca girdileri denetlemek mümkündür. Bu yönüyle diyagram bir tasarım kılavuzu niteliğine sahiptir. Diğer açıdan ise; mevcut inşa edilmiş yapıları analiz etme ve değerlendirme konusunda kullanışlıdır.

Tez içerisinde yapılan örnek uygulama değerlendirmelerinden birtakım bulgular elde edilmiştir. Bu bulgulara göre; farklı kinetik cephe uygulamalarının kavramsal bakımdan birbiri ile aynı olması beklenmez ancak genel olarak uyarlanabilirlik çerçevesinde her bir uygulama en az bir etmene cevap verecek şekilde kurgulanır. İşlevler ve performans anlamında görsel ve termal konfor yaygın amaçlar olarak

görülmektedir. Tasarım stratejileri tasarımcıya bağlı olarak çeşitlenebilir. Teknoloji geliştikçe geçmişten günümüze giderek artan şekilde daha akıllı ya da bağımsız kontrol stratejileri tercih edilmektedir. Cephe bileşenleri olarak ise kontrol ölçeği ile ilgili bir bulgu öne çıkmaktadır. Neredeyse tüm kinetik cephelerde bütüncül bir uyarlanabilirlik söz konusu iken, bunun sağlanma yöntemi (bireysel, küme, şerit halinde hareket) her uygulama için farklılık gösterir.

Tez kapsamında belirtilen tüm bu unsurlar ve bileşenler bir arada düşünüldüğünde kapsayıcı bütünlük bir tasarım yaklaşımı/modeli önerisi mümkün hale gelmiştir. Öneri model çerçevesinde birbirleriyle ilişkili ve sıralı çalışabilen 7 (yedi) aşamalı bir süreç önerilmiştir. Bu sürecin aşamaları, mimari tasarım bileşenlerinin ve girdilerinin belirlenmesi (kinetik cepheler için tasarım unsurları, öncül kararlar), biçimsel ve sistemsel karar, performans girdileri ve gereksinimlerinin belirlenmesi, mekân-cephe kesişimi (MCK) yüzeylerinin tasarımı, uygunluk kriterlerinin belirlenmesi, çok amaçlı optimizasyon süreçleri ile tasarımın üretilmesi ve tasarımların hesaplamalı değerlendirilmesi olarak sıralanmıştır. Tüm bu aşamaların alt bileşenleri arasındaki girift ilişkiler akış diyagramı (Şekil 3.10) ve yöntem algoritması (Şekil 3.13) ile gösterilmiştir.

Öneri model tezin ilk kısmında belirlenen araştırma ve alt araştırma sorularına cevap verebilecek şekilde tasarlanmıştır ve uygulama örnekleri ile test edilmiştir. Örneğin; iç mekân işlev çeşitliliğinin kinetik cephe kompozisyonuna nasıl etki edebileceği sorusu, mekân-cephe kesişimi (MCK) olarak tanımlanan yüzeylerin tasarıma entegrasyonu ile cevaplamaya çalışılmıştır. Bu yüzeylerin tasarımı için kendi iç organizasyonları dahilinde kurallar tanımlanabileceği gibi, farklı MCK yüzeylerin bir araya gelerek oluşturacakları cephe düzeni içinde uygunluk kuralları veya tasarım kriterleri belirlenebileceği ifade edilmiştir.

MCK yüzey tasarımı için iç mekân ve kullanıcı gereksinimlerine göre bir değerlendirme yaparak panel/modül türevlerinin bir araya geliş koşulları kuralları ile tanımlanabilir ya da sınırlandırılabilir. MCK yüzeylerin bütüncül cephe kompozisyonunda ise; daha kapsamlı hedefler belirlenmelidir. Bu hedefler MCK yüzeylerinin ortak noktaları veya farklılıkları, topolojik organizasyon kararları,

cephenin bütüncül performansı veya çevresel beşerî veya doğal etmenler ile belirlenmelidir. Bu hedefler aynı zamanda optimizasyon süreçlerinin de unsurlarıdır.

Önerilen yaklaşımda evrimsel optimizasyon araçlarıyla ve belirlenen uygunluk kriterleri kapsamında en iyileştirme süreci aynı zamanda bir tasarım süreci olarak kullanılmaktadır. Uygulama çalışmaları göstermiştir ki, tasarım içerisinde kullanılan bileşenlerin, parametrelerin, modüllerin, MCK yüzeylerin, düzensel organizasyon kurallarının ve uygunluk kriterlerinin çeşitliliği tasarım çözüm evreninin kontrol edilemeyecek bir büyüklüğe erişmesine neden olabilmektedir. Dolayısıyla; başlangıçta doğru tercihler ile düzenli bir tasarım algoritması oluşturulmalı ve optimizasyon araçları özenle seçilmelidir.

Bir diğer alt araştırma sorusu kapsamında ise; optimizasyon araçları istenilen hedeflere yakınsayan sınırsız alternatifleri sunma konusunda oldukça başarılıdır. Ancak süreç sonunda hedefe yakınsayan ve benzer değerleri sunan sayısız birey veya nesil olabilir. Bu nedenle, optimizasyon simülasyonu ile elde edilen tasarımlara ait grafikleri doğru yorumlamak gerekir. Tasarımlar arasından seçim yapabilmek için optimizasyon sonuç ürünlerini harici kriterler ile yorumlamaya yardımcı değerlendirme araçları kullanılabilir.

Tasarımın harici değerlendirilmesi aşamasını deneyimlemek amacıyla “Örnek Uygulama -3’te”, çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılmıştır. Tasarımda öne çıkan hususlar olan morfolojik unsurların cephe kompozisyonunda yaratmış olduğu karmaşıklık algısını test edebilmek için AHP ve TOPSIS araçları kullanılmıştır. Tasarım parametreleri ile oluşturulan formüllerden elde edilen değerler, AHP karşılaştırma matrislerinin sonuçları ve TOPSIS’in pozitif ve negatif ideal hesaplamaları yardımıyla üretilen tasarımların “göreceli yakınlık ölçeği” üzerinde buldukları noktalar tespit edilmiştir. Bu tespitler ile tasarım ürünlerini farklı bir bakış açısı ile değerlendirmek mümkün olmuştur. Tasarımcının (ya da diğer paydaşların) belirlediği önemler doğrultusunda hesaplamaya dahil edilen parametrelerin sonucu etkilediği açık bir şekilde görülmüştür. Dolayısıyla, AHP’nin doğası gereği bu yöntem bağlam odaklı olarak kabul edilmelidir. Bu hesaplamada elde edilen değerlere karmaşıklık oranı denmesinin tek nedeni biçimsel parametreler

üzerinden cephe kompozisyonunda oluşan bütünlüğü/karmaşıklığı test etme çabasından ileri gelmektedir. Bu nedenle, yine bağlam odaklı olarak hesaplama yönteminin verdiği değerler farklı konular altında çeşitli isimler alabilir.

Özetle; tezin başlangıcında öne sürülen temel ve alt araştırma sorularını yanıtlamak için yapılan literatür çalışmaları kapsamında çeşitli bilgiler üretilmiştir. Süreç içerisinde kinetik cepheleri oluşturan bileşenler ve girdiler tanımlanmış ve bu elemanların bütüncül cephe yüzeyini düzensel bakış açısıyla nasıl etkilediği konusuna değinilmiştir. Biçimsel ve sistemsal unsurların kendi içlerinde diğer bileşenler ile ilişkileri sorgulanmıştır. Bu bağlamda elde edilen tüm bilgiler “kinetik cepheler için tasarım unsurları” başlığı altında toplanmıştır. Oluşturulan bu kavramsal çerçeve ile kinetik cephe tasarımları için bir kılavuz/araç sunulmuştur. Kinetik cepheler tasarım unsurlarının ilk aşamada yer aldığı çok aşamalı, kapsamlı ve girift ilişkilere sahip bütünlük ve üretken bir tasarım modeli geliştirilmiştir. Bu model ile araştırma soruları kapsamında başlangıçta öne sürülen hipotezler sınanmıştır.

Bu minvalde “Hipotez 1 (H₁)” ile ilgili olarak; iç mekân işlevleri farklılaşan konut vb. yapılarda; kinetik cepheler için belirlenen tasarım bileşenlerinin ve unsurlarının birbirleri arasındaki örgütsel ilişkileri *mimari program, işlevler, mekân-cephe kesişimleri, kontrol düzeni, kontrol ölçeği, kural setleri, doğrudan bağlantılı olmak ve gereksinimler* doğrultusunda belirleyerek *optimizasyon araçları ve belirlenecek kriterler ile* çok çeşitli bütüncül tasarım çözüm alternatiflerinin geliştirilebileceğini ifade etmek mümkündür.

Hipotez 2 (H₂)’de ifade edilen yargı için ise; kısmi bir doğruluk söz konusudur. Yargıyı güncelleyerek; elde edilen alternatif tasarımlar arasından, optimizasyon araçları ile kriter odaklı olarak çözüm kümesini *üretmek ve uygunluk kriterleri ile çözüm kümesini belli bir sayıya indirmek mümkündür ancak seçim için karar yorumuna kısıtlı katkısı vardır. Dolayısıyla; bağlam odaklı çok kriterli karar verme yöntemleriyle, harici nitel ve nicel yargılar içeren hesaplamalı bir değerlendirme yaklaşımı* ile tasarım tercihi yapmak mümkün olabilir.

5.2. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kinetik cephe sistemlerinin tasarım ve uygulama aşamalarında birçok etken rol oynar. Dolayısıyla; günümüz teknolojisi ile kinetik cephelerin tasarımı konusu oldukça kompleks bir süreç haline dönüşmektedir. Bu bağlamda, tezde teorik çalışmaların, uygulama çalışmalarına kavramsal altyapı oluşturduğu bir çözümlene sunulmaktadır.

Yöntemsel olarak, kinetik mimari ve cepheler ile ilgili geçmiş çalışmalar derlenmiş, terminoloji, konseptler ve yaklaşımlardan faydalanılarak tasarım unsurlarını oluşturan bileşenler, elemanlar, girdiler ve parametreler çözümlenerek kavramsal altyapı desteklenmiştir. Tez ürün olarak, kavramsal altyapı ve bileşen ilişkilerinden, biçimsel ve sistem düzleminde faydalanarak kapsamlı bir üretken bütünleşik tasarım yöntemi önerisi sunulmaktadır.

