

Kinetik mimari cephelerin sınıflandırılması özelinde bir değerlendirme yaklaşımı

An evaluation approach specific to classification of kinetic architectural facades

Arş. Gör. Abdul Samet Engin^{1*}, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emre Dinçer²

¹Kırklareli University, Faculty of Architecture, Department of Architecture
abdulsametengin@klu.edu.tr

²Karabük University, Faculty of Architecture, Department of Architecture
aedincer@karabuk.edu.tr

*Corresponding Author

**This study was presented as a paper at the Research 2020 International Symposium of Architectural Research on 18-21 November 2020.

Received: 10.11.2020

Accepted: 14.03.2021

Özet

Bu çalışmada günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanan kinetik cephe sistemlerinde tasarım süreçleri öncesi ve sonrasında karar verme aşamalarına yardımcı bir değerlendirme yaklaşımı önerilmektedir. Bu bağlamda öncelikle kinetik mimari kavramı, bileşenleri ve tarihsel gelişim süreci kısaca özetlenmektedir. Literatür çalışmaları neticesinde; geçmişten günümüze kadar yapılmış olan sınıflama örnekleri incelenerek (kinetik mimari sınıflandırmaların) olumlu ve olumsuz özellikler, ortak ve farklı yönler bakımından değerlendirilmiştir. Yaklaşım önerisinde, derlenen bu çeşitli sınıflandırmalar; “konseptler”, “hareket ve malzeme”, “işlevler”, “kontrol stratejileri ve teknolojileri” ile “tasarım stratejileri ve metotları” olmak üzere beş ana başlık altında toplanmış ve bunların alt başlıkları oluşturulmuştur. Kullanışlı bir değerlendirme aracı ortaya koyabilmek adına, gün ışığı biçimli bir sınıflama diyagramı geliştirilmiştir. Bu diyagram, potansiyelini belirlemek amacıyla dünya genelinde yaygın olarak bilinen, karakteristik kinetik cephe özelliklerine sahip sekiz bina örneğinde uygulanmıştır. Örnekler üzerinden elde edilen veriler tablo üzerinde irdelenmiştir. Belirlenen başlıklar çerçevesinde, bu diyagram, örneklerin kinetik cephe sistem özelliklerinin okunabilirliğini artırmış, yönlendirici olmuş ve bu alandaki eğilimlerin tespitini kolaylaştırmıştır. Uygulamalarda işlevler farklılaşmakla birlikte yaygın olarak görsel ve ısı konforun dikkate alındığı; kontrol stratejilerinde akıllı ve öğrenilebilir sistemlere dair eğilimlerin başladığı, uyarlanan konseptlerin en az bir etmenle etkileşim içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, hareket ve tasarım ile ilgili konuların uygulamalarda kendine özel nitelikler sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen diğer tespitler sonuç bölümünde belirtilerek önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kinetik Cephe Tasarımı, Kinetik Mimari Sınıflandırma, Uyarlanabilirlik, Dijital Tasarım, Akıllı Kinetik Sistemler.

Abstract

In this study, an evaluation approach that helps the decision-making stages before and after the design processes of kinetic façade systems, which are widely used today, is proposed. In this context, the concept of kinetic architecture, its components, and the historical development process are briefly summarized. As a result of the literature studies, the classification examples made from the past to the present are examined and evaluated in terms of positive and negative features, common and different aspects (of kinetic architecture classifications). In the approach proposal, these various classifications, which have been compiled, are grouped under five main headings: “concepts”, “movement & material”, “functions”, “control strategies & technologies” and “design strategies & methods” and their subtitles have been created. In order to present a useful evaluation tool, a sunray-shaped-classification diagram has been developed. This diagram has applied to eight worldwide known building examples that have characteristic kinetic façade features to determine its potential. The data obtained from the examples were examined in the table. Within the framework of the specified headings, this diagram has increased the readability of the kinetic façade system features of the examples, became directive, and facilitated the determination of trends in this area. Although the functions differ in the applications, it is determined that visual and thermal comfort are widely considered; the tendencies towards intelligent and learnable systems in control strategies are started, and the adapted concepts interact with at least one parameter. Besides, it has been observed that subjects related to movement and design have special

Citation:

Engin, A. S., Dinçer, A. E. (2021). Kinetik mimari cephelerin sınıflandırılması özelinde bir değerlendirme yaklaşımı. *IDA: International Design and Art Journal*, 3(1), 70-85.

features in each different application. Other findings obtained in the study were stated in the conclusion section and some recommendations were presented.

Keywords: Kinetic Facade Design, Kinetic Architectural Classifications, Adaptability, Digital Design, Intelligent Kinetic System.

GİRİŞ

20. yüzyılın ilk çeyreğinden itibaren kinetik mimari ve kinetik cepheler üzerine yeni teoriler, fikirler ve tasarımlar ortaya çıkmaya başlamış; gelişen teknolojinin sunduğu imkânlar ile günümüze kadar olan süreçte birçok örnek ve özel uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Zaman içerisinde, teknolojik imkânların artması, kinetik mimariye olan farklı yaklaşımlar ile akımların ve konseptlerin değişmesi, dijital çağın getirileri ve malzeme biliminin gelişmesi neticesinde uygulamalar yaygınlaşmaya ve çeşitlenmeye başlamıştır. Kinetik mimari ve cephelere yönelik bu ilk çalışmalar başlangıçta, mevcut genel veya anlık sorunlara çözüm üretmek ya da teknolojinin sınırlarını keşfetmek üzere uygulanmış ancak bilimsel, sistematik sınıflandırma ve kapsam çalışmaları geri planda kalmıştır. Konu ile ilgili ilk sistematik çerçeve 1970 yılında William Zuk ve Roger H. Clark tarafından “Kinetik Mimari” isimli kitap ile ortaya çıkmıştır. Günümüzde de araştırmacılar kinetik mimari ve cepheler için kendi çalışma alanları özelinde farklı değerlendirme kriterlerine sahip çok çeşitli sınıflandırmalar sunmaya devam etmektedir. Çok çeşitli ve farklı alanları içeren sınıflandırmaların varlığı uygulamaların değerlendirilmesi ve analiz edilmesi aşamasında karmaşıklığa neden olmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışma genelinde, günümüze kadar kinetik mimari ve cepheler ile ilgili öne sürülmüş olan kabul edilebilir sınıflandırmalar derlenerek, tasarım/geliştirme aşamasında karar vermeyi kolaylaştırıcı ve/veya uygulama sonrası yapının analizinin ve değerlendirmesinin sistematik bir çerçeve üzerinden yapılmasını sağlayacak bir sınıflama aracının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma kapsamında, geliştirilen sınıflama aracının çeşitli örneklerde uygulanabilirliği sınanmış ve sonuçları tartışılmıştır.

Literatüre Bakış

Literatürde; kinetik mimari ve sınıflandırılması konusunda günümüze kadar, birçok araştırmacının kinetik mimarinin temel kavramlarına, kinetik cephe sistemlerine ve bileşenlerine dair farklı yaklaşımları olduğu görülmektedir. Bu tanımlamaları, eğilimleri ve çalışmayla ilişkilerini şu şekilde özetlemek mümkündür; kavramsal olarak terimler arası farklılıklar dikkate alındığında, kinetik bilimi hareket eden katı (bükülemeyen) ve şekil değiştirebilir nesnelere üzerinden tanımlanır (Fox ve Kemp, 2009: 27). Kinetik mimaride dinamizm ise fiziksel, kimyasal veya mekanik olgular üzerinden ifade edilir (Megahed, 2017: 131-145). Kinetik cephelere uygulama amaçları ve temel işlevleri açısından bakıldığında kinetik cepheler, dış etmenlere karşı çeşitli parametreler ışığında etkin cevap verebilme yetisi olarak açıklanır (Hosseini, Mohammadi, Rosemann, Schröder, Lichtenberg, 2019: 190). Ancak farklı bir görüşe göre sürekli değişken dış koşullarda kullanıcı gereksinimlerine doğru cevap verebilme adına şekil değiştirebilirlik potansiyeli olarak da kabul edilmiştir (Asefi, 2010).

