

Iridophore: Reflective Dynamic Pattern Suggestion

Ahmet Onkaş¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi

¹ahmetonkas@yandex.com

Abstract. Iridophore* is a real time, visual production research project which is conscious to environment knowledge and reflects itself. The basic motivation of this study is the representation and interpretation of the knowledge gotten from the environment at the architectural design, using of this knowledge at the design stage, its relation with the kinetic architecture and pattern formation has been discussed. In this study, the produced design and application is an installation work. In the created system, a pattern with the utilization of transition geometry rules which constantly derives itself has been produced. This study is a research process that electric-mechanic systems has been used, coding systems has been discussed and involves pursuit of materials.

After the production of a neat pattern with a solid formed octahedral (regular octagon), the inception geometry has been assigned and transition rules have been applied. A dynamic visual has been produced by the pattern, which was designed as three-dimensional in the digital environment, a rotating movement in accordance with different data. The pattern, which has been obtained with various parameters and later altered into two-dimensional, has been produced with laser cut, which is the digital fabrication technology. A moving pattern has been designed with electronic circuit and engines, in accordance with real time data and a kinetic three-dimensional pattern, model has been developed. Suggestions have been made on this models' potential fields of application with different data and on different scales. Kinetic wall application, which is an installation sensitive to the number of people going in and out of a place, has been produced both in digital environment and as a prototype with 1/20 scale.

Keywords: *pattern, shape grammar, representation of knowledge, kinetic architecture, digital fabrication, visual data, visual computing*

İridophore: Yansıtıcı Dinamik Örüntü Önerisi

Ahmet Onkaş¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi

¹ahmetonkas@yandex.com

Özet. İridophore¹, bulunduğu ortamı yansıtan, çevre bilgilerine duyarlı ve gerçek zamanlı bir görsel üretim araştırma projesidir. Bu çalışmanın temel motivasyonunu, mimari tasarımda çevreden edinilen bilginin temsili ve yorumlanması, tasarım sürecinde kullanılması, kinetik mimari ile olan ilişkisi ve örüntü oluşumu gibi konular oluşturmaktadır. Bu çalışmada üretilen tasarım ve uygulama bir enstalasyon çalışmasıdır. Yapılan öneride, dönüşüm geometrisi kurallarının uygulandığı ve sürekli kendini türeten bir örüntü elde edilmiştir. Bu çalışma, elektrik-mekanik sistemlerin kullanıldığı, kodlama sistemlerinin ele alındığı ve malzeme arayışlarının olduğu bir araştırma sürecidir.

Octahedral (düzgün sekiz yüzlü) katı biçiminden oluşan düzenli bir örüntü oluşturulduktan sonra başlangıç geometrisi belirlenmiş ve dönüşüm kuralları uygulanmıştır. Dijital ortamda üç boyutlu olarak tasarlanan örüntü, farklı verilere göre örüntüye döndürme hareketi verilerek dinamik bir görsel oluşturulmuştur. Çeşitli parametrelerle birlikte elde edilen örüntüyü daha sonra iki boyutlu hale getirip dijital fabrikasyon teknolojisi olan lazer kesim ile üretilmiştir. Elektronik devre ve motorlarla gerçek zamanlı veriye göre hareket eden örüntü tasarlanmış ve kinetik üç boyutlu bir örüntü modeli geliştirilmiştir. Bu modelin farklı verilerle ve ölçeklerde potansiyel uygulama alanları üzerinde öneride bulunmuştur. Bu önerilerden, bir mekandaki mekana giren-çıkan insan sayısına göre duyarlı bir enstalasyon olan kinetik duvar uygulamasının hem dijital ortamda hem de 1/20 ölçekli prototipi üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *örüntü, biçim grameri, bilginin temsili, kinetik mimarlık, dijital fabrikasyon, görsel bilgi, görsel hesaplama*

¹ İridophore; Kurbağa ve bukalemun gibi canlıların derilerinde bulunan, pigmentin konsantre veya dağılmış olduğu, canlının rengini değiştirmesine neden olan hücre. (URL 1)