Kavramsal araştırmalarda, kinetik mimari ve cephe tasarımı üzerine olan literatür taramalarının belirli kriterler ve bileşenler etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlar genellikle, malzeme teknolojisi, hareketin algılanması, kontrol mekanizmaları, işlev ve performans odaklı uygulama çalışmaları, konsept yaklaşımlar ve kullanıcı memnuniyetidir. Kinetik cephelerin tasarımı tüm bu konular özelinde girift bir yaklaşım gerektirir. Estetik konulara bir tasarımcı, teknik konulara ise bir mühendis gibi yaklaşmayı gerektirir. Çalışma alanının zorluğu ve özgünlüğü buradan gelmektedir. Tüm bu konular birbiriyle ilişkili olmasına karşın araştırmacılar tarafından kinetik cepheler, kısıtlı konular ile ele alınmaktadır. Dolayısıyla konu özelinde kapsamlı söylemlere denk gelmek pek yaygın değildir. Bu nedenle kinetik cepheler tasarımına dair tüm konulara hâkim bir söylem geliştirmek için kavramsal altyapı araştırmalarının bir ürünü olarak bileşen ilişkileri irdelenerek, oluşturulan “kinetik cepheler için tasarım unsurları” çerçevesinin birçok anlamda faydalı olacağı düşünülmektedir.

Tezin en önemli ürünü olan tasarım yöntemi önerisinde ise yine “kinetik cepheler için tasarım unsurlarından” faydalanılmıştır. Tasarım unsurları içerisinde yer alan bileşenlerin doğal ilişkileri ve bağlantıları üzerinden bir öneri yöntem oluşturulmuştur. Yöntem; tasarım bileşen ve girdilerin belirlenmesi, biçimsel ve sistemsal kararlar,

performans girdileri ve gereksinimlerin belirlenmesi, mekân-cephe kesişim (MCK) yüzeylerin tasarımı, uygunluk kriterlerinin tasarımı, optimizasyon süreçleri ve hesaplamalı değerlendirme aşamalarından oluşmuştur. Metinsel anlatımda, bu aşamalar sıralı gibi gözükmesine karşın, uygulama algoritmalarından da anlaşılacağı üzere ilk 4 (dört) aşama etkileşimli olarak ilerlemiştir. Yöntemin tüm aşamaları önemlidir, ancak bazı aşamalar özel ilgiyi gerektirmiştir.

Örneğin, mekân-cephe kesişim yüzeylerinin tanımlanması ve tasarlanmasına her uygulama için özel bir yaklaşım gerekir. Çünkü bu aşamada, çeşitli iç mekân işlevlerinin yapı kabuğundaki gereksinimlerine farklı şekillerde cevap vermek gerekebilir. Bu durum; cephe kompozisyonunu, örgütsel ilişkileri ve daha sonra belirlenecek uygunluk kriterlerini etkiler. Öneri yöntem, tezin başlangıcında verilen temel ve alt araştırma sorularına her bir aşaması ile ayrı ayrı cevap verme özelliğine sahiptir.

Tez kapsamında yapılan araştırmalar ile iki temel sonuca ulaşmak mümkündür. Bunlardan ilki kinetik cephe tasarımının nasıl bir süreç olduğunu açıklamak için getirilen kavramsal yaklaşımdır. Günümüze kadar konu ile ilgili söylenmiş tüm sözler ve uygulama örneklerinden faydalanarak konuyu özünde toparlayan tüm bileşen ve girdileri bir arada görmeyi sağlayan bir perspektif kazandırmaktadır. Tezde ulaşılan diğer önemli sonuç ise; terminolojik ve kavramsal altyapı ile anlaşılır kılınan kinetik cephe tasarımı konusunu; konut vb. iç mekân işlevleri farklılık gösteren yapılarda gereksinimler ve kriterler ile mekân-cephe kesişim yüzeyleri üzerinden tanımlayarak, yapı cephesinin kompozisyonel olarak yorumlanmasıdır. Tasarımda çeşitliliği öne çıkaran bu yaklaşım, kinetik cepheler için yalnızca harekette dinamizmin değil, aynı zamanda tasarım, estetik ve çeşitlilikte de dinamizmin önemli olduğunu da vurgulamaktadır.

Tez kapsamında iki problem/kısıt ile karşılaşılmıştır. İlk problem, tasarım bileşenlerini belirleme aşamasında hareket mekanizmalarına, kontrol teknoloji ve stratejilerine karar verilse dahi öneri modelin aşamaları arasında nasıl bir yaklaşım ile test edileceğine karar verilmemiştir. Bu nedenle öneri modelin bütüncül yaklaşımında bu yön eksik kalmıştır. Diğer önemli problem ise; optimizasyon süreçlerinde kullanılacak

kriter ve parametrelerin artması durumunda simülasyon süreçlerinde bilgisayar donanımlarının yetersiz kalması söz konusu olabilmektedir. Dolayısıyla; optimizasyon süreçlerine dahil edilecek parametrelerin seçimine dikkat edilmelidir.

Tez kapsamında geliştirilen “kinetik cepheler için tasarım unsurları çerçevesi ve öneri yöntem” önemli potansiyeller barındırmaktadır. Alan ile ilgili yapılacak çalışmalarda; araştırmacılara, tasarımcılara ve sistem geliştiricilerine yol gösterici olma özelliğine sahiptir. Gelecekte yapılabilecek çalışmalar için özelden genele öngörülerde bulunmak gerekirse; tasarım unsurları çerçevesi bu tezin kapsamı dışında kalan *pasif teknoloji sistemler ve malzemeler* konusu ile desteklenerek genişletilebilir. Öneri yöntemin son aşamasında yer alan AHP ve TOPSIS değerlendirme süreçleri için bağlamsal anlamda farklı parametreler kullanılarak yeni değerlendirme türleri geliştirilebilir. Örneğin; Strüktürel uygunluk/karmaşıklık, uygulanabilirlik, enerji verimliliği, sistem entegrasyonu, kullanıcı konforu vs. Ayrıca; bu değerlendirmeler, optimizasyon süreçlerinden elde edilen veriler ile birleştirilerek çok boyutlu değerlendirme grafikleri ile doğrudan tasarımın seçimi konusuna dahil edilebilir. Tasarım sürecine dahil edilebilecek diğer paydaşların (kullanıcılar, yükleniciler vb.) görüşleri ile bağlam ile ilişkili olarak nesnel yargılar genişletilebilir.

Performansa dayalı tasarım yaklaşımları ile bütünleştirilerek uygun çözümlerin optimizasyonu yönünden geliştirilebilir. Kinetik cepheler için tasarım unsurları ve öneri yöntem bilgisayar programlama yardımıyla insan-kullanıcı arayüzüne sahip bir araç haline getirilebilir. Arayüz ile yapılan seçimler ve değişiklikler anında güncellenerek tasarımcıya ve diğer paydaşlara veri sunabilir. Öneri yöntemin, yapı bilgi modellemesi (BIM) programları ile entegrasyonu ise bir ileri seviye gelişme olarak hedeflenmelidir. Geliştirme çalışmaları kapsamında yöntemin yapay zekâ veya makine öğrenmesi kullanılarak desteklenmesi mümkündür.

KAYNAKLAR

1. Sharaidin, K. and Salim, F., "Design Considerations for Adopting Kinetic Facades in Building Practice", *ECAADe*, 2 (30): 629–637 (2012).
2. Herzog, T., Krippner, R., and Lang, W., "Facade Construction Manual", Facade Construction Manual, *DETAIL - Institut Für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG*, (2004).
3. Hosseini, S. M., Mohammadi, M., Rosemann, A., Schröder, T., and Lichtenberg, J., "A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort: Review", *Building And Environment*, 153: 186–204 (2019).
4. Candy, L., "Practice Based Reseach: A Guide", Sydney, (2006).
5. Smith, H. and Dean, R., "Practice-Led Research, Research-Led Practice in the Creative Arts", *Edinburgh University Press*, 1–289 (2009).
6. Coetzee, L. and Nitschke, G., "Evolving optimal sun-shading building façades", *Proceedings Of The Genetic And Evolutionary Computation Conference Companion*, 393–394 (2019).
7. Olgyay, A. and Olgyay, V., "Solar Control and Shading Devices", *Princeton University Press*, Princeton, USA, 201 (1976).
8. Corrodi, M. and Spechtenhauser, K., "Illuminating: Natural Light in Residential Architecture", *Birkhauser Verlag*, (2014).
9. Banham, R., "Architecture of the Well-Tempered Environment", *University Of Chicago Press*, Chicago, 158 (1969).
10. Randl, C., "Revolving Architecture: A History of Buildings That Rotate, Swivel and Pivot", *USA: Princeton Architectural Press*, New York, 75 (2008).
11. Bullivant, L., "4dspace: Interactive Architecture", *Architectural Design, Academy Press*, 129 (2005).
12. Cudzik, J. and Nyka, L., "Utopian Kinetic Structures and Their Impact on the Contemporary Architecture", *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 245 (5): (2017).
13. Zuk, W. and Clark, R. H., "Kinetic Architecture", *Van Nostrand Reinhold*, (1970).

14. Negroponte, N., "The Architecture Machine: Toward A More Human Environment", *MIT Press*, (1970).
15. Dunn, N., "Digital Fabrication in Architecture", *Laurence King Publishing*, (2012).
16. Moloney, J., "Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change", *Routledge*, London, (2011).
17. Internet: Dictionary.com, "Kinetics", www.dictionary.com/browse/kinetics .
18. Schumacher, M., Schaeffer, O., and Vogt, M.-M., "MOVE: Architecture in Motion - Dynamic Components and Elements", *De Gruyter*, 32–81 (2010).
19. Terzidis, K., "Expressive Form", *Expressive Form: A Conceptual Approach to Computational Design*, *Routledge*, 1–93 (2004).
20. Fox, M. A. and Kemp, M., "Interactive Architecture", *Princeton Architectural Press*, New York, New York, 256 (2009).
21. Kronenburg, R., "Transportable Environments 2", *Taylor & Francis*, London, (2003).
22. Megahed, N. A., "Understanding kinetic architecture: typology, classification, and design strategy", *Architectural Engineering And Design Management*, 13 (2): 130–146 (2017).
23. Asefi, M., "Transformable and Kinetic Architectural Structures: Design, Evaluation and Application to Intelligent Architecture", *VDM Verlag Dr. Müller*, (2010).
24. Bergson, H., Landes, D., and Grosz, E., "Creative Evolution", 1st Editio. Ed., *Routledge*, London, (2022).
25. Cudzik, J. and Nyka, L., "Reasons for Implementing Movement in Kinetic Architecture", *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 245 (4): 042073 (2017).
26. Sanchez-Del-Valle, C., "Adaptive Kinetic Architecture: A Portal To Digital Prototyping", *ACADIA 2005 Conference: Smart Architecture*, 128–140 (2005).
27. Schumacher, P., "DIGITAL - The “Digital” in Architecture and Design", *AA Files - Architectural Assosiation, London*, (76): 1–13 (2019).
28. Fox, M. A. and Yeh, B. P., "Intelligent Kinetic Systems in Architecture", *Managing Interactions in Smart Environments*, *Springer London*, London, 91–103 (2000).