Yaklaşımlar açısından ele alındığında ise kinetik mimari; kullanıcı ile yapısal ve çevresel bileşenlerin etkileşimi üzerinden bina tasarım konseptleri çerçevesinde irdelenmiştir (Elmokadem vd., 2018: 756). Farklı bir bakış açısıyla da kinetik cepheler, sahip oldukları teknolojiler ve kavramsal nitelikleri bakımından değerlendirilmiştir (Loonen vd., 2015: 1279; Schnadelbach, 2010). Bunlar, çalışmada kinetik cephelere dair “konseptler” başlığının temelini oluşturmuştur.

Literatürde kinetik cephelerde hareketlilik/dinamizm kavramı, bazı çalışmalarda yapı bileşenlerinin topolojisi, niteliği, hareket biçimi ve formun akışkanlığı üzerinden, uzaysal ve uzaysal olmayan hareket olarak ikiye ayrılırken (Megahed, 2017), bazılarında ise cephe elemanlarının hareketi geometrik davranışları üzerinden incelenmiştir (Elmokadem vd., 2018: 754). Öte yandan, diğer çalışmalarda kinetik cephelerde hareketin yaygın prensip ve teknikleri örneklendirildiği gibi (Oungrinis, 2013:6); bazı çalışmalarda önceki çalışmalar temel alınarak, konuyla ilgili yeni yaklaşımlar önerilmiştir. Örneğin; Elkhayat (2014: 819-821) kinetik mimari dâhilinde hareket topolojilerini Schumacher ve ekibinin (2012: 45-47) ortaya koyduğu diyagramlar üzerinden çeşitli başlıklar altında açıklamaya çalışmıştır. Bu çalışmaların ayrıntıları “kinetik sistemler, hareket ve malzeme” başlığı altında incelenmiştir.

Kinetik mimariyle ilgili araştırma konuları, kinetik mimari elemanların kontrol mekanizmaları ve karar verme yöntemleri bakımından da incelenmiştir (Fox & Yeh, 2000: 95-102). Bu incelemeler, Sherbini & Krawczyk (2004: 145) tarafından girdi ve çıktı cihazları üzerinden yapılırken; Elkhayat'ın (2014: 824-825) ve Velasco vd.nin (2015) çalışmalarında kontrol stratejileri üzerine derlemeler biçimindedir. Benzer şekilde, Ochoa & Capeluto (2008: 1832)'nin kontrol araçları envanteri ve Matin vd. nin (2019: 7) aktif ve pasif teknolojiler hakkında sınıflandırma çalışmaları olmuştur.

Son olarak, kinetik cephe çalışmaları genel işlevleri bakımından ele alınmıştır. Literatürde, havalandırma, yapı konfor durumları, enerji performansı, akustik vb. işlevlerin bu sistemlerin kurgusunda ele alınış biçimleriyle ilgili örnekler de bulunmaktadır (Loonen vd., 2015: 1278-1280; Ochoa & Capeluto, 2008: 1832).

YÖNTEM

Çalışmada, yapılan literatür taramaları neticesinde kinetik cepheler hakkında bugüne kadar öne sürülmüş sınıflandırma çalışmaları işlev, tasarım, konsept, teknoloji ve hareket olmak üzere beş temel başlık altında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, bu beş başlık özelinde daha kapsamlı bir sınıflandırma ve değerlendirme kurgusu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kapsamlı çerçeve farklı coğrafyalarda bugüne kadar inşa edilmiş yaygın bilinen kinetik cephe örneklerine uygulanarak, yapıların nitelikleri ve tasarım kriterleri hakkında çıkarımlarda bulunarak mevcut sonuçlar ortaya konmuştur.

Kavramlar (Konseptler)

Elmokadem vd.nin (2018:756) sundukları yaklaşıma göre; bina sistemlerinin kullanıcı girdisi ile çalıştığı durumlar “akıllı mimari”; bina sistemleri ve kullanıcı arasında karşılıklı iletişimin varlığı “etkileşimli mimari”; bu sistemlerin çevresel şartları değerlendirmesi ve/veya ilgili durumlara göre hareket etmesi “duyarlı mimari”; bu duyarlılığın zaman içerisinde değişen koşullara uyum sağlaması durumu da “uyarlanabilir mimari” olarak isimlendirilebilir. Tüm bu mimari konseptlerin hareketli bileşenler ile desteklendiği, hareket ve dinamizm olgularının söz konusu olduğu durumlar ise “kinetik mimari”nin konusu olarak kabul edilebilir.

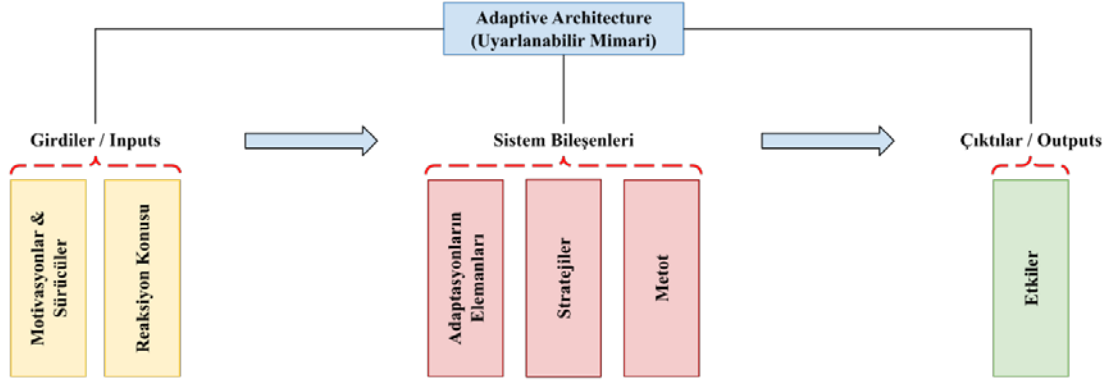
Farklı bir bakış olarak kinetik cephelerin uyarlanabilirlik açısından kavramsal nitelikleri; cephe bileşenlerinin ölçekleri, zaman ölçütleri, görsellikleri, çalışma yöntemleri, uyumluluk dereceleri ile sahip oldukları teknolojiler ve sistemler üzerinden ortaya konulabilir (Loonen vd., 2015:1279). Kinetik cephelerin tasarım kriterlerine göre bu nitelikler her sistem için farklılık göstermekle birlikte Görsel 1’de olduğu gibi örneklenebilir.

| Teknolojiler | Zaman Cetveli | Bileşen Ölçeği | Görsellik | Operasyon Alanı | Adaptasyon Seviyesi |
|----------------------------|---------------|-------------------|-----------|-----------------|---------------------|
| - Kinetik Sistemler | Saniyeler | Bina Malzemeleri | Yok | > İç < Dış | Açık - Kapalı |
| - Cephe Açıklıkları | Dakikalar | Cephe Bileşenleri | Düşük | | Kademeli |
| - Termal Sistemler | Saatler | Duvar | | | |
| - Biçim Hafızalı Alışmalar | Gün/Gece | Fenestrasyon | Yüksek | | |
| - Gölgeleme | Aylar | Çatı | | | |
| - Yalıtım | Mevsimler | Tüm Bina | | | |
| | Yıllar | | | | |
| | On Yıllar | | | | |