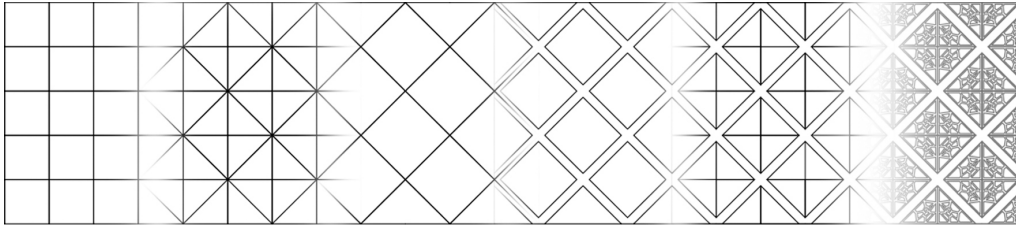
1. Giriş

Mimari tasarımda etkileşim bir tasarım yaklaşımı olarak incelemek ve bunun süreç içerisinde ortaya koyabileceği potansiyelleri görmek; etkileşimin oluşumu, mekan ve kullanıcı arasındaki ilişkiyi irdelemeyi ve elektronik-mekanik sistemin etkilerini bilmeyi gerektirir. Mekan-insan etkileşimini araştırmak üzere yapılan bu çalışmanın amacı etkileşimi oluşturan katmanların ilişkilerini incelemektir. Bu katmanlaşmayla, görme ilişkileri anlama, dijital süreç tasarımı, mekanik-elektronik ilişki, üretim sistemi ve insan-mekan etkileşimiyle olan bir tasarım yaklaşımı ortaya çıkmaktadır. Kinetik mimarlık olarak tanımlanan, mekanın yeniden biçimlenmesine kullanıcı etkileşimi ve çevresel etmenler gibi değişen durumlara göre adaptasyon sağlayan önerileri geliştirir.

Günümüzde bilgisayar uygulamaları mimarlık, tasarım ve sanat alanında kullanılan önemli bir araç ve yardımcıdır. Bu uygulamalar, kullanıcının üretim sürecinde hız kazanmasının yanı sıra hem süreç içerisinde dinamik bir biçimde üretimde yer almasını hem de yapılan üretimlerin gerçek zamanlı analizini yapıp geri dönüş sağlayabilmektedir. Geleneksel yaklaşımda tasarım ortamı, tasarım düşüncesinin

çeşitli temsiller aracılığıyla görsel düşünme ve imgelem ile geliştirildiği ortamdır (Goldschmidt, 1994). Bilgisayar temelindeki sayısal ortam hesaplama ve algoritmalara dayalıdır. Bu ortam görsel düşünmenin ve görsel üretmenin hesaplanabilir olduğuna dair tartışmaları belirgin hale getirir. Çalışmada digital, fiziksel ve görsel hesaplama yöntemleri kullanarak tasarım süreci geliştirilmiştir. Tasarımlarken aslında bilerek ya da bilmeyerek görsel bir yolla hesaplama yapılmaktadır (Stiny, Gun, 2012). Yapım grameri, çevredeki nesnelere algısal ve bedensel ilişki kurarak gerçekleştirilen bir eylem olarak tanımlanır (Knight, 2015). Bu çalışma kapsamında üretilen geometrik bir birimin, yapım gramerleri ile birlikte düşünülerek, belirli dönüşüm kurallarını uygulayarak bir örüntü elde edilmiştir (Şekil 1).

Ortalama bir binanın form ve strüktürü; sabitliği, dayanıklılığı ve hareketsizliği önerirken hareket; tahmin edilmeyeni, kesin olmayanı, değişimi, çevikliği ve canlılığı önerir (Kostas, 2003). Bu çalışmanın hedefi üretilen örüntünün gerçek zamanlı veriye duyarlı interaktif bir nesne oluşturmasıdır. Bilgisayar ortamındaki tasarım, çeşitli çevresel faktörlerin mekan etkilerinin, olgusal olarak izlenebilmesine ve sayısal olarak hesaplanabilmesine olanak



Şekil 1. Örüntüyü tasarlama aşamaları.

Kare grid
50*50 cm

Kare gridin
45° derece
döndürülmesi
ve ölçeklendirme

Yeni grid
sisteminin
ortaya çıkması

Üretime
dayalı
ölçeklendirme

Katmanlı
örüntü
oluşumu

Örüntü
detayı
ve geometrik
birleşim

sağlar. Bunları yapabilmek için çevresel verilerin sensör aracılığı ile ölçülmesi ve önerilen sisteme göre adapte olması öngörülmüştür. Bu çalışma kapsamında üretilen örüntü, motor hareketleriyle değişen dönüşen, çevresi veya kullanıcısıyla etkileşime giren ve bunu yaparken eş zamanlı olarak her mikro zaman diliminde yeni görseller üretebilen bir sistemdir.