29. Elmokadem, A., Ekram, M., Waseef, A., and Nashaat, B., "Kinetic Architecture: Concepts, History and Applications", *International Journal Of Science And Research (IJSR)*, 7 (4): 750–758 (2018).
30. Ramzy, N. and Fayed, H., "Kinetic systems in architecture: New approach for environmental control systems and context-sensitive buildings", *Sustainable Cities And Society*, 1 (3): 170–177 (2011).
31. Konstantoglou, M. and Tsangrassoulis, A., "Dynamic operation of daylighting and shading systems: A literature review", *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 60: 268–283 (2016).
32. Schnädelbach, H., "Adaptive Architecture: A Conceptual Framework", *MediaCity 2010: Interaction Of Architecture, Media And Social Phenomena*, 523–555 (2010).
33. Kolarevic, B., "Bina Kaplamalarında Yeni Özellik: Uyarlanabilirlik", *Mimarlıkta "Sayısal" Fırsatlar: Bilgisayar Mimarlığın Neresinde? - TMMOB Ankara*, (Dosya 35): 14–19 (2015).
34. Romano, R., Aelenei, L., Aelenei, D., and Mazzucchelli, E. S., "What is an adaptive façade? Analysis of recent terms and definitions from an international perspective", *Journal Of Facade Design And Engineering*, 6 (3): 65–76 (2018).
35. Attia, S., Bilir, S., Safy, T., Struck, C., Loonen, R., and Goia, F., "Current trends and future challenges in the performance assessment of adaptive façade systems", *Energy And Buildings*, 179: 165–182 (2018).
36. Internet: Ryan Henriksen, "Optimisation vs Adaptation : Adaptive Facades", <https://www.unstudio.com/en/page/8645/optimisation-vs-adaptation-adaptive-facades> (2019).
37. Razaz, Z. El, "Sustainable vision of kinetic architecture", *Journal Of Building Appraisal*, 5 (4): 341–356 (2010).
38. Oungrinis, K.-A., "Implementation of Kinetic Systems in Architecture : A Classification of Techniques and Mechanisms Appropriate for Discreet Building Parts", *International Conference On Adaptation And Movement In Architecture (ICAMA2013)*, 1–14 (2013).
39. Elkhayat, Y., "Interactive movement in kinetic architecture", *Journal Of Engineering Sciences*, 42 (3): 816–845 (2014).
40. Yekutieli, T. P. and Grobman, Y. J., "Controlling Kinetic Cladding Components in Building Façades: A Case for Autonomous Movement", *Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture - Proceedings Of The 19th International Conference On Computer-Aided Architectural Design Research In Asia, CAADRIA 2014*, 129–138 (2014).

41. Khoo, C. K. and Salim, F., "Responsive Materiality for Morphing Architectural Skins", *ACADIA 2013: Adaptive Architecture - Proceedings Of The 33rd Annual Conference Of The Association For Computer Aided Design In Architecture*, 243–252 (2013).
42. Velasco, R., Brakke, A. P., and Chavarro, D., "Dynamic Façades and Computation: Towards an Inclusive Categorization of High Performance Kinetic Façade Systems", *The Next City - New Technologies And The Future Of The Built Environment - 16th International Conference CAAD Futures 2015*, 527: 172–191 (2015).
43. Loonen, R. C. G. M., Favoino, F., Hensen, J. L. M., and Overend, M., "Review of current status, requirements and opportunities for building performance simulation of adaptive facades", *Journal Of Building Performance Simulation*, 10 (2): 205–223 (2017).
44. Sherbini, K. and Krawczyk, R., "Overview of Intelligent Architecture", *Ist ASCAAD International Conference-Design In Architecture*, 137–152 (2004).
45. Heidari Matin, N. and Eydgahi, A., "Technologies used in responsive facade systems: a comparative study", *Intelligent Buildings International*, 14 (1): 54–73 (2022).
46. Ochoa, C. E. and Capeluto, I. G., "Strategic decision-making for intelligent buildings: Comparative impact of passive design strategies and active features in a hot climate", *Building And Environment*, 43 (11): 1829–1839 (2008).
47. Loonen, R. C. G. M., Trčka, M., Cóstola, D., and Hensen, J. L. M., "Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges", *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 25: 483–493 (2013).
48. Böke, J., Knaack, U., and Hemmerling, M., "Superposition matrix for the assessment of performance-relevant adaptive façade functions", *Journal Of Facade Design And Engineering*, 7 (2): 1–20 (2019).
49. Colaco, S. G., Kurian, C. P., George, V. I., and Colaco, A. M., "Prospective techniques of effective daylight harvesting in commercial buildings by employing window glazing, dynamic shading devices and dimming control—a literature review", *Building Simulation*, 1 (4): 279 (2008).
50. Loonen, R. C. G. M., Rico-Martinez, J., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezo, C., La Ferla, G., and Aelenei, L., "Design for façade adaptability: Towards a unified and systematic characterization", *10th Conference On Advanced Building Skins*, (November): 1284–1294 (2015).
51. Aelenei, D., Aelenei, L., and Vieira, C. P., "Adaptive Façade: Concept, Applications, Research Questions", *Energy Procedia*, 91: 269–275 (2016).

52. de Dear, R. and Brager, G., "Developing an adaptive model for thermal comfort and preference", *ASHRAE Transactions*, 104 (Part 1): 145–167 (1998).
53. Tabadkani, A., Roetzel, A., Li, H. X., and Tsangrassoulis, A., "Design approaches and typologies of adaptive facades: A review", *Automation In Construction*, 121 (November 2020): 103450 (2021).
54. Tabadkani, A., Valinejad Shoubi, M., Soflaei, F., and Banihashemi, S., "Integrated parametric design of adaptive facades for user's visual comfort", *Automation In Construction*, 106 (August 2018): 102857 (2019).
55. Bakker, L. G., Hoes-van Oeffelen, E. C. M., Loonen, R. C. G. M., and Hensen, J. L. M., "User satisfaction and interaction with automated dynamic facades: A pilot study", *Building And Environment*, 78: 44–52 (2014).
56. Chamilothori, K., Chinazzo, G., Rodrigues, J., Dan-Glauser, E. S., Wienold, J., and Andersen, M., "Subjective and physiological responses to façade and sunlight pattern geometry in virtual reality", *Building And Environment*, 150: 144–155 (2019).
57. Inkarojrit, V., "Balancing Comfort: Occupants' Control of Window Blinds in Private Offices.", *University of California, Berkeley*, (2005).
58. Phillips, D., "Daylighting: Natural Light in Architecture", *Routledge*, London, 240 (2004).
59. Engin, A. S. and Dincer, A. E., "Morphological composition assessment of kinetic façade designs via AHP and TOPSIS methods based on façade components and design inputs", *International Journal Of Architectural Computing*, (2023).
60. Dino, I. G., "Creative Design Exploration By Parametric Generative Systems In Architecture", *METU Journal Of The Faculty Of Architecture*, 29 (1): 207–224 (2012).
61. Sorguç, A. G. and Selçuk, S. A., "Computational Models in Architecture: Understanding Multi-Dimensionality and Mapping", *Nexus Network Journal*, 15 (2): 349–362 (2013).
62. Roudavski, S., "Towards Morphogenesis in Architecture", *International Journal Of Architectural Computing*, 7 (3): 345–374 (2009).
63. McGinley, T., "A morphogenetic architecture for intelligent buildings", *Intelligent Buildings International*, 7 (1): 4–15 (2015).
64. Gönenç Sorguç, A., Hagiwara, I., and Arslan Selçuk, S., "Origamics In Architecture: A Medium Of Inquiry Or Design In Architecture", *METU Journal Of The Faculty Of Architecture*, 26 (2): 235–247 (2009).

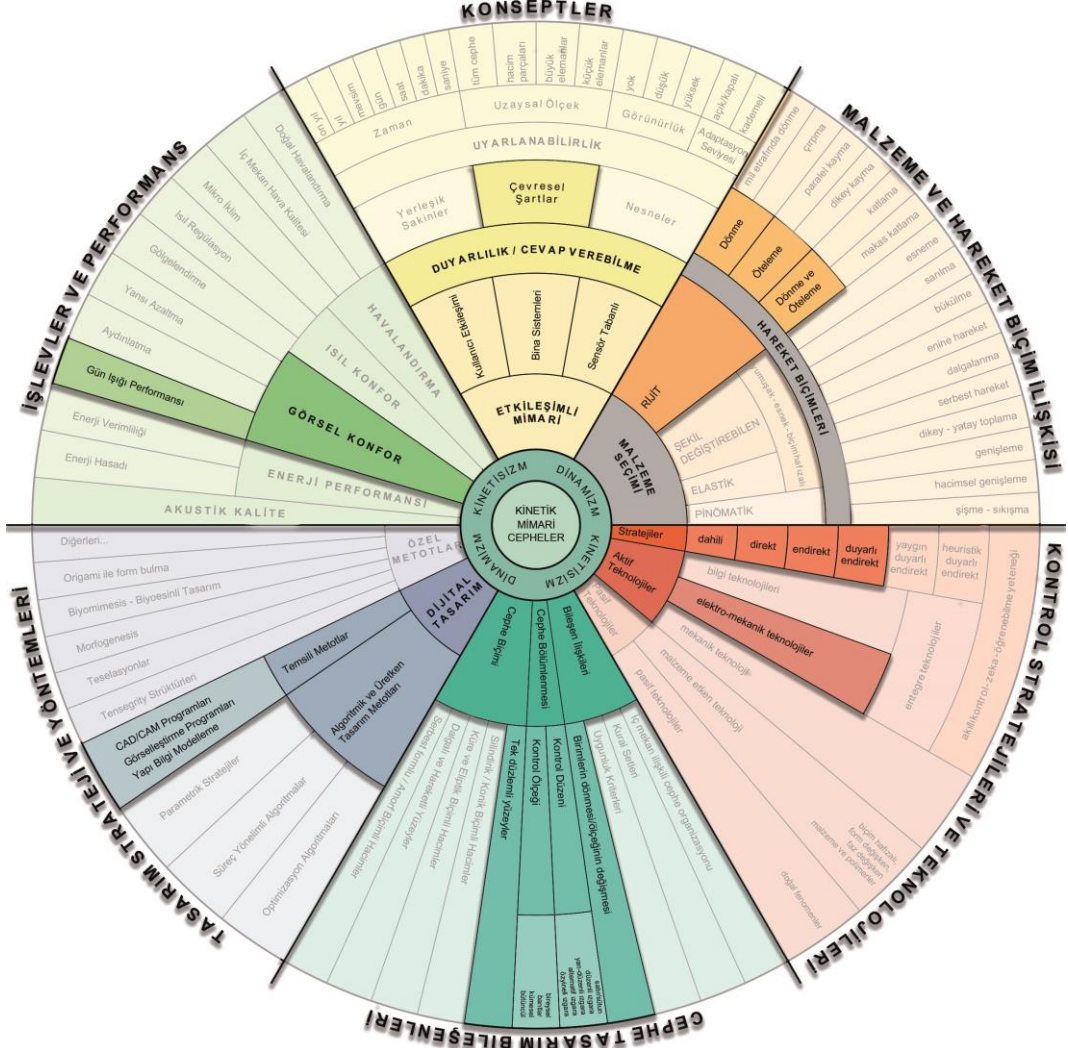
65. Abdelmohsen, S., Massoud, P., and Elshafei, A., "Using Tensegrity and Folding to Generate Soft Responsive Architectural Skins", *Complexity & Simplicity - Proceedings Of The 34th ECAADe Conference*, 1: 529–536 (2016).
66. Snelson, K. D., "A Continuous Tension, Discontinuous Compression Structures", USA, 1–9 (1965).
67. Gazi, A. and Korkmaz, K., "A Method for Expandable Regular Tessellation", *Proceedings Of Bridges 2011: Mathematics, Music, Art, Architecture, Culture*, (January 2011): 423–426 (2011).
68. Gazi, A. and Korkmaz, K., "8.8.4 Tesselasyon Kullanarak Genisleyebilen Strüktür Tasarımı", *Uluslararası Katılımlı 17. Makina Teorisi Sempozyumu*, 441–447 (2015).
69. Grisaleña, J. A., "Digital Design Strategies: Ways to Think, Conceive and Implement The Digital in Architectural Design", *University of Alcalá*, (2017).
70. Caetano, I., Santos, L., and Leitão, A., "Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design", *Frontiers Of Architectural Research*, 9 (2): 287–300 (2020).
71. Oxman, R., "Theory and design in the first digital age", *Design Studies*, 27 (3): 229–265 (2006).
72. Singh, V. and Gu, N., "Towards an integrated generative design framework", *Design Studies*, 33 (2): 185–207 (2012).
73. Güzelci, O. Z., "Bütünleşik Üretken Tasarım Sistemi ile MVRDV Silodam Projesi için Cephe Bütünleşik Üretken Tasarım Sistemi ile MVRDV Silodam Projesi için Cephe Üretken Sistem Önerisi", *VII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu*, 55–64 (2013).
74. Internet: Ceron, R., "AI, Machine Learning and Deep Learning: What's the Difference?", <https://www.ibm.com/blogs/systems/ai-machine-learning-and-deep-learning-whats-the-difference/> (2019).
75. Internet: Gill, J. K., "Log Analytics With Deep Learning And Machine Learning", <https://www.xenonstack.com/blog/data-science/log-analytics-with-deep-learning-and-machine-learning> (2018).
76. Sher, E., Chronis, A., and Glynn, R., "Adaptive behavior of structural systems in unpredictable changing environments by using self-learning algorithms: A case study", *Simulation*, 90 (8): 991–1006 (2014).
77. Cudzik, J. and Radziszewski, K., "Artificial Intelligence Aided Architectural Design", *ECAADe 36 - AI For Design And Built Environment*, 1: 77–84 (2018).