Görsel 1. Kinetik cephe uyarlanabilirliği nitelikleri

Kavramsal yaklaşım özelinde Schnadelbach'ın (2010:527) uyarlanabilir mimari konusunu ele alışı Loonen vd. ile çeşitli paralellikler taşımaktadır. Ancak Loonen vd.nin ortaya koymuş olduğu kinetik cephelerin kavramsal nitelikleri olan başlıklar bu çerçevede sistem bileşenleri başlığında değerlendirilebilir. Schnadelbach konuyu farklı olarak gerekçeler ve sonuçlar üzerinden de işleme gereksinimi duyar. Bu gereksinimde “girdiler” konusu altında işlenen motivasyonlar ve sürücüler konusu uyarlanabilirlik bağlamında konunun kültürel, toplumsal,

organizasyonel, iletişim ve sosyal etkileşim gerekçelerini oluştururken; reaksiyon konusu, işlevselliğin bir konusu olarak sistemin adaptasyonunun yerleşik sakinler, çevre ve nesne gibi girdiler ile hangilerine göre hareket edeceğini belirler. Çıktılar başlığı altında da uyarlanabilir mimarinin amaçlanan hedeflerinin yanında sonuç aşamasında mimari çevre, geçirgenlik ve yerleşik sakinler konularının hangisi üzerinde nasıl etkiler yarattığı tartışılır.

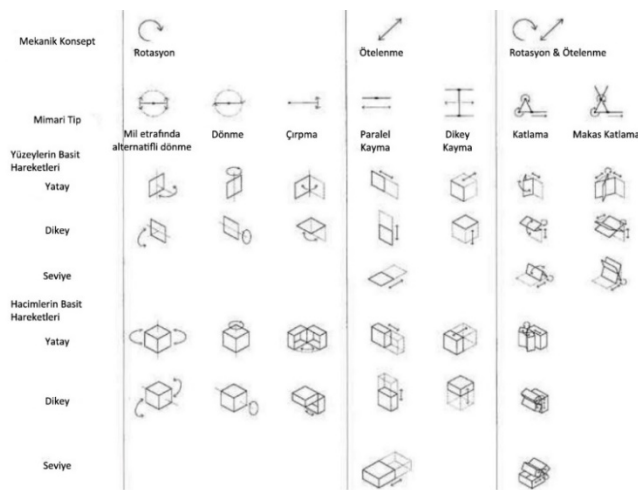


Görsel 2. Uyarlanabilir mimarinin kavramsal çerçevesi

Kinetik Sistemler, Hareket ve Malzeme

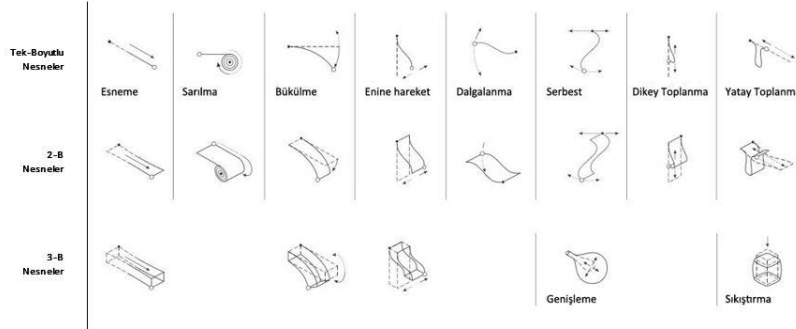
Kinetik mimari çalışmalar "statik ve dinamik" olmak üzere iki grupta incelenebilir. Statik hareket yapıda herhangi bir mekanizmadan bağımsız olarak hareket olgusunun estetik kaygılar ile kullanıcıya algılatılması durumudur (El Razaz, 2010:342-344). Dinamik yaklaşımlar ise uzaysal ve uzaysal olmayan olarak iki kategoride incelenebilir. Uzaysal hareket, sistem veya bileşenlerin uzayda yaratmış olduğu algılanabilir gerçek değişimi ifade ederken, uzaysal olmayan hareket malzemelerin topolojik nitelikleri ve formların akışkan biçimlenişi ile ilgilidir (Megahed, 2017:135). Yapı cepheleri veya kabuğunun şekil değiştirebilme özelliği, farklı bakış açılarından algılanabilmesi bakımından diğer yapı bileşenlerine göre dikkat çekici bir şekilde daha ön plandadır. Oungrinis (2013:6) bina kabuğunda en yaygın kullanımda olan prensip ve teknik örneklerini; katlanır rijit yüzeyler, katlanır esnek membranlar, kayar mekanizmalar, makas mekanizmaları ve pinömatik sistemler olarak sıralamıştır. Farklı bir yaklaşımda ise; kinetik cephelerin geometrik açılımları; ölçeklenme, ötelenme, dönme ve malzeme bozulması olarak belirtilmiştir (Elmokadem, 2018:754). Elkhayat (2014:819-821) ise kinetik mimaride hareket tipolojilerini 5 başlık altında değerlendirmiştir. Bu başlıklar kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Rijit Mimari Elemanların Hareketi: Temelde iki ana hareket ile sınırlıdır. Dönme, nesnenin bir aks etrafında yer değiştirmesi, ötelenme ise nesnenin bir aks doğrultusunda yer değiştirmesi durumu olarak açıklanabilir (Görsel 3).



Görsel 3. Rijit mimari elemanların hareket tipolojileri

Şekil Değiştirebilir Mimari Elemanların Hareketi: Şekil değiştiren elemanlar kendi birimleri içerisinde esnek yapıları ile farklı biçimlenişler arasında geçiş yapabilme kabiliyetini sergilerler (Görsel 4).



Görsel 4. Şekil değiştirebilir mimari elemanların hareket tipolojileri

Hafif ve Esnek Mimari Elemanların Hareketi: Bu mimari elemanlar biçimsel değişikliklere izin vermekle birlikte, dış güç etkisi ile biçim değiştirebilmekte ve yalnızca dış güç etkisi ile başlangıç formlarına dönebilmektedirler.

Elastik Mimari Elemanların Hareketi: Herhangi bir fiziksel veya kimyasal etken altında biçim değiştiren elastik materyaller, yeniden bir dış etken güç ihtiyacına gerek duymadan tekrar başlangıç formuna dönebilirler.

Pnömatik Biçimlerin Hareketi: Özel materyallerin şişirilme ve söndürülme işlemleri ile biçim kazandırılması durumudur.

Kontrol Teknolojileri ve Stratejileri

Mimaride kinetik hareketin kontrolü; yapım teknikleri, bakım ve işlerlik ile etkileşim konularına şekil veren en önemli faktörlerden biridir. Akıllı kinetik sistemler kontrol mekanizmaları ve karar verme yöntemleri bakımından altı farklı kategoriye ayrılabilir (Fox & Yeh, 2000: 95-102).

- *Dâhili Kontrol:* Herhangi bir araç ile kontrol edilmeyen hareket kabiliyeti
- *Direkt Kontrol:* Enerji ihtiyacı duyar ve aktüatörler çok çeşitlidir.
- *Endirekt Kontrol:* Tekil şartlar için tasarlanır ve aktüatör sensörlü geri bildirim sistemine sahiptir.
- *Duyarlı Endirekt Kontrol:* Çok sensörlü geri bildirim sistemi ile optimize karar verme yeteneğine sahip sistemler.
- *Yaygın Duyarlı Endirekt Kontrol:* Aktüatörler kendi kendine bir ağ içerisinde bütüncül hareketi sağlar. Algoritmik kontrol ile geri bildirimler işlenmektedir.
- *Heuristik Duyarlı Endirekt Kontrol:* Bileşenler üzerinden tekil veya bütüncül sistem olarak duyarlıdır. Kontrol genellikle öğrenen veya deneysel algoritmalar ile sağlanır. Deneysel adaptasyon ile zaman içerisinde kendi kendini optimize edebilir.