Gelişen teknoloji ile beraber mimar, tasarımcı ve sanatçıların interaktif, kinetik ve çevresel etmenlere duyarlı sistemlerle ilgili üretimleri artmıştır. Bu durumun oluşmasındaki etkenler, programlama dillerinin daha kolay anlaşılabilir hale gelmesi, açık kaynak araştırma yapılabilmesi ve üretim yapanların paylaşım kültürünün oluşturmasıdır. Yapılan çalışmada son dönemde tepki veren ortamlar konusunda sergilenen ilgi artışının önemli bir bölümü İtalya'da 2005 yılında ortaya çıkan, Arduino isimli düşük maliyetli bir açık kaynak mikro kontrolör panosunun devreye sokulmasından kaynaklanmaktadır (Kolorevic, 2015). Maliyeti yüksek olmayan bu yazılım ve donanım araçları meraklılarını her türlü etkileşimli nesne ve ortamları hazırlamasına imkan vermektedir.

dir. Dijital üretim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla beraber tasarımcılar, tasarım-üretim sürecinde, hızlı bir biçimde ürünlerini ortaya koyarken aynı zamanda malzemenin potansiyelinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Dijital üretim sistemleri sayısal tabanlı tekniklerle tasarlanan objelerin kesimi, biçimlendirilmesi, kalıpların oluşturulması, her noktasında değişen ölçü ve biçimlerin üretilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu sistem tasarım sürecinde yer alması bazen sürecin evrilmesinde önemli rol alabilmektedir. Bu çalışma; bilgi tabanlı tasarım, üç boyutlu model üretimi, dijital üretim, malzeme özellikleri, çevresel bilgi, bilgisayar programlama ve elektronik sistemlerin birbiriyle ilişki içinde yapmış olduğu işbirliği sonucu ortaya çıkmıştır. İridophore, tasarlanma süreci olarak altı ana başlık altında anlatılmaya çalışılacaktır.

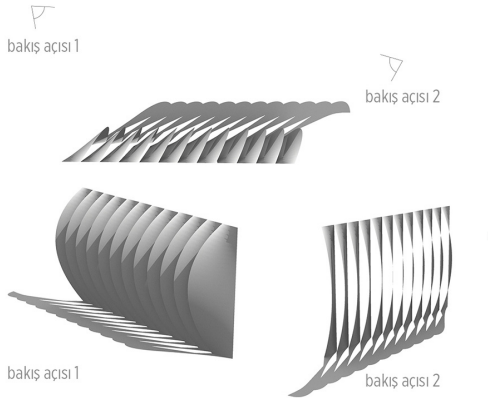
1. Görsel anlam ve dinamik tasarım,
2. Örüntü oluşumu,
3. Dijital üretim sistemi ve malzeme,
4. Kinetik- elektronik sistem,
5. Etkileşimli bilgi,
6. Mimariye etkileri ve kullanım alanları,
7. Cephe önerisi.

2. Tasarım ve Üretim Süreci

2.1 Görsel Anlam ve Dinamik Tasarım

Araştırmaya dinamik tasarımları inceleyerek ve analizini yaparak başlanmıştır. Nesneler farklı bakış açılarından göreceli olarak gösterilmiş, parçalanarak eşzamanlı olarak hareket halinde yansıtılmışlardır (Giedion, 1967). Bir nesnenin ya da mekanın ve onlara göre olan gözlerimizin pozisyonu arasında ilişki, bakılan nesne ve ya mekanın farklı zenginliklerini ortaya çıkaracağı düşünülmektedir (Şekil 2). Bu

Şekil 2. Bakış açıları ve görünüşler



konu ile ilgili olarak iki örnek incelenmiştir, birincisi Greg Lynn'ın 1999 yılında yapmış olduğu New York Presbyterian Church, diğeri ise Aranda/ Lash grubunun 2005 yılında yapmış olduğu Camouflage View adlı çalışmalarıdır. New York Presbyterian Church mevcut yapının kiliseye dönüştürülmesi ve ek bir yapı ile geliştirilmesi projesidir. Presbyterian Kilisesi mevcut fabrika binasıyla belirli bir dereceye kadar entegre olan, bir noktadan sonra da onu saran, içine alan bir yapının oluşturulması hedeflenmiştir. Mevcut yapının düşey etkisi ek mekanlarla yatay etkiye; yapının yönelişi, caddeye doğruyken kente doğru çevrilmiştir (Lynn, 1999) (Şekil 3).