78. Böke, J., Knaack, U., and Hemmerling, M., "State-of-the-art of intelligent building envelopes in the context of intelligent technical systems", *Intelligent Buildings International*, 11 (1): 27–45 (2019).
79. Kontovourkis, O., Phocas, M. C., and Lamprou, I., "Adaptive kinetic structural behavior through machine learning: Optimizing the process of kinematic transformation using artificial neural networks", *Artificial Intelligence For Engineering Design, Analysis And Manufacturing*, 29 (4): 371–391 (2015).
80. Caetano, I., Santos, L., and Leitão, A., "From Idea to Shape, from Algorithm to Design: A Framework for the Generation of Contemporary Facades", *The Next City - New Technologies And The Future Of The Built Environment - 16th International Conference CAAD Futures 2015*, 527–546 (2015).
81. Caetano, I. and Leitao, A., "DrAFT: an Algorithmic Framework for Facade Design", *ECAADe 34*, 465–474 (2016).
82. Caetano, I. and Leitão, A. M., "Algorithmic Patterns for Facade Design: Merging Design Exploration, Optimization and Rationalization", *Facade Tectonics - 2018 World Congress*, 1–9 (2018).
83. Nagy, Z., Svetozarevic, B., Jayathissa, P., Begle, M., Hofer, J., Lydon, G., Willmann, A., and Schlueter, A., "The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes", *Frontiers Of Architectural Research*, 5 (2): 143–156 (2016).
84. Rossi, D., Nagy, Z., and Schlueter, A., "Adaptive Distributed Robotics for Environmental Performance, Occupant Comfort and Architectural Expression", *International Journal Of Architectural Computing*, 10 (3): 341–359 (2012).
85. Wang, C., Li, F., Zhang, J., Guo, J., and Li, S., "Tectonic Methodology on the Façade Composition Pattern of Prefabricated Building Enclosure Wallboards", *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 510 (5): 1–7 (2020).
86. Caetano, I. and Leitão, A., "Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio", *Journal Of Computational Design And Engineering*, 6 (3): 327–336 (2019).
87. Lee, M. and Lee, J.-H., "Form, Style and Function - A Constraint-Based Generative System for Apartment Façade Design", *ECAADe 24*, 874–883 (2006).
88. Popper, F., "Origins and Development of Kinetic Art", *New York Graphic Society*, Greenwich, Connecticut, (1968).
89. Lee, J. D., "Adaptable, kinetic, responsive, and transformable architecture: an alternative approach to sustainable design", *The University of Texas at Austin*, (2012).

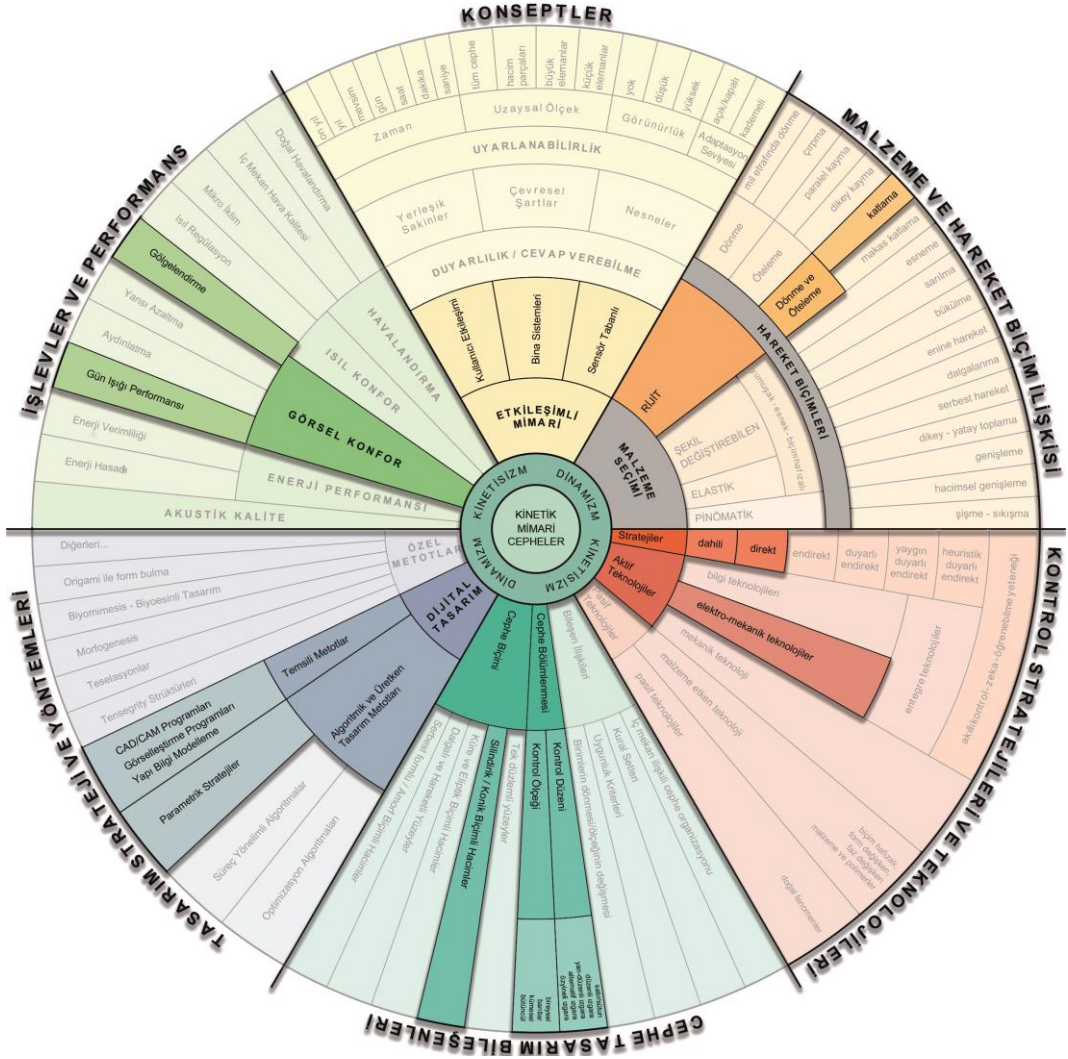
90. Heidari Matin, N. and Eydgahi, A., "Factors affecting the design and development of responsive facades: a historical evolution", *Intelligent Buildings International*, 12 (4): 257–270 (2019).
91. Böke, J., Knaack, U., and Hemmerling, M., "Automated adaptive façade functions in practice - Case studies on office buildings", *Automation In Construction*, 113: 1–19 (2020).
92. Østergård, T., Jensen, R. L., and Maagaard, S. E., "Building simulations supporting decision making in early design – A review", *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 61: 187–201 (2016).
93. Ribeiro, R. A., Moreira, A. M., van den Broek, P., and Pimentel, A., "Hybrid assessment method for software engineering decisions", *Decision Support Systems*, 51 (1): 208–219 (2011).
94. Mishra, P. S. and Muhuri, S., "Grading of architectural heritage using AHP and TOPSIS methods: a case of Odishan Temple, India", *Journal Of Cultural Heritage Management And Sustainable Development*, 12 (4): 444–477 (2022).
95. Qin, H., Chen, F., Lin, P., and Li, S. T., "Architectural design proposals selection based on fuzzy analytic hierarchy process", *2009 IEEE International Conference On Industrial Engineering And Engineering Management*, (3): 2266–2270 (2009).
96. De Paris, S., Lacerda Lopes, C. N., and Neuenfeldt Junior, A., "The use of an analytic hierarchy process to evaluate the flexibility and adaptability in architecture", *Archnet-IJAR: International Journal Of Architectural Research*, 16 (1): 26–45 (2022).
97. Elshafei, G., Katunský, D., Zeleňáková, M., and Negm, A., "Opportunities for Using Analytical Hierarchy Process in Green Building Optimization", *Energies*, 15 (12): 1–24 (2022).
98. Bostancioglu, E. and Onder, N. P., "Applying analytic hierarchy process to the evaluation of double skin façades", *Architectural Engineering And Design Management*, 15 (1): 66–82 (2019).
99. Velasquez, M. and Hester, P., "An analysis of multi-criteria decision making methods", *International Journal Of Operations Research*, 10 (2): 56–66 (2013).
100. Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process", *McGraw-Hill*, New York, (1980).