Sherbini & Krawczyk (2004: 145) bu sınıflandırmayı, girdi ve çıktı cihazları üzerinden ortaya koydukları benzer bir yaklaşım ile geliştirmeye çalışmışlardır. Bu yaklaşım ise beş başlık altında incelenebilmektedir. Öznelerden veya aktüatörlerden kaynaklanan tahrik “direkt kontrolü” betimler. Yanıtların geri besleme sistemi üzerinden elde edildiği durum ise “girdi kontrollerinin” konusudur. Verilerin çoklu sensör sisteminden elde edilip analiz edilerek işlendiği durum “çok girdili kontrol”, eğer bu veri otonom sensör ve aktüatör sistemleri üzerinden sağlanarak hesaplanıyorsa “yaygın çok girdili kontrol” olarak isimlendirilebilir. Algoritmik öğrenme kabiliyetinin ya da deneysel karar verebilme algoritmalarının sisteme entegre edilebildiği durumda ise “akıllı kontrol” olarak tanımlanabilir. Daha sonraki bir çalışmada ise Elkhayat (2014) kontrol mekanizmalarının karar verme sistemlerini ve girdi-çıkıtı tabanlı kontrol sistemlerini derleyerek benzer tanımlamalar altında; “Direkt Kontrol, Endirekt Kontrol, Çok Girdili Endirekt Kontrol, Akıllı Kontrol ve Deneysel Kontrol” olarak yeniden gruplamıştır (Elkhayat, 2014: 824-825).

Velasco vd. (2015) ise kontrol stratejilerini “merkezi kontrol ve dağıtık kontrol sistemleri” olarak iki ana başlık altında toplamıştır. Merkezi kontrol sistemlerini; karmaşıklık, kullanıcı etkileşimi ile sensör ve girdi

gibi konular üzerinden değerlendirerek “direkt kontrol, reaktif kontrol ve sistem bazlı kontrol” olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Dağınık kontrol sistemlerini ise; malzemenin içsel davranış kabiliyetlerini değerlendirdiği “dâhili kontrol” ve mikro işlemci destekli harici tahrik ve kontrol sistemlerinin yer aldığı “dağınık direkt kontrol” olarak ikiye ayırmıştır (Velasco, Brakke, & Chavarro, 2015).

Kontrol teknolojileri alanında ise akıllı kinetik cepheler ve eleman envanterleri Ochoa ve Capeluto (2008: 1832) tarafından “sensör/girdi elemanları, kontrol işleme elemanları ve çalıştırma (tahrik) elemanları” olarak sınıflandırılmış ve bu sınıflamalar kategori, tasarım değişkenleri, alt-değişken parametreleri ve genel değerler bakımından ayrıntılandırılmıştır. Ayrıca kinetik cephelerin performans kriterleri aktif ve pasif teknolojilerin duyar, kontrol ve tahrik fazlarının optimizasyonu ile etkilenebilir. Bu durum hareketli ve duyarlı cephe sistemlerine, işlevsellik, kontrol, sistem ve bileşen esnekliği ile sonuçların öngörülebilmesi bakımından pek çok avantaj sağlamıştır. Aktif teknolojiler “mekanik teknoloji, elektromekanik teknoloji ve bilgi teknolojisi” olmak üzere üç alt başlık altında, pasif teknolojiler ise “malzeme bazlı teknoloji ve pasif teknoloji” olmak üzere iki alt başlık altında gruplandırılabilir. Bu başlıklar, duyar, kontrol ve tahrik fazlarındaki özelliklerine göre daha da ayrıntılı incelenebilir (Heidari Matin & Eydgahi, 2019:7) (Görsel 5).

Birbirleri ile ilişki içerisinde olmaları nedeniyle; kontrol teknolojileri ve kontrol stratejileri aynı başlık altında incelemek mümkündür, kontrol stratejileri çeşitli çalışmalar sonucu ortaya konulan kontrol grupları (Sherbini & Krawczyk, 2004; Elkhayat, 2014; Fox & Yeh, 2000) üzerinden yeniden düzenlenebilir. Kontrol teknolojileri ise aktif ve pasif teknolojiler (Heidari Matin & Eydgahi, 2019) ile bunların alt başlıkları üzerinden derlenerek bu sınıflamaya dâhil edilebilir.

| | AKTİF TEKNOLOJİLER | | | PASİF TEKNOLOJİLER | |
|---------------------|---|---|---|--|---|
| | Mekanik Teknoloji | Elektro-mekanik Teknoloji | Bilgi Teknolojisi | Malzeme Bazlı Teknoloji | Pasif Teknoloji |
| | Girdiler | | | Girdiler | |
| DUYAR FAZİ | 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 FAZİ | Elle Çalıştırılan Sistemler | Merkez Bazlı Kontrol Sis. Bina Yönetim Sis. | Mikrokontrolcüler Ağı | | Kontrol Teknolojisi Yok |
| TAHRİK FAZİ | Kasnak Makaralı Sis. Kablolu Sis. Dişli Sis. Çarklı Sis. | Motor Bazlı Aktüatör 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/Rüzgar/Gün Işığı) |
| | Çıktılar (Kapalı Döngü) | | | Çıktılar (Açık Sistem) | |

Görsel 5. Kinetik cephe teknolojileri

İşlevler

Bir uyarlanabilirlik girdisi olarak “reaksiyon konusu” (Schnädelbach, 2010:533) kinetik cephe sistemlerinde işlevselliği betimlemesi nedeniyle “işlevler” başlığı altında değerlendirilmiştir. Reaksiyon konusu için çeşitli alt başlıklar oluşturmak mümkün olmakla birlikte, bu durum tasarımcının tercihlerine, kullanıcı isteklerine, çevresel koşullara göre farklılık gösterebilir ve çeşitlendirilebilir. Kullanıcılara, doğal veya beşerî çevreye ve nesnelere uyarlanabilir olma kabiliyeti tasarım kriterleri ile denetlenebilir.

Kontrol teknolojileri konusu içinde işlenen akıllı kinetik cepheler ve bileşenlerinden (Ochoa & Capeluto, 2008:1832), kontrol işleme elemanlarının tasarım değişkeni kriteri ile kesişimi; “ışık, gölgeleme, termal, havalandırma ve enerji kontrolleri” ile işlevsel anlamda örnekler sunmaktadır. Loonen vd. (2015:1279) ise akıllı cephelerde uyarlanabilirlik konusunu “hedefler (ısı konfor, iç mekân hava kalitesi, görsel performans, akustik kalite, enerji üretimi ve kişisel kontrol)” ve bu hedeflere yönelik “duyarlı işlevlerin” neler olabileceği üzerinden işlemiştir. Örneğin görsel performans hedefine karşılık duyarlı işlevler; dış mekândan gelen ışığın,

yönlendirilmesi, içeri alınması, tamamen reddedilmesi veya kısmi engellenmesi olarak çeşitlendirilebilir. Diğer hedefler içinde bu işlevler arttırılabilir.