Aranda/ Lash Camouflage View, bir ormandaki bu yerleştirme, gizleme ve kamuflajla ilgili bir projedir. Bu çalışma çevresinde bulunanların yüzeyin yansımaları da görülürken, bulunan açıklıklarla farklı ve tekrar eden görseller üretmektedir. İnsan ve nesneler çalışmanın etrafında hareket ettikçe, diğer taraflardaki görünümü eş zamanlı olarak hareket eder (Şekil 4). Bu çalışma kapsamında incelenen örnekler düşünülerek nesne veya mekanın sabit, kullanıcının hareketli olduğu bir ortamda görsel anlam ve onların dinamikliği irdelenmiştir. Araştırma sürecinde elde edilen bu veriler doğrultusunda yapılan çalışmada hem objenin veya mekanın dinamik olduğu hem de



Şekil 3. New York Presbyterian Church. (URL--2)

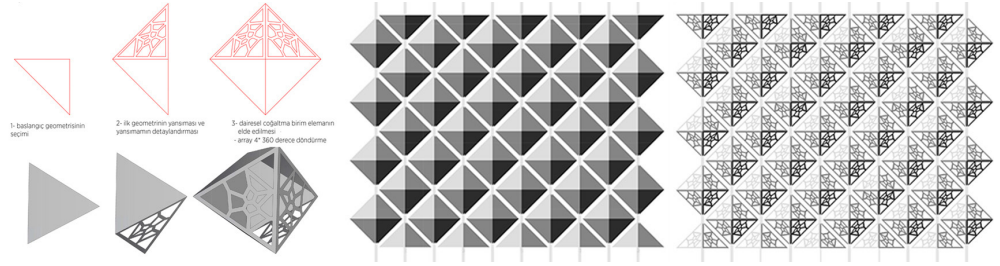


kullanıcının dinamik olduğu bir tasarım yapılabilir mi sorusuna cevap aranmıştır. Çalışmanın ilk aşamalarında bir düzgün sekiz yüzlü (Octahedral) iki birbirinden uzak noktalarından döndürme işlemiyle birlikte ortaya çıkarılabileceği farklılıklar baz alınarak bir örüntü oluşturulmuştur. Bu örüntü ilk bakıldığında düzenli grid ve daha kullanıcıyla dinamik bir ilişkiye girdiğinde kendisini yeniden üreten bir yarı düzenli bir örüntü hali alabilmektedir. Bu sü-



Şekil 4. Camouflage View. (URL--3)

Şekil 5. Örüntü oluşturm sistemi



recin önemli olan kısmı her bir bakış açısının ve nesnenin dinamik formu sayesinde elde edilen görsel iletişimidir.

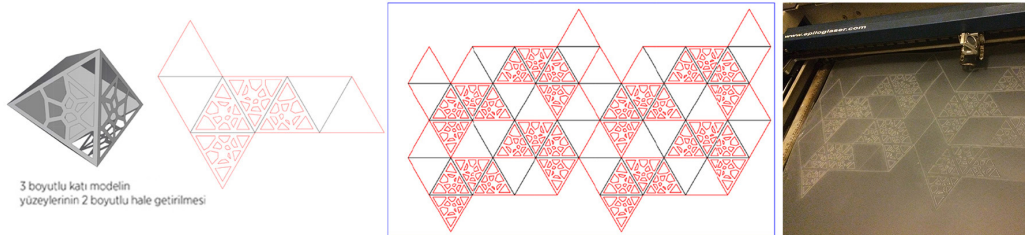
2.2 Örüntü Oluşumu

İncelenen örnekler dahilinde tekrarlanan birimlerin olması ve bu birimlerin belli kurallar içerisinde ilişkili olması göz önünde bulundurularak çalışmaya başlanmıştır. Oluşturulan örüntü, ilk aşamada bir birim üretilmiş daha sonra bu birimlerin bir araya geliş kurallarıyla ile tekrarlanan elemanlardan düzenli bir örüntü oluşturulmuştur (Şekil 5). Bilgisayar ortamında örüntülerin tekrar oluşturulması Rhinoceros 3d ve onun üzerinde bir eklenti olan Grasshopper 3d(gh) programıyla gerçekleştirilmiştir. Gh`de oluşturulan bir algoritma ile geometriye dönüşüm kuralları uygulanmıştır. Her biri eşkenar üçgenin belirli dönüşüm kuralları (yansıma, öteleme, dairesel çoğaltılabilir) ile bir araya gelmesiyle elde edilen düzgün sekiz yüzlü örüntünün kendi merkezinde dönme hareketi ile kendini üreten bir örüntü elde edilmiştir(Şekil 6).