EK AÇIKLAMALAR A.

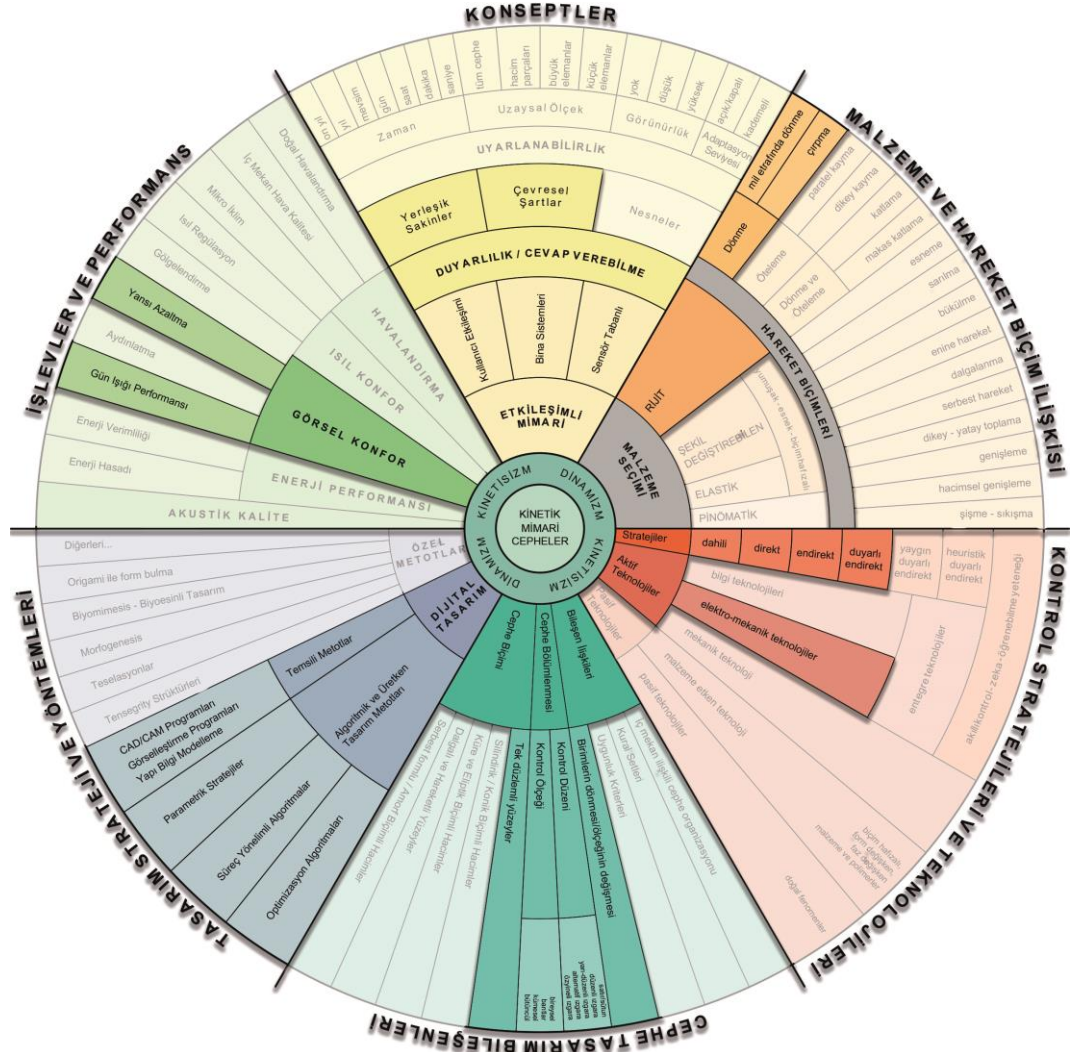
**KİNETİK CEPHE ÖRNEKLERİNİN TASARIM UNSURLARI ÇERÇEVESİ
DAİRESEL DİYAGRAMI ÜZERİNDE GÖSTERİMLERİ**



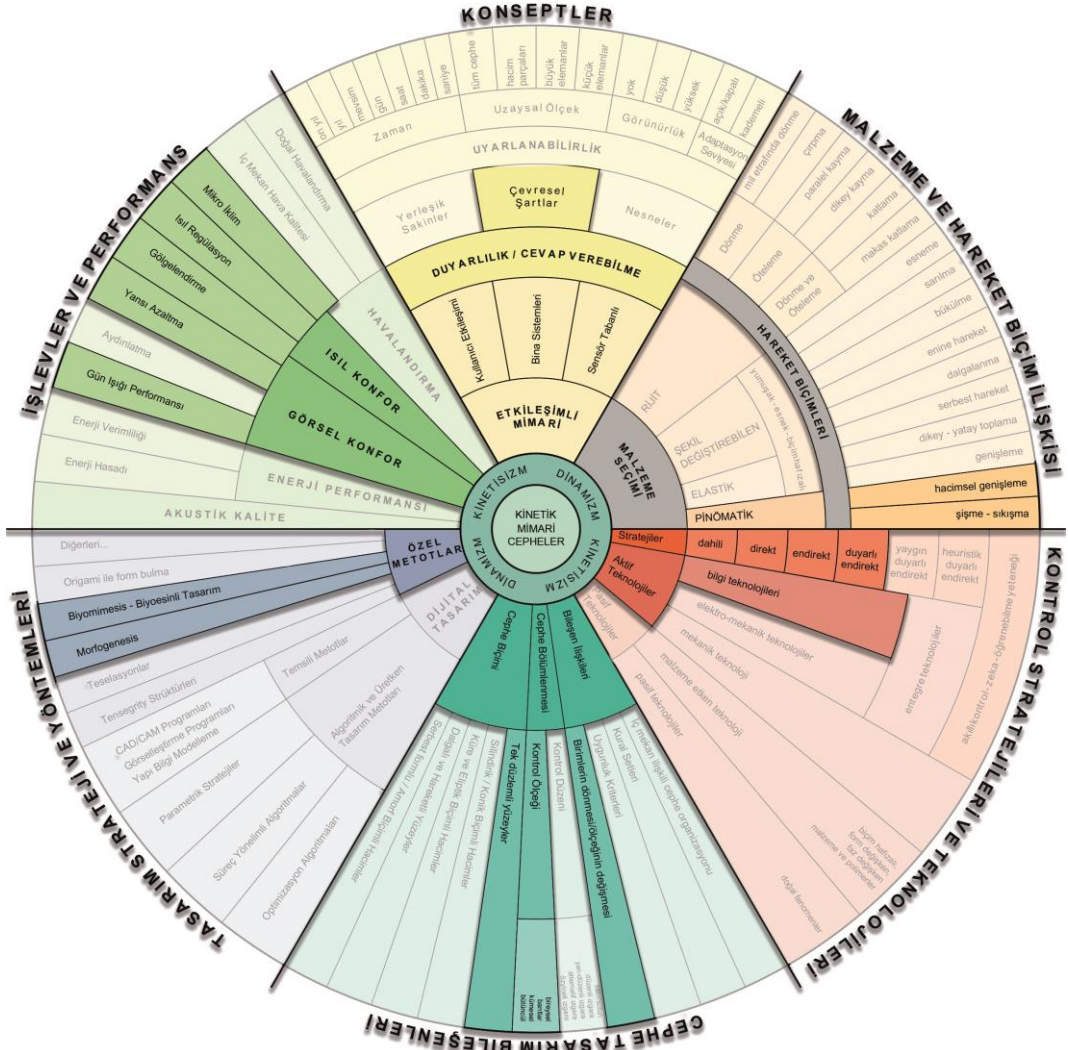
Şekil Ek A.1. Arap Dünyası Enstitüsü Diyagramı



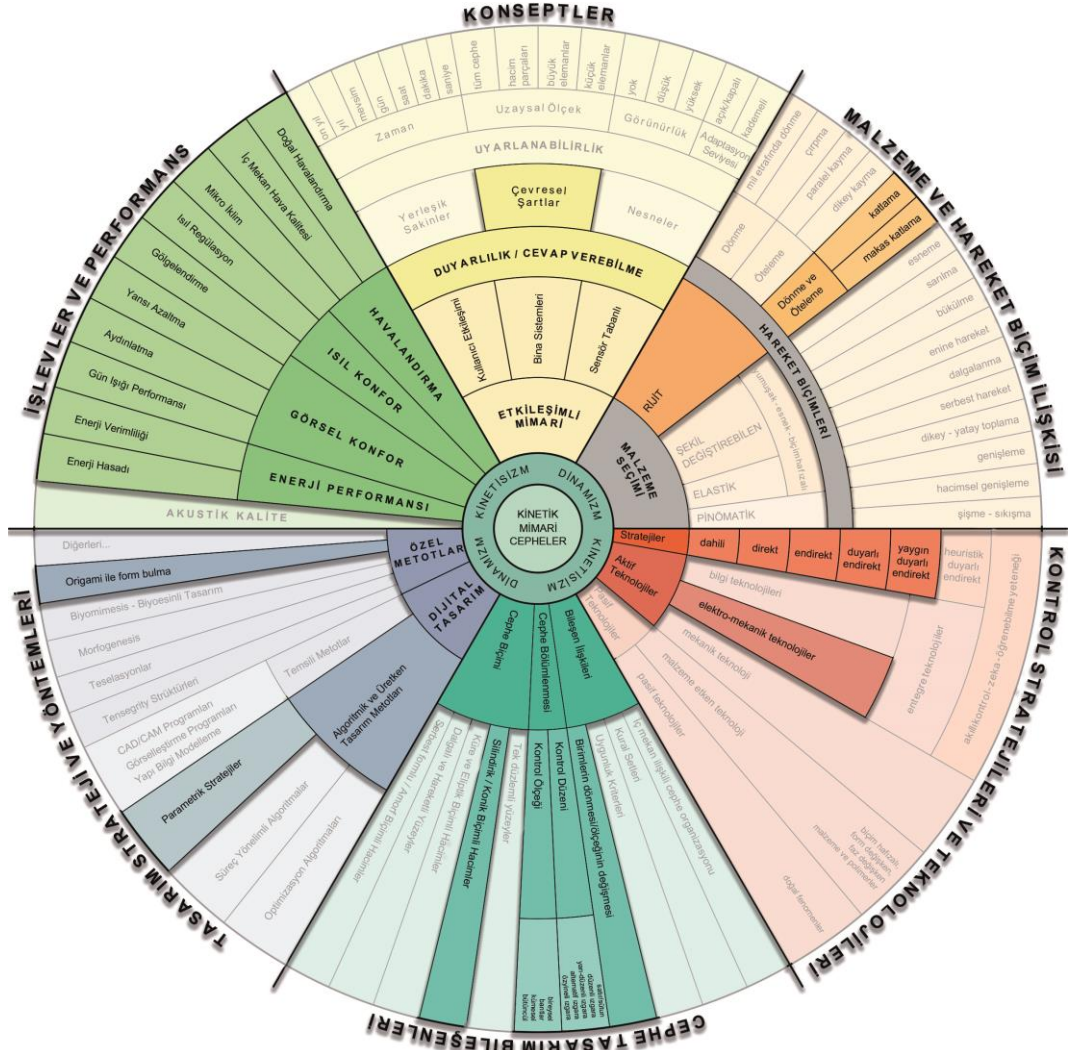
Şekil Ek A.2. Kiefer Teknik Galerisi Diyagramı.