Tasarım Strateji ve Metotları

Bir uyarlanabilirlik girdisi olarak “reaksiyon konusu” (Schnädelbach, 2010: 533) kinetik cephe sistemlerinde işlevselliği betimlemesi nedeniyle “işlevler” başlığı altında değerlendirilmiştir. Reaksiyon konusu için çeşitli alt başlıklar oluşturmak mümkün olmakla birlikte, bu durum tasarımcının tercihlerine, kullanıcı isteklerine, çevresel koşullara göre farklılık gösterebilir ve çeşitlendirilebilir. Kullanıcılara, doğal veya beşerî çevreye ve nesnelere uyarlanabilir olma kabiliyeti tasarım kriterleri ile denetlenebilmelidir.

Kinetik cepheler için tasarım stratejileri ve tasarım araçları özelinde literatürde herhangi bir sınıflama çalışması bulunmamaktadır. Ancak, yapılan tasarım araştırmaları neticesinde; form bulma süreçlerine yardımcı tasarım araçları ile temsili tasarım araçları ve üretken tasarım metotları hakkında gerekli bilgiler harmanlanarak, bu araç ve stratejilerin nitelikleri ve avantajları ayrıca incelenebilir.

Dijital tasarım stratejileri, dijital tasarım araçları üzerinden yapılabilecek tanımlamalar sonucunda “Temsili Tasarım Araçları ve Algoritmik Tasarım ve Üretken Tasarım Metotları” olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. “Parametrik Stratejiler, Süreç Yönelimli Algoritmalar ve Optimizasyon Algoritmaları” ise algoritmik tasarım ve üretken tasarım metotları altında yer alabilir. Literatürde Grisaleña’ya (2017) göre dijital tasarımın dört farklı aracı bulunmaktadır. (Grisaleña, 2017: 3-15)

- *Temsili Metotlar:* Tasarımın tasarımcıya ait olduğu dijital ortam/platformun sadece bir temsil aracı olarak yer bulduğu yöntemdir. CAD/CAM programları, BIM ve 3D görselleştirme programları bu gruba örnektir.
- *Parametrik Metotlar:* Tasarımcının ilişkisel mantık algoritmasını oluşturarak bilgisayarı bu algoritma girdilerini hesaplamak için kullandığı yöntemdir. Tasarımcının ilişkisel mantık parametrelerini değiştirebilme ve sonuç ürünleri üzerindeki yetkisi devamlıdır.
- *Üretken Tasarım Stratejileri:* Tasarımcının süreç başlangıcında kurallar grubunun yaratılmasından sorumlu olduğu ve sonuç ürünü aşamasında seçim görevi üstlendiği ancak süreç boyunca izleyici olduğu yöntemdir.
- *İnteraktif Tasarım:* Çevresel etkenler ve zaman parametresinin üretken tasarım metotları ile etkileşimli olarak ortaya çıkardığı tasarım stratejisidir. Sisteme giren dış veriler ve sistemin bunlara verdiği cevaplar üzerinden sürecin devam ettiği çift yönlü etkileşimli tasarım stratejisidir.

Kinetik cephelerin tasarımı özelinde form bulma sürecinde dijital olsun ya da olmasın, tasarımcılara yardımcı olabilecek birçok tasarım metodu mevcuttur. Örneğin; doğada canlıların hareket biçimleri, yapısal özellikleri, büyüme süreçlerinden etkilenerek bunları taklit ettiğimiz tasarım kavramı “biyomimesis” olarak isimlendirilmektedir. Hafif yapıların tasarımında, tasarım ölçeklerinde sürdürülebilirliğin değerlendirilmesinde, yaşam alanı özelliklerinin kullanılabilirlik ve fiziksel dönüşümleri gibi konularda etkili bir metottur (Sorguç & Selçuk, 2013:356-361). “Morfojenesis” ise mimari tasarım sürecinde biyoloji biliminde büyüme ve adaptasyon sürecinin bilgisayar ortamında modellenerek formu ve formun varyasyonlarını türetme kavramı olarak özetlenebilir (Roudavski, 2009: 348). Kompleks yapıların tasarımına destek, esneklik, çevresel simülasyonların değerlendirilmesi ve mimari için strüktürel fayda sağlaması gibi konularda avantaj sağlar.

Origami bir Japon kâğıt katlama sanatı olmakla birlikte, tekniğin matematiksel ve geometrik yaklaşımlara uygunluğu, katlamalar doğrultusunda oluşan tepe ve vadi noktalarının hareket kabiliyeti kazanma potansiyeli barındırması, algoritmik tasarım stratejilerine uygunluğu, hareketli yüzeylerin tasarımı ve form bulma evresinde etkili bir araç haline getirmektedir. Pinero’nun makas mekanizması ve Hoberman’ın Iris kubbesi bu denemelerin ilk örneklerinden kabul edilebilir (Gönenç Sorguç, Hagiwara, Arslan Selçuk, 2009: 343). Bir diğer form bulma aracı olarak tesselasyon yöntemi matematiksel örüntü tasarımlarında olağan kullanıma sahiptir. Genişleyebilen hareketli üst örtü ve cephe yüzeylerinin tasarlanmasında ve strüktürel bağlamının oluşturulmasında oldukça etkili bir yöntemdir (Gazi & Korkmaz, 2011: 2015). Tensegrity ise basınç altındaki bağlantı kirişleri ya da demir çubuklar ile bunlara gerilme kuvveti ile karşı koymaya çalışan tendon mantığı ile yerleştirilmiş tel ve kablolardan oluşan hafif, katlanabilir basit strüktürlerin oluşturulma yöntemidir (Abdelmohsen, Massoud, Elshafei, 2016: 530-531).

KİNETİK CEPHE SİSTEMLERİ İÇİN ALTERNATİF SINIFLANDIRMA ÖNERİSİ

Kinetik mimari ve cepheler özelinde çalışan araştırmacı ve uygulamacılar farklı değerlendirmeler eşliğinde oluşan birçok sınıflandırma örneği ortaya koymuşlardır. Araştırmacıların konu ile ilgili özelleştikleri alanlara göre bu sınıflandırmalar birbirinden ayrılmaktadır (Megahed, 2017: 132-139). Bu sınıflandırma yaklaşımları; hareketin sanatsal karşılığı ve kinetik yöntemler, kinetik mimari uygulamalar ve strüktürel gerçeklik, hafif strüktürler ve dönüşebilir sistemler, strüktürel mühendislik, sensör teknolojisi, kullanıcı gereksinimleri, kinetik mimari strüktürlerin sürdürülebilirliği, mimarinin zamansal değişimi, kinetik cephelerin nitelikleri, kinetik strüktür bileşenleri, kontrol bileşenleri ve envanteri, dijital gereçlerin kullanımı vb. bağlamlar üzerinden farklılaşmış ve zaman içerisinde gelişerek girift ve karmaşık bir hal almıştır. Tartışmaya açık bu çok çeşitli sınıflandırma yaklaşımları ile bunların alt grupları ve alt başlıklarının kavram, bağlam ve tanımlamaları çeşitli kesişim eksenlerinde belirsizliklere neden olmaktadır.

Kinetik cepheler özelinde mimari kavramlar konusu, diyagram üzerinde Schnadelbach (2010) tarafından ortaya konulan uyarlanabilir mimari kriterlerinin motivasyon ve sürücülerini ile kinetik mimarinin nitelikleri (Loonen vd., 2015: 1279) ve mimari tasarım konseptlerinin entegrasyonu ve sadeleştirilmesi sonucunda, ilgili alt kriterlerin detaylandırılması ile oluşmuştur.

Kinetik sistemler, hareket ve malzeme konusu öncelikle statik ve dinamik tasarım bağlamı üzerinden ele alınmış, bina kabuğu ve cephe yapılarında yaygın olarak işlenen kinetik sistem prensip ve teknikleri incelenmiştir. Hareket tipolojilerin örneklendirilmesi ve kinetik cephelerin geometrik anlatımları ve üzerinden kinetik mimaride hareket tipolojileri ve uygun malzeme ile sistem seçimi diyagram üzerinde bütünleştirilerek işlenmiştir.