2.3 Üretim Sistemi ve Malzeme

Üretilen nesnenin hem kasası hem de örüntünün kendisi, tasarım sürecinin başından itibaren nasıl üretilebileceği ve ne biçimde bir araya geleceği anlamında önemli noktalar olmuştur. Üretilen örüntü ve nesnenin bütün parçaları dijital üretim sistemi olan lazer kesim ile üretilmek üzere tasarlanmıştır (Şekil 6). Bu süreç içerisinde hangi parçanın kesileceği ve hangi parçanın kazınacağı belirlenen algoritmaya göre geometrileri dijital fabrikasyona adapte edilmiştir. Malzeme olarak kasa için 8mm kontrplak ve örüntü parçalarının kesimi için farklı renklerdeki asetat kullanılmıştır. Bu malzemeler hem lazer kesim için uygunluğu hem de malzemenin deforme olabilme özelliklerinden dolayı tercih edilmiştir. Kesilen parçalar daha sonra kazınan kısımlarından katlanma tekniği uygulanarak birleştirilmiştir. Birimler üretildikten sonra motorların üstüne takılan çubuklara asılmıştır.

Şekil 6. Üretim süreci

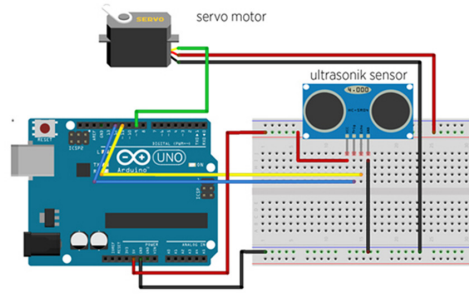


2.4 Kinetik – Elektronik Sistem

Üretilen örüntü ile hareketli bir obje uygulaması yapılması düşünülmüştür. Bu çalışmada düşünülen objenin 1/20 ölçekli üretimi geliştirilmiştir. Üretilen her bir düzgün sekiz yüzlü birimin oluşturulurken kasa içinde motorların üzerine takılan çubuklara yerleştirilmiştir. Elektronik devre servo motorlar ve sensor aracılığıyla hareket mekanizması geliştirilmiştir (Şekil 7). Elektronik devre bir mikro denetleyici olan Arduino ile oluşturulmuş ve aynı sistemin yazılımı olan Arduino İDE arayüzünde yazılmıştır. Motorlar kesilmiş olan ahşap bazasına takılarak onun üzerine yerleştirilmiş olan çubuklara örüntünün birimleri asılmıştır. Servo motorların dönme hareket etmesiyle birlikte çubuklara asılan birimler dönme hareketi gerçekleştirir. Sistemde kullanılan ultrasonik sensör aracılığıyla çevreden aldığı uzaklık verisini dönme hareketi olarak sisteme yansıtır (Şekil 8).

2.5 Etkileşimli Bilgi

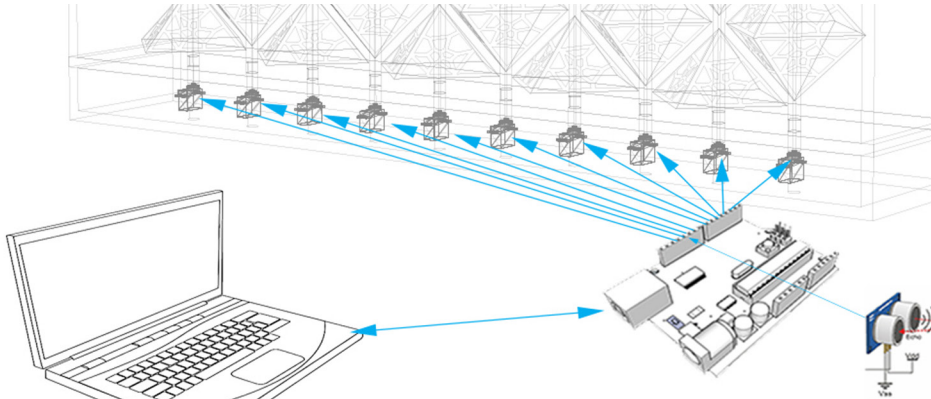
Bu çalışmada tasarlanan ve geliştirilen sistemin dönme hareketi belirlenmiş ama sabit bir dönme hareketi kurgulanmamıştır. İridophore, çalışma sistemi olarak dış etmenlere



girdi : sensörden alınan bilgi - uzunluk
çıkış : motorun 1 dönmesi

bağlı olarak çevreden almış olduğu veriyi eş zamanlı olarak geri bildirim yapması üzerine kurgulanmıştır. Üretilen mekanizmada kullanılan ultrasonik sensörler, ultrasonik ses dalgaları yayan ve bunların engellere çarpıp geri dönmesine kadar geçen süreyi hesaplayarak aradaki uzaklığı belirleyebilen sensörlerdir. Ultrasonik sensör belirli mesafedeki kullanıcı ile iletişime geçerek yazılıma bildirim yapar ve almış olduğu bildirimi motorların dönme hareketi ile tekrardan kullanıcıya yansıtır. Bu durum aslında kullanıcının yapmış olduğu hareketler veya çevrede gelişmekte olan bir değişimin farklı bir alanda kendini farklı bir şe-