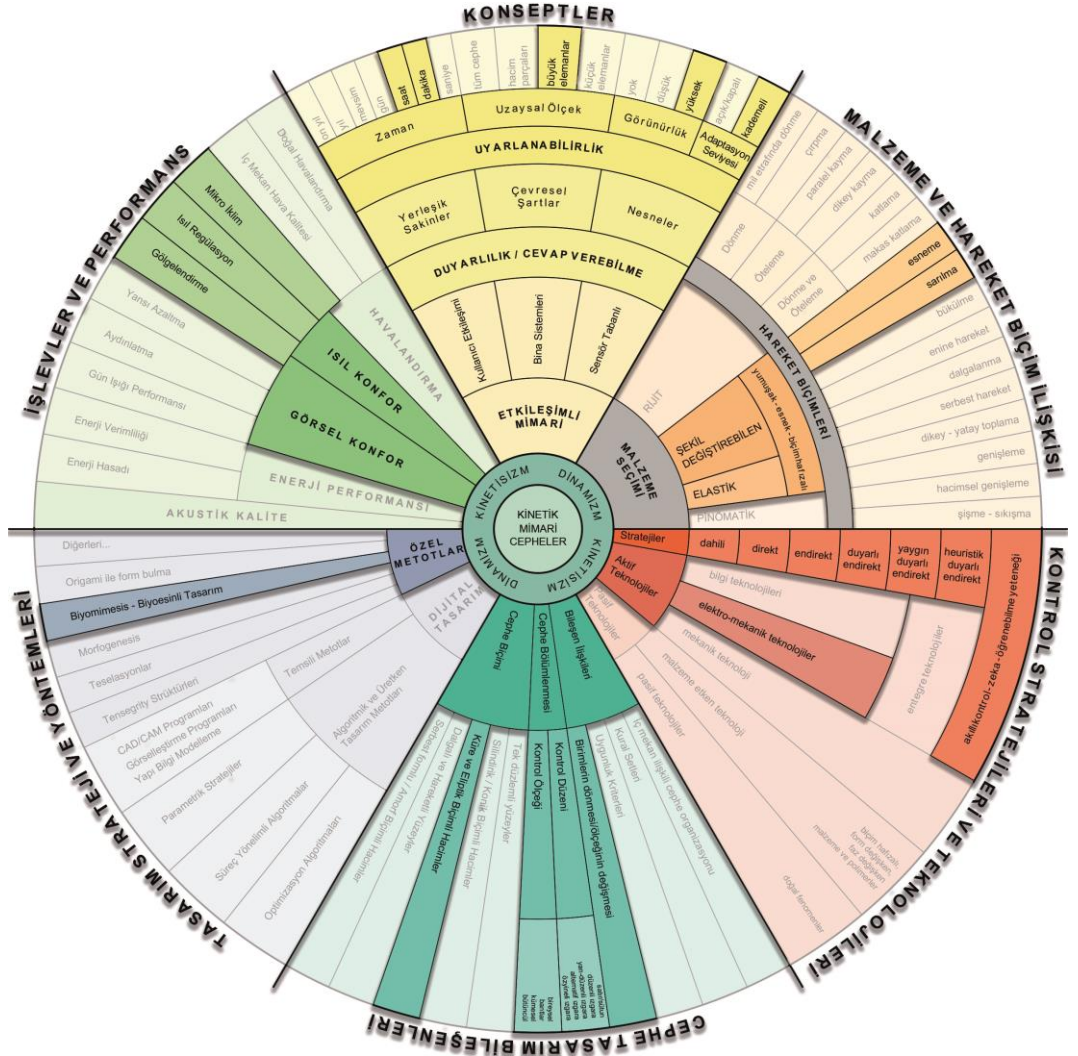
Şekil Ek A.3. Thyssen Krupp HQ Diyagramı



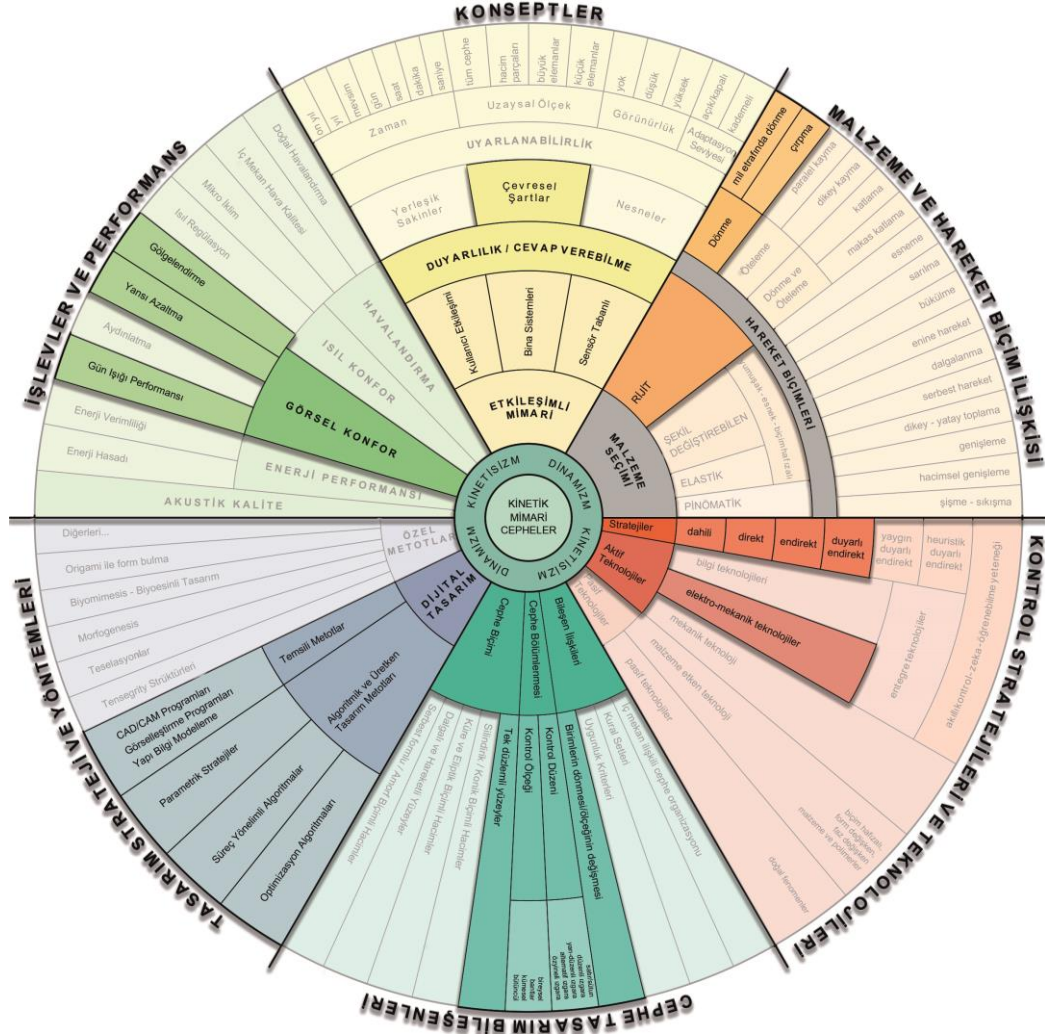
Şekil Ek A.4. Media-TIC Binası Diyagramı



Şekil Ek A.5. Al-Bahr Kuleleri Diyagramı



Şekil Ek A.6. Körfez Bahçeleri Diyagramı



Şekil Ek A.8. SDU Kampüs Binası Diyagramı

EK AÇIKLAMALAR B.

**KİNETİK CEPHE BİLEŞENLERİ İLE TASARIM GİRDİLERİ
ARASINDAKİ BAĞLAMSAL İLİŞKİLER
BİÇİMSEL VE SİSTEMSEL KARŞILAŞTIRMALAR**

Çizelge Ek B.1. Paris Arap Dünyası Enstitüsü Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

PARIS ARAP DÜNYASI ENSTİTÜSÜ	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
	MT	Dz	CB	KT	Kon	KM		
	MH	Rot / R	NA	NA	KSt	Dahili / Ema	İlişkili	NA
	Ko	NA	Hol / RG	Tümü Uygulanabilir	ÇF	Sensörler	Güneş / Duyarlı	Güneş / Vc, Tc
Cbi	NA / Tek Malzeme	İlişkili	NA / Ss	A/I	Aktüatörler	Duyarlı	Vc, Tc	

Çizelge Ek B.2. Kiefer Teknik Galerisi Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

KIEFER TEKNİK GALERİSİ	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
	MT	Dz	CB	KT	Kon	KM		
	MH	fo / R	İlişkili	Cv seçenekleri sınırlar	KSt	i, d / Ema	İlişkili	Manuel Kullanım
	Ko	NA	Şerit / RC	Şerit ya da Indv	ÇF	Sensörler	Güneş / İnteraktif	Kullanıcı Etkileşir
Cbi	NA / Tek Malzeme	NA	İlişkili / Cv	A/I	Aktüatörler	Kullanıcı Etkileşimi	Vc, Tc	

Çizelge Ek B.3. Thyssenkrupp Yönetim Binası Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

THYSSENKRUPP YÖNETİM BİNASI	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
	MT	Dz	CB	KT	Kon	KM		
	MH	Cn + f / R	NA	NA	KSt	i, d / Ema	İlişkili	Manuel Kullanım
	Ko	NA	Hol / RG	Tam Uygun	ÇF	Sensörler	Güneş / İnteraktif	Kullanıcı Etkileşimi
Cbi	NA / Tek Malzeme	NA	NA / Ss	A/I	Aktüatörler	Kullanıcı Etkileşimi	Vc, Tc	

Çizelge Ek B.4. Media-TIC Binası Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

MEDIA - TIC BİNASI	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
	MT	Dz	CB	KT	Kon	KM		
	MH	inf-d / E, P	NA	NA	KSt	rid / Ema	Biyo-Esinli	NA
	Ko	NA	Hol / AG	Tam Uygun	ÇF	Sensör Ağı	Güneş, İklim / Duyarlı	NA
Cbi	NA / Tek Malzeme	NA	NA / Ss	A/I	Pnömatik Tahrik	Duyarlı / Uyarlanabilir	Tc, Vent, EnE	

Çizelge Ek B.5. Körfez Bahçeleri Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