Diyagram üzerinde kontrol stratejileri “dâhili, direkt, endirekt, duyarlı endirekt, yaygın duyarlı endirekt, heuristik duyarlı endirekt ve akıllı kontrol-öğrenebilme yetenekli kontrol stratejileri olarak Fox (2000), Elkhayat (2014) ve Sherbini & Krawczyk (2004) çalışmaları üzerinden yeniden düzenlenerek oluşturulmuştur. Kontrol teknolojileri ise Matin vd. (2019) oldukça detaylı ve kapsamlı olan teknoloji gruplaması üzerinden işlenmiştir.

Bir diğer başlık olarak ise işlevler kategorisi altında uyarlanabilirliğin bir niteliği olarak kabul edebileceğimiz “reaksiyon konusunu” oluşturan işlevler ile akıllı cephelerin uyarlanabilir hedeflerini ve hedeflere cevap veren duyarlı işlevler (Loonen vd., 2015: 1279) bir araya getirilerek, kinetik cephe sistemlerinin ilgi alanı, işlev konuları diyagram üzerinde belirtilmiştir.

Tasarım stratejileri ve metotları konusu diyagram üzerinde yer almakla birlikte bu başlığa ait form bulma teknikleri arttırılabilir. Bu çalışma kapsamında diyagram üzerinde örnek olması açısından, origami, biyomimesis, morfogenesis, tensegrity, tessellasyon, dijital tasarım metotları, üretken tasarım araçları vb. gibi başlıklara yer verilmiştir. Ancak mimari tasarım alanında tasarım stratejilerinin sadece bu başlıklar ile açıklanabilmesi mümkün değildir. Diyagram üzerinde; dijital tasarım stratejilerinin alt başlıklar halinde detaylı bir şekilde gösterilmesi; algoritmik tasarım, parametrik metotların ve üretken tasarım araçlarının kinetik cepheler ve mimari bağlamında değerli olması nedeniyledir.

Literatürdeki sınıflandırma yaklaşımlarının incelenmesi sonucunda uygulamaya dönük, kavramsal genel bir sınıflama çerçevesi geliştirilebileceği görülmüştür. Bu çerçeve “kavram/konsept”, “kinetik sistemler, hareket ve malzeme”, “işlevler”, “kontrol teknolojileri ve stratejileri” ile “tasarım strateji ve metotları” olarak 5 ana kategori ve bunların alt başlıkları üzerinden düzenlenmiştir. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki gibi bir değerlendirme aracını öneri olarak sunmak mümkündür (Görsel 6).

Institute du Monde Arabe 1987 yılında inşa edilen ilk kinetik cephe kamusal bina olma özelliğini taşır. İnşa edildiği dönem itibarı ile güncel örneklerle karşılaştırıldığında daha eski ve basit stratejiler içermektedir. Cephe tasarımı işlevsel anlamda gün ışığı performansı ve görsel konfor hedeflemektedir. Tasarımında geleneksel olarak Arap yarımadası bölgesinde yaygın olan “mashrabiya” örüntülerinden esinlenilmiştir. Hareket eden elemanların çalışma prensibi diyafram mekanizmasına benzer şekilde tasarlanmıştır. Hareketli elemanların sürekli bakım ihtiyaçları ve friksiyon sorunları nedeniyle, cephe günümüzde sabit olarak tutulmaktadır. Yapı diyagram özelinde incelendiğinde, çeşitli etmenler ile etkileşim içerisinde, çevresel şartlara duyarlı, tasarlanan mekanizma ile rijit malzemelerin farklı hareket tiplerini barındıran, görsel konforu amaçlayan bir örnek olarak yorumlanabilir.



Görsel 9. Kiefer Technic showroom



Görsel 10. Kiefer Technic Showroom incelemesi

Kiefer Technic Showroom 2007 yılında inşa edildiğinde otonom sistemlerin yanı sıra görsel konfor anlamında manuel müdahaleye imkân tanıyarak kullanıcı ile etkileşim sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Diyagram üzerinde; kinetik cephenin kullanıcı müdahalesine müsaade ettiğini “direkt kontrol” olarak kontrol stratejilerinin altında görmek mümkündür. Kinetik mekanizma belirli akslar üzerinde hareket eden hafif rijit alüminyum panellerin katlanması ile sağlanmıştır. Bir önceki örnekten farklı olarak gölgelendirme işlevi de diyagram üzerinde yer almaktadır.



Görsel 11. Thyssen Krupp HQ



Görsel 12. Thyssen Krupp HQ incelemesi

2011 yılında inşa edilen Thyssen Krupp Yönetim Merkezi; iç ve dış etmenlere duyarlılık gösterebilmek, bina içindeki yansı miktarını azaltarak görsel konfor sağlamak gibi kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Hareketli cephe mekanizması, alüminyum panellerin sabit akslar üzerinde gerekli durumlarda, dönme ve çarpma hareketi yapabilecek şekilde özel olarak tasarlanmıştır. Diyagramdan da anlaşılacağı gibi, kinetik mimari konusu bu yapıda ağırlıklı olarak tasarım başlığında ön plana çıkmaktadır.

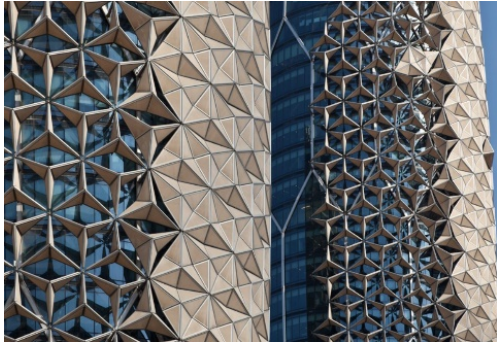


Görsel 13. Media-TIC Building



Görsel 14. Media-TIC Building inceleme

Enric Ruiz Geli tarafından 2011 yılında Barselona’da tasarlanan Media-TIC binası diğer yapılardan farklı olarak pnömatic sistemler kullanılarak inşa edilmiştir. Cephede mikro-iklim koşullarını oluşturabilmek ve ısı regülasyonu sağlamak adına perforasyonlu ETFE membran hava yastıkları kullanılmıştır. ETFE hava yastıkları üzerinde yer alan şeffaf ışık geçirgen noktalar iç mekân aydınlatması bakımından avantaj sağlamaktadır. Hava yastıklarının şiştiği durumlarda, bu noktaların yer değiştirmesi ile yapının doğal aydınlatma gereksinimi karşılanmaktadır. Cephe tasarımı ise estetik açıdan tartışılabilir bir görselliğe sahiptir. Yapıda kinetik cephe tasarımının işlevsel olarak geliştirildiği, bilgi teknolojileri ile desteklenerek, diğer örneklerden farklı hareket tipolojisi ve malzeme ile tasarlanmış olduğu elde edilen diyagramdan açıkça okunabilmektedir.



Görsel 15. Al-Bahr Towers





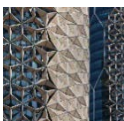





Görsel 16. Al-Bahr Towers inceleme

Al-Bahr kuleleri 2012 yılında cephe stratejisi olarak gün boyu güneş hareketini takip eden bir algoritma sayesinde cephe üzerindeki yarı saydam modüllerin bireysel veya tüm kabuk olarak hareket edebileceği bir mantıkla havalandırma, ısı konfor, görsel konfor ve enerji performansı ana işlevlerine cevap verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla Al-Bahr kuleleri diyagram üzerinde incelendiğinde, işlevsel ihtiyaçların ön planda tutulduğu açıkça görülmektedir. Cephe düzleminde sistemin değişen koşullara optimum seviyede cevap verebilmesi adına hücre bazında bireysel veya cephe genelinde holistik tepkiler verebilmesi performans anlamında avantaj sağlar. Tasarım ve form bulma özelinde ise dijital tasarım araçlarına ek olarak origami tabanlı “mashrabiya” örüntülerine benzer farklı bir tasarım yaklaşımı ile ele alındığı fark edilmektedir. Hareketli birimlerin yüzeyleri PTFE ve fiberglas içerikli yarı saydam bir malzeme ile oluşturulmuştur.