Şekil 7. Elektronik devre



Şekil 8. Bilgisayar, arduino ve örüntü ilişkisi

kilde yansıtabilme olanağı doğurmuştur (Şekil 9). Yapılan üretimde bu yansıtmı, örüntünün dönme hareketi olarak ortaya çıkmıştır.

2.6 Mimariye Etkileri ve Kullanım Alanları

Yapmamız gereken, yaşamın çok çeşitli ve sürekli değişken modları içerisinde mimariyi dondurmamak, aksine onu akışkan ve değişebilir kılmaktır. Genişleyen, büzülen, değişen mimari bugünkü yaşamı yansıtır ve onun bir parçasıdır (Zuk, 1970). Bu durum mimari ölçekte yapılan üretimlerin durağan olmaktan öte kullanıcı etkileşimine ve çevresel faktörlerin etkilerine göre kendini yenileyebilen mekan yaklaşımını ortaya koyar. Yeni mekansal konseptler, farklı kullanım olanaklarına imkan veren adapte olabilir mekan yaklaşımını vurgularlar (Kronenburg, 2002).

Mimari açıdan kinetik sistemler, yapının fonksiyonlarına işlevsel bir etkileşimi olabileceği gibi estetik ve form bazlı da olabilir. Bunun yanında manzara, görsellik, estetik gibi heyecan verici çalışmalar da ortaya çıkabilir. Çevreden edinilen bilgiler, yapının belirlenen fonksi-

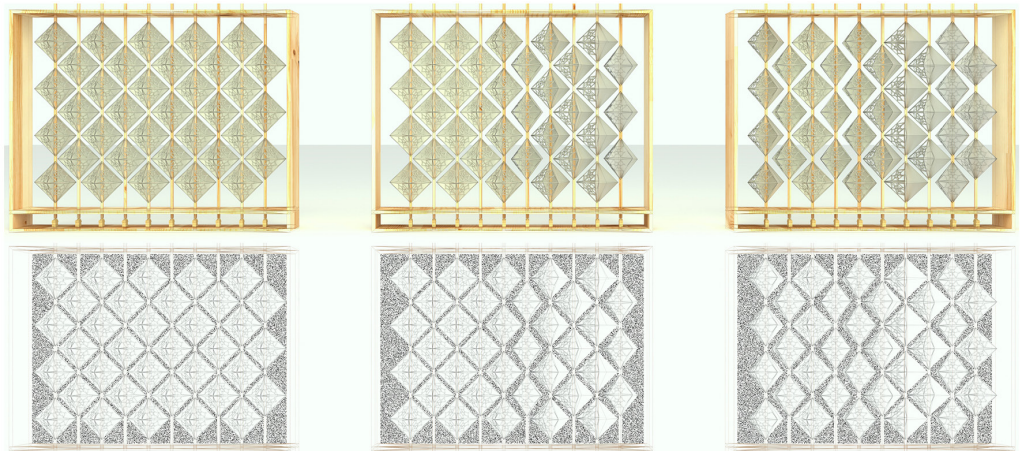
yonlarına göre etkileşime girebilir. Çevresel faktörler gibi formu etkileyen kuvvetlerde meydana gelen minimal değişimler formun genelini de etkileyebilir. Bu tür etmenlerin sürekli değişmesinden dolayı, kinetik sistem ve biçim ilişkisi de bu duruma uyum sağlayabilir. Gelişen teknoloji ile bu biçimde tasarlanan mekan-nesnelerde artış bulunmaktadır.