KÖRFEZ BAHÇELERİ (Gardens by the Bay)	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
		MT	Dz	CB		KT	Kon	KM
	MH	str, ro / SF	Çeşitli	Amorf yüzey ilişkili hareket	KSt	ISL / Ema	Biyo-Esinli	NA
	Ko	Alternatif Kontrol Ölçeği Seçenekleri	AA / RG	Tam Uygun	ÇF	Dahili Sensörler	Güneş, İklim/ Uyarlanabilir	Vc, Tc, Vent
Cbi	NA / Tek Malzeme	Çeşitli	Çeşitli / Ff	A/İ	Elektro-mekanik Tahrik	Uyarlanabilir	Tc, Vc, Vent, EnE	

Çizelge Ek B.6. Al-Bahr Kuleleri Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

AL - BAHR KULELERİ	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
		MT	Dz	CB		KT	Kon	KM
	MH	fo / R	NA	NA	KSt	i, rid / INTa	Güneşi takip eden hareket	NA
	Ko	NA	AA / RG	Tümü Uygulanabilir	ÇF	Çoklu Sensörler	Güneş, İklim / Duyarlı	Vc
Cbi	NA / Tek Malzeme	NA	Güneş İzleme & Cephe Yüzeyi İlişkisi / Cv	A/İ	Hidrolik Tahrik	Duyarlı	Tc, Vc, Vent, EnE	

Çizelge Ek B.7. One Ocean Pavyonu Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

ONE OCEAN PAVYONU	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
		MT	Dz	CB		KT	Kon	KM
	MH	b / E	Yatay Hareket	NA	KSt	ISL / Ema	Biyo-esinli	NA
	Ko	NA	RC / Şerit	Şerit	ÇF	Dahili Sensörler	Güneş, İklim/ Uyarlanabilir	Vc, Tc, Vent
Cbi	NA / Tek Malzeme	NA	NA / Ss	A/İ	Elektro-mekanik Tahrik	Uyarlanabilir	Tc, Vc, Vent, EnE	

Çizelge Ek B.8. SDU Kampüs Binası Bileşenlerinin İkili Karşılaştırmaları

SDU KAMPÜS BİNASI	Biçimsel Unsurlar			Sistemsel Unsurlar				
		MT	Dz	CB		KT	Kon	KM
	MH	Cn, f / R	NA	NA	KSt	i, d / Ema	NA	
	Ko	NA	AA / RG	Tüm ölçek seçenekleri mümkün	ÇF	Işık ve Isı Sensörleri	Güneş / İnteraktif	Kullanıcı Görsel Konforu
Cbi	NA / Tek Malzeme	NA	NA / Ss	A/İ	Elektro-mekanik Tahrik	İnteraktif	Tc, Vc, Vent,	

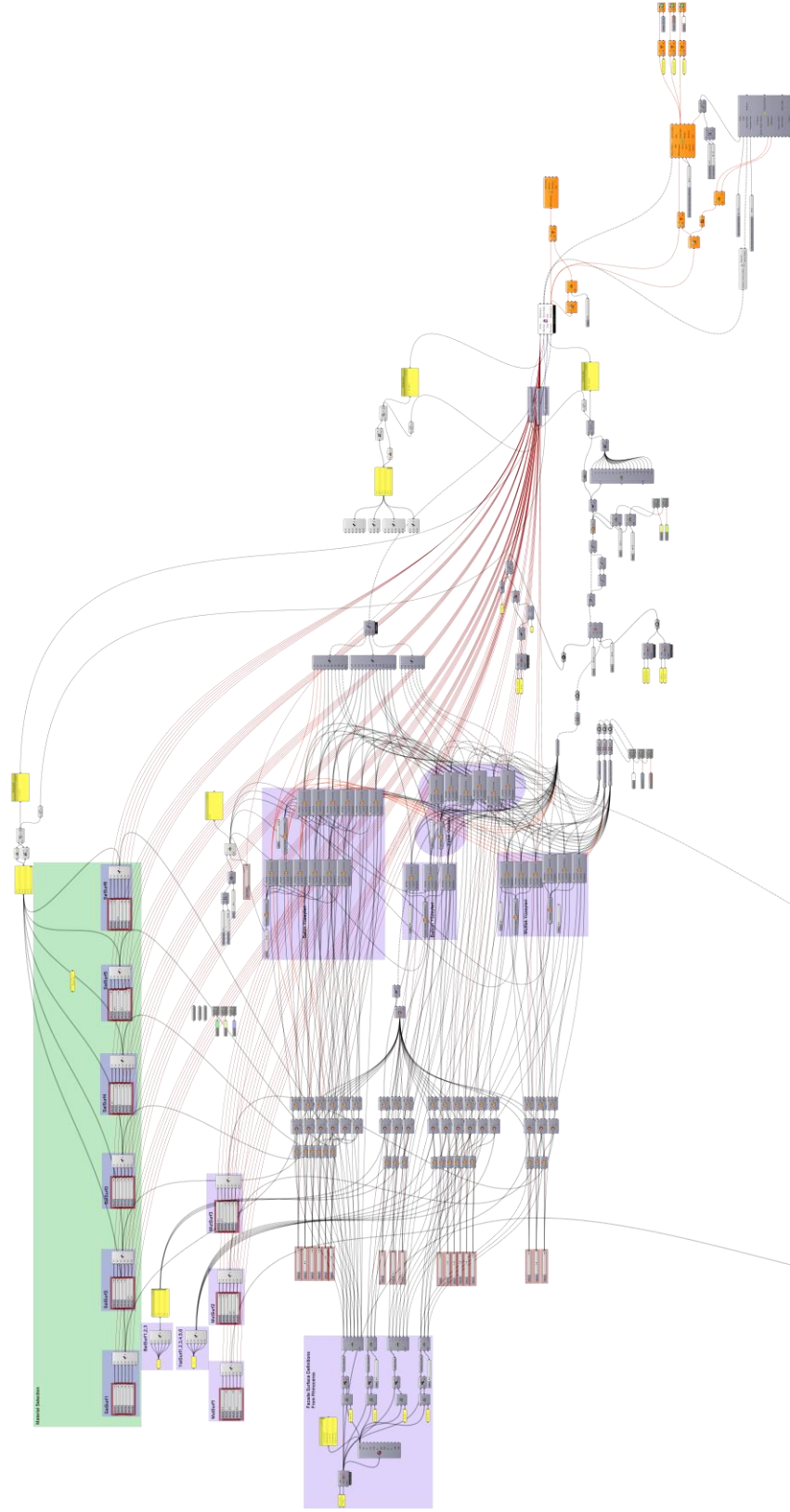
Çizelge Ek B.9. Biçim ve Sistem Unsurları Karşılaştırmaları için Bileşenlerle İlgili Kullanılan Kısaltmalar

Biçimsel Unsurlar	Malzeme Tipi (MT)	<i>Rijit (Rigid:R), Şekil Değiştirebilir (Deformable:D), Elastik (Elastic:E), Pnömatik (Pneumatic:P), Yumuşak ya da Esnek (Soft or Flexible:SF), Biçim Hafızalı (Shape Memory:SM)</i>
	Malzeme Hareketi (MH)	<i>Eksende Dönme (Cn), Dönem/Çırpma (flap:f), Paralel Kayma (slide parallel:sp), Düşey Kayma (slide vertically:sv), Katlama (fold:fo), Makas-Katlama (scissor-fold:sc), Esneme (stretch:str), Sarılma (roll:ro), Bükülmek (bend:b), Kesme (shear:sh), Çırpma (flutter:fl), Serbest (free:fr), Toplanma (gather:g), Genişleme (expand:exp), Hacimsel Genişleme (volume expanding:vexp), Şişme-İnme (inflate-deflate (inf-d)</i>
	Cephe Dağılımı "Düzen" (Dz)	<i>Satırlar/Sütunlar (Rows/Columns:RC), Düzenli Izgaralar (Regular Grids:RG), Yarı Düzenli Izgaralar (Semi-Regular Grids:S-RG), Alternatifli Izgaralar (Alternated Grids:AG), Yinelemeli Izgaralar (Recursive Grids:RcG)</i>
	Cephe Dağılımı "Kontrol Ölçeği" (Ko)	<i>Bireysel (Individual:Indv), Şeritler (Bands: Band), Küme (Cluster:Clst), Bütüncül (Holistic:Hol)</i>
	Cephe Biçimi (CB)	<i>Düz Yüzeyler (Straight surfaces:Ss), Silindirik/Konik Hacimler (Cylindrical/Conic volumes:Cv), Küre/Eliptik Hacimler (Spherical/Elliptic volumes:Sw), Kıvrımlı/Dalgalı Yüzeyler (Undulate/Wavy surfaces:Us), Amorf/Serbest Form (Amorphous/Freeform:Ff)</i>
	Cephe Bileşen İlişkileri (Cbi)	<i>Mimari Program, Kural Setleri, Uygunluk Değerleri, Benzerlikler vb.</i>
Sistem Unsurları	Kontrol Stratejileri (KSt)	<i>Dahili (Internal:I), Direkt (direct:d), Endirekt (indirect:id), Duyarlı Endirekt (responsive indirect:rid), Yaygın Duyarlı Endirekt (ubiquitous responsive indirect:urid), Deneyimsel Duyarlı Endirekt (heuristic responsive indirect:hrid), Zeki-Akıllı-Öğrenme Yetili (Intelligent-Smart-Learning Ability:ISL)</i>
	Kontrol Teknolojileri (KT)	<i>Malzeme-Bazlı Pasif (Material-Based passive:MBp), Pasif (Passive:Pp), Mekanik-Aktif (Mechanic-active:Ma), Elektro-Mekanik Aktif (Electro+mechanic-active:Em), Bilgi-Aktif (Information-active:INFa), Bütünleşik-aktif (Integrated-active:INTa)</i>
	Çevresel Faktörler (Duyarlılık) (ÇF)	<i>Güneş, Rüzgâr, Yağış, Yayalar, Trafik, Gürültü vb.</i>
	Amaç / İşlev (A/İ)	<i>Isıl Konfor (Thermal comfort:Tc), Görsel Konfor (Visual comfort:Vc), Akustik (Acoustic:Ac), Havalandırma (Ventilation:Vent), Enerji Verimliliği (Energy Efficiency:EnE), Enerji Hasadı (Energy Harvesting:EnH), vb.</i>
	Konsept (Kon)	<i>Kinetik, Uyarlanabilir, Duyarlı, İnteraktif, Zeki - Akıllı</i>
	Kullanıcı Memnuniyeti (KM)	