SDU Campus ise diyagram incelendiğinde kontrol stratejileri ve kontrol teknikleri özelinde One Ocean Pavillion ile benzer nitelikler taşımakla birlikte, tasarım, hareketli sistem, malzeme, işlevler ve kavramlar bakımından Thyssen Krupp HQ binası ile benzerlikler taşıdığı görülmektedir. Cephede perforasyonlu rijit sac panellerin bir aks etrafında dönme hareket prensibi benimsenmesi suretiyle kullanıcı ve çevresel etkileşim hedeflenerek tasarlanmıştır. Bu örnek çalışması sonucunda yapıların kinetik özelliklerini öne çıkaran özet bir çizelge oluşturulmuştur. İncelenen örneklerle ilgili bilgiler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Tablo 1).

Tablo 1. Örnek Yapıların Değerlendirme Başlıkları Özelinde Nitelikleri (Yazarlar).

| Tarih | Proje İsmi | Malzeme (M) Hareket (H) | Kontrol Teknolojisi | İşlevler | Konseptler (Yaklaşım) | Tasarım Stratejisi |
|-------|--------------------------|--|--|--|--|--|
| 1987 | Institute Du Monde Arabe |  M: Parlak Çelik H: Dönen Mekanizma | Merkezi Kont. PV Sensör Hidrolik Tahrik (ElektroMekanik Kontrol) | Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı) | Duyarlı Kinetik Mimari (Çevresel Şartlar) | |
| 2007 | Kiefer Technic Showroom |  M: Alüminyum H: Katlama | Merkezi Dahili K Işık Sensörü Motorlu Tahrik (ElektroMekanik Kontrol) | Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı, Gölgeleme) | Etkileşimli Kinetik Mimari (Kullanıcı Etkileşimi ve Sensörle) | Temsili Metotlar |
| 2010 | Thyssen Krupp HQ - Q1 |  M: Renkli Paslanmaz Çelik H: Dönme, Çarpma | Merkezi Kontrol Merkezi Işık Sen. Motorlu Tahrik (ElektroMekanik Kontrol) | Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı, Yansı Azaltma) | Duyarlı Kinetik Mimari (Çevresel Şartlar, kullanıcı gereksinimleri) | Dijital Tasarım |
| 2011 | Media TIC Building |  M: ETFE Membran H: Pinömatik Genişleme-Şişme | Merkezi Olmayan Kontrol Sensör Ağı Pinömatik Tahrik (Bilgi Tekno.) | Gün Işığı Performansı, Isıl Konfor | Duyarlı Kinetik Mimari (Çevresel Şartlar) | Biyo-esinli, Morfogenesis |
| 2012 | Al – Bahr Towers |  M: PTFE – Fiberglass H: Katlanma ve Geri çekilme | Merkezi Kont. Çoklu Sensörler Hidrolik Tahrik (ElektroMekanik Kontrol) | Isıl Konfor, Görsel Konfor, Havalandırma, Enerji Perform | Duyarlı Kinetik Mimari (Çevresel Şartlar) | Parametrik Tasarım, Origami ile Form Bulma |
| 2012 | Gardens By the Bay |  M: Cam, Çelik, Kumaş H: Esneme, Sarılma | Öğrenebilen Algoritma Merkezi Sensor Motorlu Tahrik (Elektromekanik) | Mikro iklim, Gölgeleme, Görsel Konfor | Uyarlanabilir Kinetik Mimari | Biyo-Esinli Mimari |
| 2012 | One Ocean Pavilion |  M: Fiberglass ve güçlendirilmiş polimer H: Bükülme | Merkezi Kontrol Işık ve Sıcaklık Sensörü Motorlu Tahrik (Elektromekanik) | Görünürlülük | Etkileşimli Kinetik Mimari (Kullanıcı Etkileşimi) | Biyomimesis |
| 2014 | SDU Campus |  M: Delikli Saç H: Dönme, Çarpma | Merkezi Kontrol Işık ve Sıcaklık Sensörü Motorlu Tahrik (Elektromekanik) | Görsel Konfor (Gün Işığı Performansı, Yansı Azaltma, Gölgeleme) | Etkileşimli Kinetik Mimari (Kullanıcı ve Çevresel Etkileşimi) | Dijital Tasarım |

SONUÇ

Sonuç olarak sınıflandırma bağlamında belirlenen bu ana başlıkların birbirleri ile temel ilişkilere sahip olduğu görülmüştür. Uygulama öncesi tasarım kriterlerinin belirlenmesinde yol gösteren ve uygulama sonrası değerlendirmeleri destekleyen kapsamlı bir sınıflandırma ortaya konmuştur. Bu sınıflandırmada ana ve alt başlıklar; birbiriyle bütünleşik olarak çalışması ve kategorik görünümü kolaylaştırması nedeniyle “dairese güneş ışığı diyagramı” üzerinde gösterilmiştir. Ortaya çıkan bu diyagram, günümüze kadar uygulanmış olan kinetik cephe mimarisi örneklerine uygulanarak bu örneklerin belirlenen kriterler altında, işlevsellikleri, teknolojik bileşenleri, uyarlanabilirlik seviyeleri, hareket, strüktür ve malzeme özellikleri ile tasarım kriterleri değerlendirilmiştir. Oluşturulan değerlendirme grafiğinde açıkça görülebileceği gibi; elde edilen veriler

neticesinde aşağıdaki tespitleri yapmak mümkündür. Sonuçlar grafiğin alt başlıkları çerçevesinde şu şekilde sıralanabilir.

- Kinetik cepheler kavram/konsept bakımından tasarım kriterlerinde uyarlanabilirliğin dereceleri noktasında farklılık göstermekle birlikte, incelenen her bir örneğin en az bir dış etmenle etkileşime girme amacı diyagramlarda görülebilmektedir.
- Hareket tipolojisi ve malzeme seçimleri ise tasarım tercihlerine ve işlevlerin özelleşmesine göre her uygulamada farklılaşmıştır.
- Uygulamalar genel olarak, görsel ve ısı konfor durumlarına cevap verecek şekilde işlevlendirilmiştir. Diğer işlevlerin ise tasarım kriterleri ve kullanıcı gereksinimleri doğrultusunda çeşitlendiği görülmektedir.
- Tasarım stratejileri ve metotları genel itibari ile tasarıma özel nitelikler taşımakta ve tasarımcının tercihine göre uygulanan form bulma yöntemleri veya tasarım araçları çeşitlenebilmektedir.
- Kontrol teknolojileri anlamında genellikle sensör tabanlı merkezi kontrol sistemlerinin tercih edildiği ancak yeni örneklerde akıllı algoritmaların kullanılmaya başlandığı görülebilmektedir.
- Kontrol teknolojileri başlığı altında ele alınan pasif teknolojilerin incelenen örneklerde uygulanmadığı, daha çok aktif teknolojilerin tercih edildiği anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada oluşturulan “Kinetik Cepheler Değerlendirme ve Sınıflandırma Diyagramı” kinetik cephe tasarım ve sistemleri alanında katkı sağlaması açısından, incelenen örneklerin karakteristik yapılarının analiz aşamasında okunabilirliğini kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir. Bu tip sınıflama araçlarının özellikle tasarım süreçlerinin başlangıç evrelerinde çalışmaların yönlendirilmesinde karar verme süreçlerine fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bu yüzden, gelecekte yapılacak olan kinetik cephe mimari uygulamalarına daha net yol gösterici kılavuz ve diyagramların oluşturulması için geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın sonraki aşamalarında ise bu çalışma; “çok kriterli karar verme yöntemleri” ile uygun yöntem kullanılarak, diyagram üzerinde eşdeğer parametreler ve alt parametreler derecelendirilerek kinetik cepheler için tasarım öncesi bir başvuru, kılavuz ve/veya karar verme cetveline dönüşebilecek şekilde düzenlenebilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

Abdelmohsen, S., Massoud, P., & Elshafei, A. (2016). Using tensegrity and folding to generate soft responsive architectural skins. *Complexity & Simplicity-Proceedings of the 34th ECAADe Conference*, 24-26 Ağustos 2016, Oulu, 529–536.

Asefi, M. (2010). *Transformable and kinetic architectural structures: design, evaluation and application to intelligent architecture*. Saarbrücken: Dr. Müller.

El Razaz, Z. (2010). Sustainable vision of kinetic architecture. *Journal of Building Appraisal*, 5(4), 341-356.

Elkhayat, Y. (2014). Interactive movement in kinetic architecture. *J Eng Sci.*, 42(3), 816–845.

Fox, M. A., & Kemp, M. (2009). *Interactive Architecture*. Princeton Architectural Press.

Fox, M. A., & Yeh, B. P. (2000). *Intelligent kinetic systems in architecture*. Nixon P., Lacey G., Dobson S. (Eds). In *Managing Interactions in Smart Environments*. Springer.

Gazi, A., & Korkmaz, K. (2011). A method for expandable regular tessellation. *Bridges 2011 Proceedings*, 423-426.

- Gazi, A., & Korkmaz, K. (2015). 8.8.4 Tesselasyon kullanarak genişleyebilen strüktür tasarımı. *Uluslararası Katılımlı 17. Makina Teorisi Sempozyumu*, 14-17.06.2015, İzmir, 441-447.
- Gönenç Sorguç, A., Hagiwara, I., & Arslan Selçuk, S. (2009). Mimarlıkta origami: Mimari tasarım için yeni bir araştırma alanı. *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 26(2), 235-247.
- Grisaleña, J. A. (2017). *Digital design methods in architecture*. [PhD Thesis, University of Alcalá, Doctoral School].
- Heidari Matin, N., & Eydgahi, A. (2019). Technologies used in responsive facade systems: a comparative study. *Intelligent Buildings International*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/17508975.2019.1577213>
- Hosseini, S. M., Mohammadi, M., Rosemann, A., Schröder, T., & Lichtenberg, J. (2019). A morphological approach for kinetic facade design process to improve visual and thermal comfort. *Building and Environment* 153, 186-204.
- Loonen, R. C. G. M., Rico-Martinez, J., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezo, C., La Ferla, G., & Aelenei, L. (2015). Design for facade adaptability: Towards a unified and systematic characterization. *10th Conference on Advanced Building Skins*, 03-04.11.2015, Bern, 1274-1284.
- Megahed, N. A. (2017). Understanding kinetic architecture: typology, classification, and design strategy. *Architectural Engineering and Design Management* 13(2), 130-146.
- Elmokadem, A., Ekram, M., Waseef, A., and Nashaat, B. (2018). Kinetic architecture: Concepts, History and applications. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 7(4), 750-758.
- Ochoa, C. E., & Capeluto, I. G. (2008). 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.
- Roudavski, S. (2009). Towards Morphogenesis in Architecture. *International Journal of Architectural Computing*, 7(3), 345-374.
- Schnädelbach, H. (2010). Adaptive Architecture: A Conceptual Framework. *Proceedings of MediaCity: Interaction of Architecture, Media and Social Phenomena*. Weimar, Germany, 523-555.
- Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M. M. (2010). *Move: architecture in motion-dynamic components and elements*. Birkhauser.
- Sherbini, K., & Krawczyk, R. (2004). Overview of intelligent architecture. In *1st ASCAAD International conference, e-design in architecture*, 07-09.12.2004, Dhahran, Saudi Arabia, 137-152.
- Sorguç, A. G., & Selçuk, S. A. (2013). Computational models in architecture: Understanding multi-dimensionality and mapping. *Nexus Network Journal*, 15(2), 349-362.
- Velasco, R., Brakke, A. P., & Chavarro, D. (2015). Dynamic facades and computation: Towards an inclusive categorization of high-performance kinetic facade systems. In *International Conference on Computer-Aided Architectural Design Futures*, 172-191. Springer.

Görsel Kaynakçası

- Görsel 1:** Loonen, R. C. G. M., Rico-Martinez, J., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezo, C., La Ferla, G., & Aelenei, L. (2015). Design for facade adaptability: Towards a unified and systematic characterization. *10th Conference on Advanced Building Skins*, 03-04.11.2015, Bern, 1279.
- Görsel 2:** Schnädelbach, H. (2010). Adaptive architecture: A conceptual framework. *Proceedings of MediaCity: Interaction of Architecture, Media and Social Phenomena*, Weimar, Germany, 527.
- Görsel 3-4:** Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M.-M. (2010). *Move: architecture in motion-dynamic components and elements*. Birkhauser, 45,47.
- Görsel 5:** Heidari Matin, N., & Eydgahi, A. (2019). Technologies used in responsive facade systems: a comparative study. *Intelligent Buildings International*, 7.

- Görsel 7:** Pro.visitparisregion.com. (2020). Divas. From Oum Kalthoum To Dalida-Paris Region Website For Tourism Professionals. <http://pro.visitparisregion.com/en/Destination-guide2/Paris-Region-Guide/Events/Exhibitions/Divas.-From-Oum-Kalthoum-to-Dalida> (05.11.2020).
- Görsel 9:** Dynamic facade (Kiefer technic showroom) de Ernst Gisellbrecht + Partner-Edificio de Oficinas. (2020). <https://www.architonic.com/es/project/ernst-gisellbrecht-partner-dynamic-facade-kiefer-technic-showroom/5100449> (05.11.2020)
- Görsel 11:** Corporate Architecture: Thyssen Krupp Headquarter-Livegreenblog. (2020). <https://www.floornature.com/blog/corporate-architecture-thyssen-krupp-headquarter-7631> (05.11.2020)
- Görsel 13:** Media-TIC / Cloud 9. (2020). <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/750184/media-tic-enric-ruiz-geli> (05.11.2020)
- Görsel 15:** 7 Intelligent Buildings That Prove Digitally Driven Design Works - Architizer Journal. (2020). <https://architizer.com/blog/practice/materials/7-intelligent-buildings-that-prove-digitally-driven-design-works/> (05.11.2020)
- Görsel 17:** Gardens by the Bay - References. (2020). <https://tr.pinterest.com/pin/651122058595499663/> (05.11.2020)
- Görsel 19:** One Ocean Pavillon Yeosu | Knippers Helbig Advanced Engineering. (2020). <https://www.knippershelbig.com/de/one-ocean-pavillon-yeosu> (05.11.2020)
- Görsel 21:** Brake, A. (2020). Henning Larsen SDU Kolding Building pushes green standards. <https://www.dezeen.com/2015/07/14/henning-larsen-syddansk-universitet-sdu-kolding-campus-building-denmark-green-standards-university/> (05.11.2020)