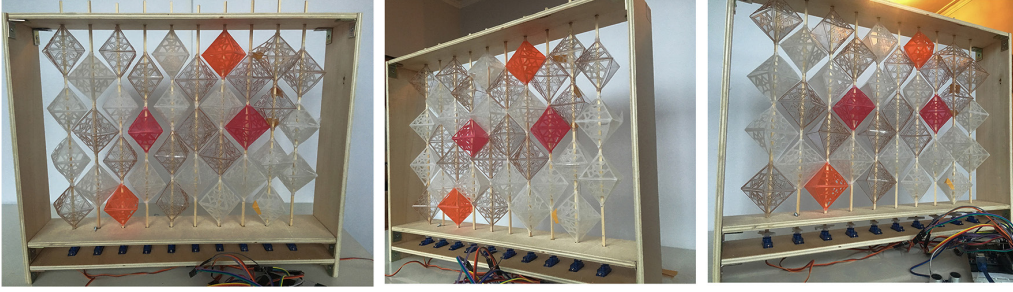
Bu çalışmada üretilen tasarım ve uygulaması bir enstalasyon çalışmasıdır. Bir mekanda kullanıcı ile iletişime geçebilen, dönme hareketi yapabilen ve bunu yaparken her mikro saniyelik zaman diliminde yeniden farklı görseller oluşturabilen bir mekanizmadır (Şekil 10). Proje dijital üretim teknikleri kullanarak hazırlanmıştır.

2.7 Cephe Önerisi

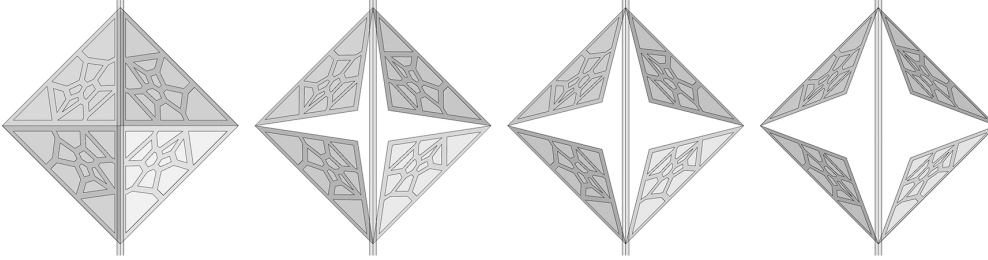
Dinamik bilgi paylaşımı ve sanatsal işlerle dikkat çekebilme potansiyeleri doğrultusunda, cepheler yüksek etkileşimli bölgeler olarak yeniden tanımlanmıştır (Moloney, 2011). Bu çalışmada önerilen enstelasyona ek olarak bir de kinetik bir yapı cephesi geliştirilmiştir. Kinetik cephe, değişen çevresel faktörlere uyum

Şekil 9. Çevre ile etkileşim halinde farklı zamanların görünüşleri.





Şekil 10. Ürüne ait fotoğraflar



Şekil 11. Bina cephe sistemi birim hareketi

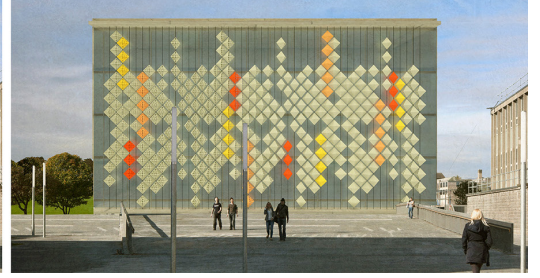
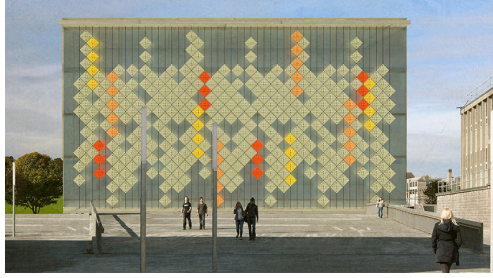
sağlayan veya dinamik görsel formların sergilendiği yapı cephelerdir. Cephe, düzenli tesselsasyon örüntünün bazı kısımları eksiltilerek oluşturulmuştur. Cephede oluşturulan doluluk boşluk çalışması ve dönme hareketleriyle hem mekanın iç kısmında hem de mekanın dışardan görünümüne hareket kazandırmaktadır. Burada enstelsasyon çalışmasından farklı olarak her bir örüntü birimi sadece yerleştirildikleri çubukların dönme hareketinden öte birimsel olarak dönme ve açılma-kapanma hareketi yapabilmektedir (Şekil 11). Bu biçimde gerçekleşen hareket içeriye giren ışık düzeyi ve güneş ışınlarının etkisini yapı içerisinde kontrollü hale getirmektedir. Mekan kullanıcılarının anlık isteklerine de cevap verebilen bu sistemde, kullanıldığı ortamlarda esneklik sağlamaktadır. Yapı cephesi ile etkileşim halinde gerçekleşen hareket aynı zamanda çevresel bilginin yansımaları temsil edilmektedir (Şekil 12).

3. Sonuçlar

Üretilen dinamik tasarım, insan-mekan etkileşimini temel alan, sayısal tasarım, dijital fabrikasyon, malzeme davranışı, veri işlemesi ve mekanik-elektronik katmanların bir araya gelmesiyle ortaya çıkmıştır. Durağan mekan-nesnelerin incenmesiyle başlanan süreç, kullanıcının hareketinden öte kullanıcının etkileşiminden oluşan dinamik bir durum gelişmiştir. Doku kurmak için üretilen tesselsasyonla birlikte dönüşüm kurallarının uygunlandığı bir örüntü oluşturulmuştur. Çevreden edinilen bilginin dijital arayüzde oluşturulan algoritma ile fiziksel bir biçimde kullanılması gerçekleştirilmiştir. İridophore, mimarlık alanında tartışılan ve konuşulan bir konu olan hareketi; ortaya koymuş olduğu katmanlaşma ve dinamik sistem ile ilişkilendirilmektedir.

Bu çalışmanın ötesini düşündüğümüzde, farklı alanlarda dışarıdan aldığı verileri kullanarak yapı cephesi, bireysel nesne ya da dinamik bir

Şekil 12. Cephe sisteminin kullanıcı ile etkileşim sonucu değişimi



yapının kendisi bile olabilmektedir. İridophore gibi tasarım, mazleme, mekanik, elektronik ve bilişim sistemlerinin de işin içinde yer aldığı tasarımların farklı araştırma geliştirme birimlerinin birbiriyle temas halinde çalışmaları gerekmektedir.

Yapılan çalışmada, kullanıcı ile mekan-nesnenin birbiri ile etkileşim içinde hareket halinde olması yeni bakış açılarına açılan bir kapı olmaktadır. Bu anlamda hareketi mimarlık alanına temel bir parametre olarak dahil etmek, yeni tasarım olanakları ve konuları ortaya çıkaracak yeni pratikler ve araştırmalar üreterek alana yeni gelişmeler getirmektedir. Mimarlıkta harekete dair ortaya konacak bu yeni üretimler ve araştırma alanları, mimarlığın geleceğin hızla dönüşen sistemlerine uyum sağlamasına ve dinamik yaşama entegre olmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

(*)Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimari Tasarımda Bilişim Lisansüstü programında, Prof. Dr. Gülen Çağdaş tarafından yürütülen Bilgi Tabanlı Mimari Tasarım dersi kapsamında üretilmiştir. Katkılarından dolayı Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a teşekkür ederim.

(**)Bildiri hazırlama sürecinde katkılarından dolayı Yrd.Doc.Dr. Sema Alaçam'a teşekkür ederim.

(***) Üretim sürecinde lazer kesim ilgili kısımları üstlenmesinden dolayı Can Görgün'e teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Giedion, S. 1967. *Space, Time and Architecture*, Harvard University Press, Cambridge.

Goldschmidt, G., 1994, "On Visual Design Thinking: the viz kids of architecture", *Journal Offprint Paper: Design Studies*, Vol:15

Gün, O. Y., and Stiny, G. 2012. "George Stiny ile hesaplama ve tasarım üzerine açık bir söyleşi." Onur Yüce Gün tarafından düzenlenmiştir, *Hesaplamalı Tasarım*, Dosya 29: 6–11.5.

Knight, T., 2015, *Shapes and Other Things*, *Nexus Network Journal*. 17. 3, 1-18.

Kolarevic, B., 2003, *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture*, Spon Press, London.

Kostas, T. 2003. *Expressive Form: A Conceptual Approach to Computational Design*, Spon Press, Londra.

Kronenburg, R. 2002. Portable Architecture. Architectural Press, Oxford.

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

Moloney, J. (2011). Designing Kinetics for Architectural Facades. Routledge Taylor & Francis Grup, New York.

Zuk, W., ve Clark, R. H. 1970. Kinetic Architecture. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

URL1--<http://www.thefreedictionary.com/Iridophore> (Son erişim tarihi : 14 mayıs 2017)

URL2--<http://www.designboom.com/architecture/greg-lynn-korean-presbyterian-church-ofnew-york/> (Son erişim tarihi : 6 ocak 2017)

URL3--<http://arandalasch.com/works/camouflage-view/> (Son erişim tarihi : 6 ocak 2017)