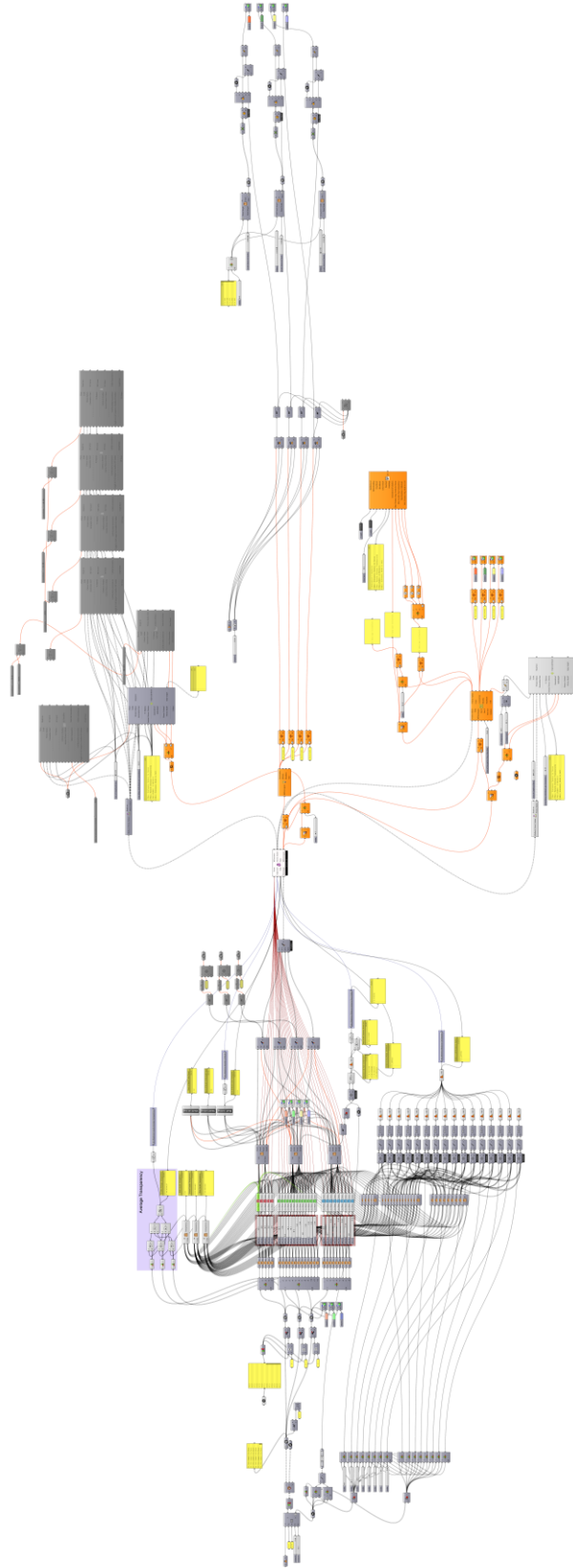
*Uygulanamaz (Not Applicable:NA)
Tümü Uygulanabilir (All Applicable:AA)*

EK AÇIKLAMALAR C

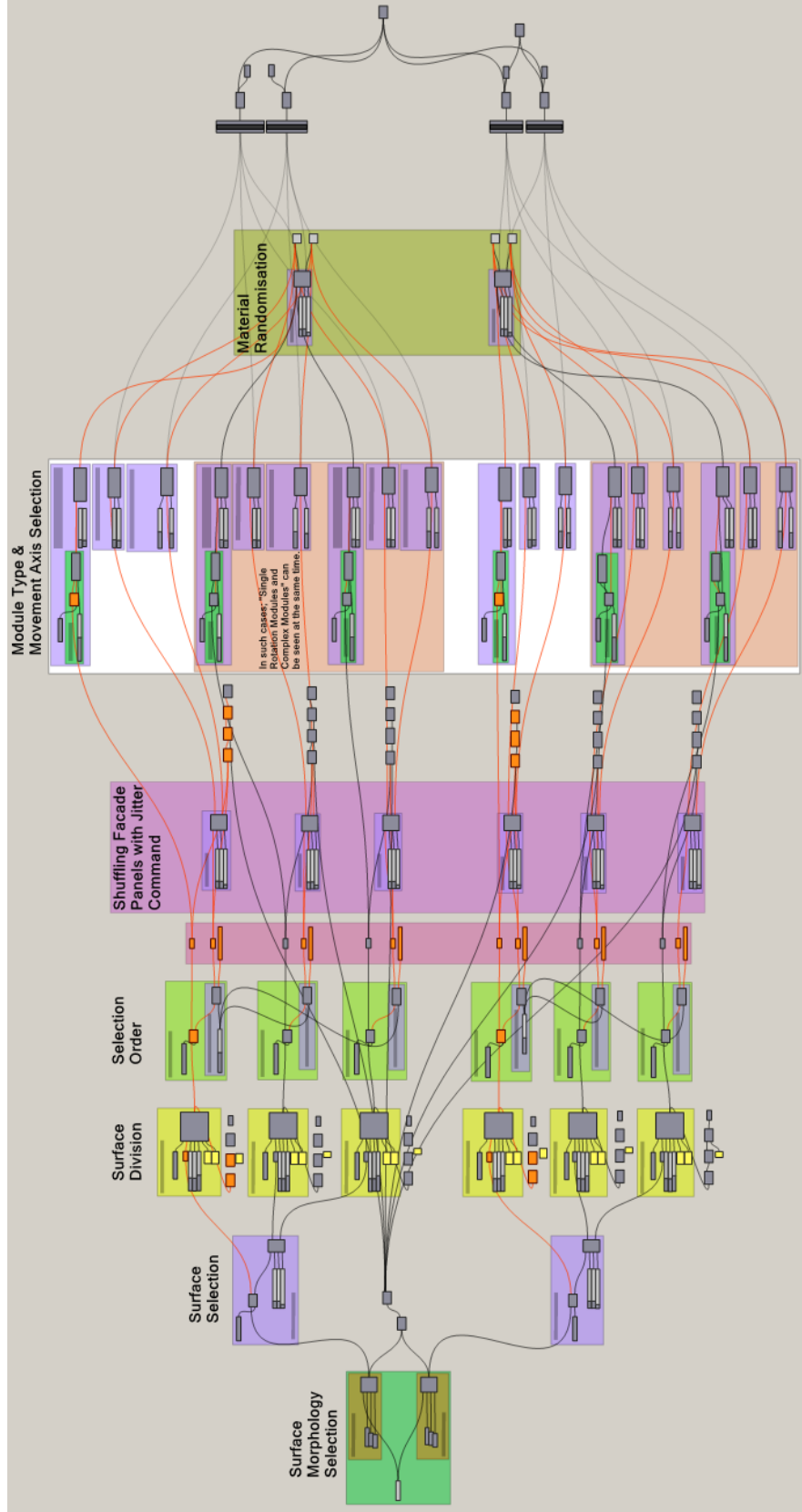
ÖRNEK UYGULAMALAR İÇİN GRASSHOPPER EKLENTİSİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN GÖRSEL PROGRAMLAMALAR



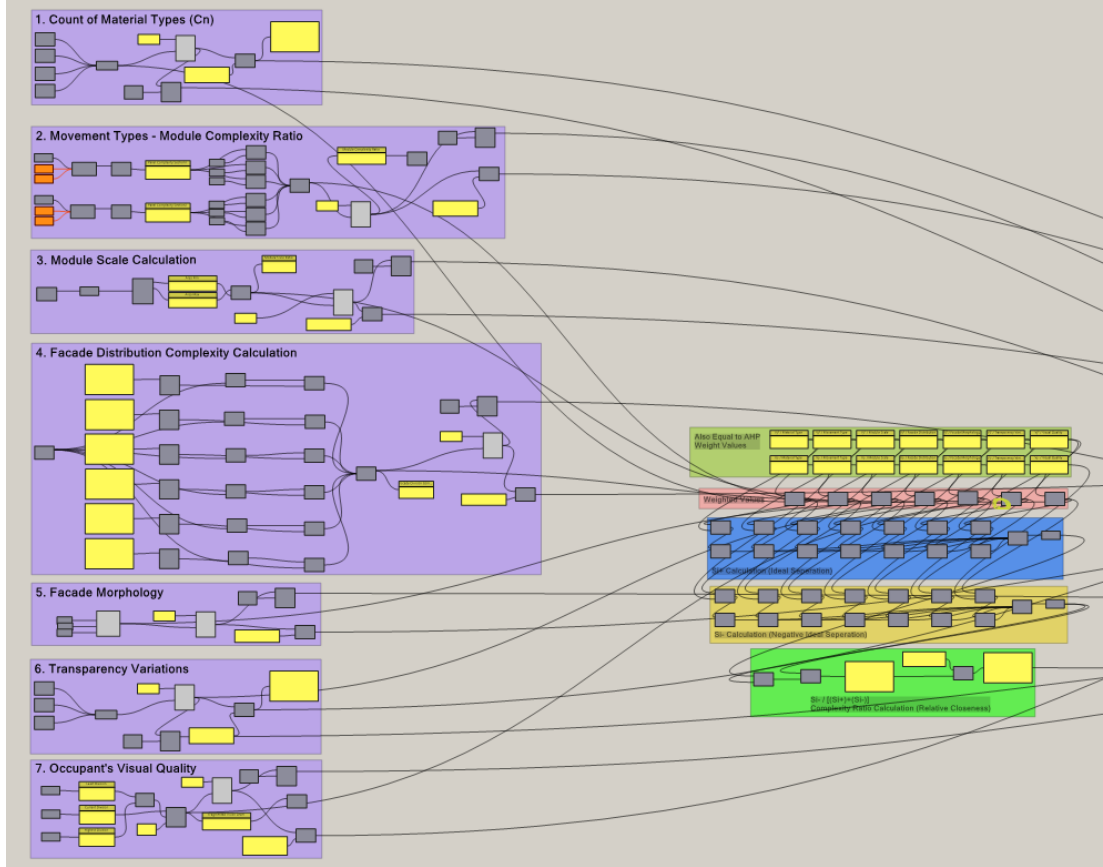
Şekil Ek C.1. Örnek Uygulama – 1 Görsel Programlama



Şekil Ek C.2. Örnek Uygulama – 2 Görsel Programlama



Şekil Ek C.3. Örnek Uygulama – 3 Görsel Programlama



Şekil Ek C.4. Örnek Uygulama – 3 AHP Hesaplamalar Görsel Programlama

ÖZGEÇMİŞ

Abdul Samet ENGİN ilk ve orta öğrenimini İstanbul’ da tamamlamıştır. Lise öğrenimini Bahçelievler Dede Korkut Anadolu Lisesinde görmüştür. Lisans eğitimini 2007-2011 yılları arasında İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü’nde tamamlamıştır. 2011 yılında Millî Eğitim Bakanlığı’nın açmış olduğu “Yurt dışında lisansüstü öğrenim görmek üzere gönderilecek öğrencileri seçme ve yerleştirme (YLSY)” burs programına katılmaya hak kazanmış, bu kapsamda 2013 yılında State University of New York (SUNY) – University at Buffalo, Graduate School’ da başladığı yüksek lisans eğitimini 2015 yılında Master of Architecture derecesi ile tamamlamıştır. 2015 yılında YLSY bursu mecburi hizmeti kapsamında Karabük Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2019 yılı itibariyle geçtiği Kırklareli Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir.