

İSLAMİ GEOMETRİK DESENLERİN ORİGAMİK POTANSİYELLERİ: LTİGENLER ÜZERİNDE BİR DENEME

ORIGAMIC POTENTIALS OF ISLAMIC GEOMETRIC PATTERNS: A CASE ON HEXAGONS

Masoud MATINPOUR

Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Y.Lisans Öğrencisi,
masood_matinpour@hotmail.com , masoud.matinpour@gazi.edu.tr

Semra ARSLAN SELÇUK

Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Öğretim Üyesi,
semraarslanselcuk@gmail.com , semraselcuk@gazi.edu.tr

ÖZET

İslam sanatının etkisiyle, İslam coğrafyasındaki mimari bezemelerde de genellikle geometrik örüntüler kullanılmıştır. Yüzyıllar önce yapılmış bu örüntülerin çeşitli yapılış yöntemleri ile birlikte birbiriyle benzeşen ve birbirlerinin devamı niteliği taşıyan örüntüler bulunmaktadır. Bu örüntülerle elde edilen sonuç ürünler her ne kadar çok birbirinden farklı ve karmaşık görünse de özünde benzer nitelikler taşımaktadır. Temelinde dairelerden oluşan bu örüntüler ister tek merkezli veya çok merkezli olarak yüzeyde bir ağ oluşturmaktalar. Geometrik desenler oluşturmak için temel araçlar kalem, pusula ve cetveldir ve desenler genellikle bu araçların yardımıyla genel tasarımı geliştirmek için tek bir ünitenin çoğaltılması ve tekrarı üzerine kurulmuştur. En yaygın modeller; bir dairenin beş, altı ve sekize bölünmesinden oluşan modellerdir, 9'lu, 11'li, 12'li, 24'lü yıldızlar da bulunmaktadır. Kural tabanlı bir tasarım yöntemi olan biçim gramerleri geleneksel ve çağdaş pek çok tasarımlardaki geometrik dili ve örüntüleri anlamak/analiz ya da temsil etmek için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Biçim grameri ile örüntülerin geometrik kompozisyonlarına dair bir kural dizisi oluşturmak ve oluşan biçim kurallarıyla çok sayıda tasarım alternatifi üretmek olanaklıdır ve bu alanda yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada İslami geometrik örüntülerin gramer kurallarının irdelenmesi yoluyla elde edilen kompozisyonların "origami" sanatının yapma biçimleri kullanılarak menteşelenebilir parçalı (*hinged dissections*) kabuk üretme potansiyelleri araştırılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın ilk aşamasında geometrik örüntülerin özellikle İslami geometrik örüntülerden olan çokgenlerin gelişimi araştırılarak bunların oluşturulma biçimleri incelenmiş ve sıklıkla kullanılmakta olan "yıldız örüntülerine" odaklanılarak yeni kompozisyonlar denenmiştir. Çalışmada İslami geometrik desenler bir teselasyon (*tessellation*) olarak kabul edilmiştir. Daha sonraki aşamada bu teselasyonların origamik yöntemlerle nasıl menteşelendirilebileceği araştırılmış ve örnek çizimler üzerinden bir tartışma geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *İslami geometrik örüntüler; Origami, Biçim grameri, Üretken formlar.*

ABSTRACT

With the influence of Islamic art, generally geometric patterns are used in architectural ornamentations in the Islamic geography. The method of making/designing these old patterns are various, yet fundamentally, patterns are similar to each other and have similar qualities. Though the end products that obtained from these patterns seems very different and complex, inherently they have similar patterns. These patterns, which are composed of circles, creates a network on a single centered or multi-centered basis. The basic tools for creating geometric patterns are pencil, compass and ruler; usually, the patterns are based on the increasing and reproduction of a single unit to improve the overall design with the help of these

tools. The most common models are; a circle is divided into six, eight and five parts, and there are 9, 11, 12 and 24 pointed stars in this category. Form grammars as a rule-based design method, are a frequently used method for understanding / analysing / representing geometric languages and patterns in many traditional and contemporary designs. It is possible to create a rule sequence for geometric compositions of shape grammars and patterns, and to derive a large number of design alternatives with the generated shape rules, and there are many studies made in this area. In this study, the potentials of "hinged dissections" are investigated by using the forms of "origami" art for compositions that obtained by examining grammatical rules of Islamic geometric patterns. For this purpose, in the first phase of the study, the development of the geometric patterns, especially the Islamic geometric polygonal pattern was investigated and the formation of these polygons were examined and new compositions were tried by focusing on the "star patterns" that frequently used in this field. The Islamic geometric patterns are accepted as a tessellation since they can work through the patterns of the work. Finally, the hingability of these tessellations with the methods of origami has been investigated and a discussion has been developed through the case models.

Keyword: *Islamic geometric patterns, Shape grammar, Generative forms, Origami*

GİRİŞ

İslam mimarisi İslamiyet'in yayıldığı topraklarında yapılan mimari eserlerin, üslubunu ifade etmekte kullanılan genel bir terimdir. Söz konusu sanat ve mimarlık biçimi o topraklarda yaşayan kültürlerin bir sentezi niteliğindedir. Nitekim bu geniş dini coğrafyadaki mimari eserler genel olarak benzerlikler gösterse de bölgesel olarak kendi kimliklerini taşımaktadırlar. Bu çeşitliliğin göstergelerinden biri de mimari bezemeler de görülmektedir.

Bin yıllardır İslami coğrafyalarda yaşayan zanaatkârlar mimari yapılarda geometrik oranları kullanmaktadırlar. Bu oranlar kimi zaman mimari planlarda ya da cephe kompozisyonlarında, yüzeylerin bezemelerinde kendini göstermektedir. İslam dünyasında, sanat ve mimaride uygulanan zengin bir süsleme geleneği ağırlıklı olarak bitkisel motifler ve geometrik örüntülerin bileşiminden oluşur. Bu örüntüler insan veya hayvan figürlerinin yasak olduğu için dini kuramlarla temellenen formlar ve görsel biçimler üretmek ve evrenin İslam anlayışında var olan mantık ve düzenini ifade etmek için kullanılır (Jowers, Parts, Eissa ve Lee, 2010). Bu doğrultuda İslami geometrik örüntüler bir yapıyı İslam mimarisi olarak adlandırmak için en önde gelen görsel karakterlerdendir. Aynı zamanda söz konusu geometrik formlar ve oranlar, çağdaş mimari için bir yaratıcılık aracı olarak bir önemli araştırma alanı tarif etmektedir.

İslami geometrik örüntülerin oluşumuna dair araştırmaların birçoğunda bezeme sistemlerin temel formu daire olarak belirtilmiştir (Kara Pilehvarian ve Kılıçoğlu, 2017). Geometrik desenleri anlamak için daireler üzerinden analizler/irdelemeler yapılmıştır. Genel olarak geometrik örüntülerin oluşumunu konu alan araştırmalarda, dairelerin birbirlerine olan mesafeleri, birleşim biçimi ve kesişim noktaları gibi parametrelerin farklılaşması ile oluşan çeşitli biçimler ve yüzeyler analiz edilmiştir (Dalağan, 2012, Ulu, 2009, Bökü, 2009, Cenani, ve Çağdaş, 2006).

Mimarinin dili olan biçimler ve onların yan yana gelme durumlarını belirleyen kurallar her dönem mimarların gündeminde olmuştur. Gramerdeki biçim setinde iki boyutlu ya da üç boyutlu elemanlar kullanılabilir. Belirlenen başlangıç biçimine, tanımlı kural setindeki kurallar uygulanarak tasarım alternatifleri türetilir (Bökü, 2009:7). Bu çalışma önceki biçim grameri üzerinden geliştirilen geometrik desenleri incelenmiş, onların arasından origami sanatı ile uyumlu çalışabileceği düşünülen altıgen örüntüler ele alınmıştır.

Eski bir uzak doğu kâğıt katlama sanatı olan origami sanatı, çağdaş mimarlıkta katlanır strüktürlerin tasarımında kullanılmaktadır. İki sanatta da üçgenlemelerle oluşan örüntülerin kullanılıyor olması bu

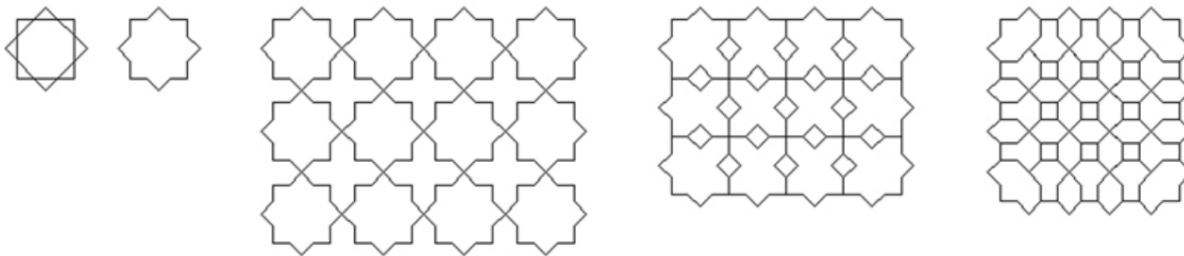
seçimin en önemli nedenlerindendir. İki boyutlu örüntülerin matematiksel ve geometrik kurallarından yararlanarak, menteşelenebilir parçalara nasıl dönüşebileceği araştırılmıştır.

İSLAMİ GEOMETRİK ÖRÜNTÜLER, TESELASYON VE ORİGAMİ

İslamiyet'in yaşadığı topraklarda yaşanan mimari/sanat birikimi tanımlamak ve sahip olduğu potansiyellerden yararlanmak pek çok araştırmanın konusu olmuştur. Mimarlık alanındaki çalışmaların arasında İslam sanatı ve mimarisinde kullanılan geometrik örüntüler konusu geniş bir yer bulmuştur. Söz konusu örüntülerin temel biçimleri ve desenleri "biçim grameri" yöntemi ile çözümlenebilmekte ve yeni tasarımlar oluşturulmasında kullanılmaktadır.

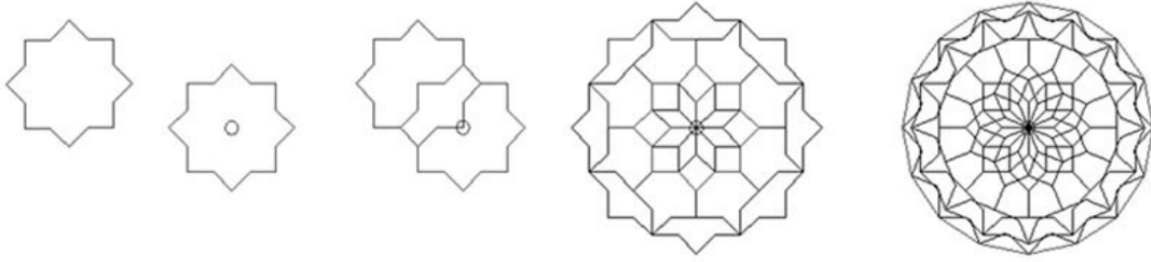
Örüntü gramerinin bulması için desenlerin başlangıç noktası (0,0) olarak kabul edilip, bu nokta çıkarılan diğer kurallar için referans teşkil etmektedir. Bu noktaların örüntüdeki dağılımı ve onların arasındaki yatay, düşey ya da açılı uzaklık değerleri noktanın türeme kuralını verir. Kuralın tekrarlı olarak uygulanması örüntü altlığını oluşturur. Başlangıç biçimine uygulanan biçim işlemleri ve transformasyonlar belirlendikten sonra, belirlenen biçim işlemleri ve transformasyonlar biçimin örüntüdeki türetme kuralını oluşturur (Bökü, 2009:34).

İslami geometrik örüntülerin oluşumunda, daire temel form olmuştur. Kompozisyonu oluşturan temel öge olan daire kural olarak örüntüde görünmez. Dairenin gizlenmesi, doğrusal çizgilerden oluşan çapraşık bezemenin daha güçlü bir bütün olarak algılanmasını sağlamaktadır (Burckhardt, 2009:68). Bu özellik üzerinden yeni desenler yaratılmasında biçim grameri dili yardımıyla İslami geometrik örüntüleri analiz edip yeni üretken desenler oluşturmak için de algoritmik sistemler oluşturulması en bilinen yöntemlerden biridir. Dairenin düşünsel ve geometrik özellikleri; tekrar, simetri ve dönme gibi kuralların kullanımı ile karmaşık formlar üretilmesinde yardımcı olmuştur. Şekil 1 ve 2 de görüleceği gibi temel formların dönmesi ve tekrarlanması gibi kurallar ile örüntü elde edilmektedir (Cenani ve Çağdaş, 2006).



Şekil 1. Desene uygulanan dikdörtgen dizi. (Cenani ve Çağdaş, 2006)

Örüntülerin elde edilmesinde "biçim grameri" mantığını kullanan yazılımlar da yapılmıştır. Örneğin, "Taprat" isimli bir bilgisayar programı aracılığı ile İslami yıldız motiflerine dayanarak, temel formlar üzerinde yeni desenlerin üretimi mümkün olmuştur (Şekil 2), (Cenani ve Çağdaş, 2006). Benzer şekilde, Ulu (2009), bir biçim grameri modeli yardımıyla yeni geometrik örüntüler türetmiştir. Elde edilen kurallar, "Processing" isimli bir yazılım ile geliştirilmiştir.



Şekil 2. Modele yeni kural kümesi ve polar dizi uygulaması, toplam öge sayısı: 8 ve 16, doldurma açısı: 360° , kopyalanan öğeleri döndürme (Cenani ve Çağdaş, 2006)

Yapılan bu çalışmalarla (Gazi, 2010; Dalağan, 2012; Hamzaoglu ve Özkar, 2017) yerel sanatçılar ve zanaatkarlar tarafından kullanılan yöntemlerin simüle edilmesi ve İslami geometrik örüntülerin nasıl zenginleştirilebileceğini göstermek mümkün olmuştur. Genel olarak bu araştırmalarda bir değişim sürecinden söz edilmektedir. Bu sürecin ilk aşamasında desenlerin analizi, geometrik özellikleri ve kuralları üzerinde odaklanmıştır. İslami geometrik desenlerin ortak özelliklerini (simetri, ritim ve akış) tanımlamaktan sonra, yeni formların analiz etmesinde kullanılıp ve yeni formların oluşmasında göz önünde bulundurulmuştur. Tüm bu çalışmalar 2 boyutlu örüntüler üretmek amacıyla yapılmıştır.

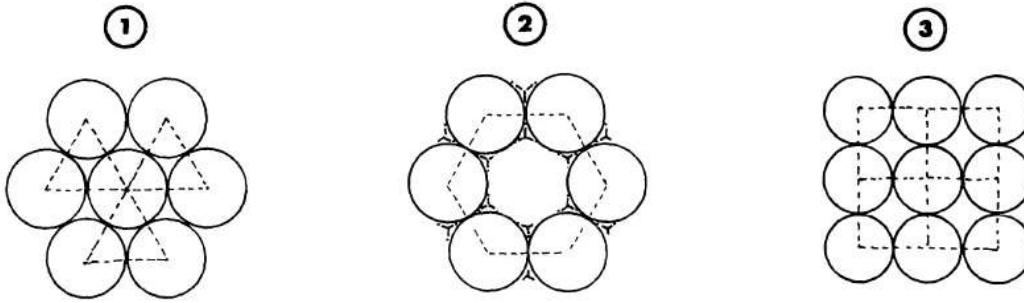
2 boyutlu araç ve ortamlarla 3 boyutlu yüzeyler elde etme sanatı olan "origami", tıpkı İslami geometrik örüntüler gibi temel birimlerin tekrarlanması ilkesine dayanır. Düzenli/düzensiz "uçgenlerin" birleşiminden oluşan örüntüler, origamik bir desen oluşturmaktadır. Origami düzeninin yapılandırılmasında ilişkiler veya kurallar (vadiler ve tepeler) yapısal formların "ağlarını" üretmektedir. Bu ağların 3 boyutlu uzayda genişletilmesiyle, 2 boyutlu örüntülerden üretilmiş oldukları kolayca görülebilir. Katlamaların derinliklerini değiştirme olanağı, farklı yapısal formların yaratılmasına izin vermektedir (Sorguç vd. 2009). Bu durum bilgisayar programları desteğiyle farklı işlevler için mimari kabuklar üretme potansiyeline sahiptir ve mimarlık eğitiminde kullanılabilecek güçlü bir araçtır (Ağırbaş, 2017) Benzer şekilde "dönüştürülebilir" ve "kinetik" yapıların kavramsal tasarımı için origami sanatından nasıl fikirler alıp kullanabileceği potansiyeli de tartışılmaktadır (Sorguç vd. 2009; Liapi, 2010; Schenk, 2011; Macri, 2015)

Son yıllarda origami ve tesselasyon (*tessellation*) tekniklerinden yararlanarak, hareket edebilir yüzeyler tasarlama fikri öne çıkmaktadır. Örneğin Huseynli (2016), origami sanatı/tekniklerinin ünlü isimlerinden olan *Miura* katlaması (*Miura folding*) ve türlerinin geometrik ve serbestlik derecesin analiz edip bir hareketli plak strüktür oluşturma olasılıklarını incelemiştir. Benzer şekilde Samuelsson ve Vestlund (2015), bir parametrik tasarım yöntemi ile origamik mimari formlar tasarlamışlar ve yapısal katlanır formlar üzerine yoğunlaşarak, çeşitli katlanır tesselasyonların, (*tessellation*) yapı olarak kurgulanmasını denemiştir. Origami sanatı içinde yer alan menteşelenebilir tesselasyonlar da bir hareket edebilir yüzeyler oluşturmaktadır. Gazi (2010) çalışmasında, hareketli düzlem yüzeyler üretmek için matematiksel tesselasyon tekniği yardımıyla bir yöntem geliştirmiştir. Bu metodun bulmasında, tasarlanacak kinetik yüzeyin büyüklüğü ve formu her tasarıma göre değişen bir yüzey olanağı elde etmede etkili olmuştur. Yapılan tüm bu çalışmalar İslami geometrik örüntülerin bir tesselasyon olduğu ve origami sanatının günümüz mimarisinde de önemli çalışma konuları barındırdığını göstermektedir.

YÖNTEM

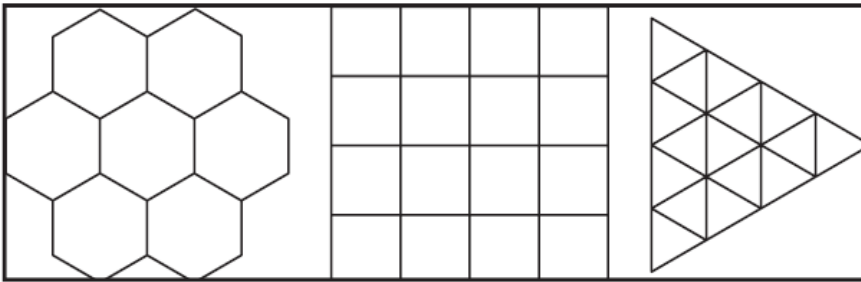
Teselasyon tekrarlanan biçimlerden oluşmaktadır ve İslami geometrik örüntüler bu çalışmada bir teselasyon olarak önerilmiştir. Çok çeşitli örüntülerin var olduğu bu alanda çalışmanın temel formu altıgen olarak seçilmiştir. Dairenin beşe ve altıya bölünmesinde parçanın bütünle olan en mükemmel birleşimi olan altın oranın kullanıldığı kabul edilmektedir.

Çalışmada, altıgen formun seçilme nedenlerinden en önemlisi bu birimin yüzey tasarımı için en hesaplı ve dengeli geometri olmasıdır. Şekil 3.te 1, 2 ve 3 nolu çizimler, Critchlow'un küresel noktalar (*spherical points*) isimlendirdiği ve temel geometrik formların yan yana dizilmiş dairelerin merkez noktalarının birleştirilmesi ile nasıl elde edilebileceğini göstermektedir. Critchlow'a göre 2. form olan altıgen, yüzey üzerinde dağıtım için en ekonomik ve dengeli form olarak belirtilmiştir (Critchlow, 1969:74).



Şekil 3. Temel biçimlerin daire üzerinden incelenmesi (Critchlow,1969:75)

İki boyutlu örüntülerin üçüncü boyutunun araştırılabilmesi için origami sanatından yararlanılmıştır. Origamik tekniğin kullanılmasının en önemli nedeni, ikinci boyutta geometrik örüntülerle olan benzerliğidir. Her iki sanatta da yüzey üçgen formlardan oluşmaktadır. Bir origamik yüzey oluşturmak için öncelikle bir origamik teselasyon oluşturmak gerekmektedir. Origamik teselasyon kâğıdın katlanmasıyla oluşan geometrik tasarımlardır ve vadi ve tepelerin tekrarlamaıyla oluşan karmaşık bir modeldir (Şekil 4), (Gjerde, 2007).

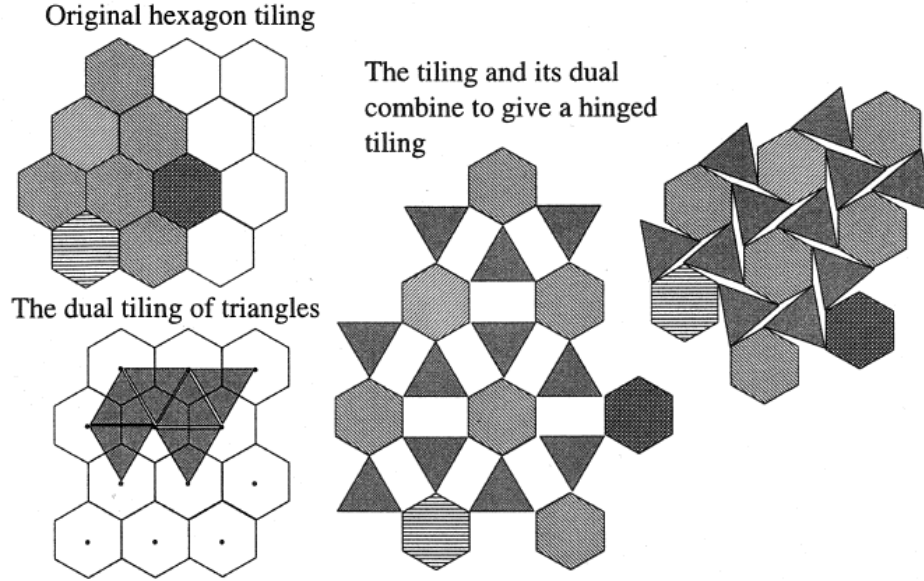


Şekil 4. Origami Tessellations. (Gjerde, 2007)

Menteşeli parçalar (*hinged dissections*) üzerinde çalışan iki matematikçinin araştırmaları bu çalışmanın temel yöntemini oluşturmaktadır. Bu araştırmacılar ilki olan Helena Verrill (1998), origamik örüntülerin üretimi için dört farklı yöntem önermiştir: (i) menteşeli parçalar, (ii) çizgilerin katlanması, (iii) örgü benzeri desenlerin üretilmesi ve (iv) yıldız benzeri konfigürasyonlarla örüntülerin üretilmesi.

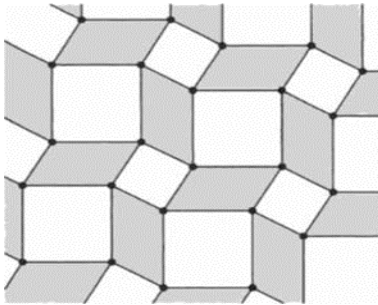
Bu çalışmada ilk yöntem olan hareket edebilir menteşeli parçalardan üç boyutlu formların oluşumu için yararlanılacaktır.

Palmer, Barreto ve Bateman tarafından geliştirilmiş ve origamik bir teselasyon olan bu yöntem, Şekil 5 gösterildiği gibi menteşelenebilir bir özelliğe sahiptir. Temel geometrik formlardan (Arşimet biçimlerinden) üretilen menteşeli desenler, katlama yönlerinin doğru bir şekilde atanması ve birimler arasındaki uygun açılar ile katlanabilir. Sürece bir temel form ile başlanır. Sonra desenlerin içi boşaltılır ve orijinal biçimlerin arasındaki çift desen eklenir. Biçimler çift desene göre döndürülür (Şekil 5). Burada çifti orijinal desen, istenilen oranda ölçeklendirilir (Verrill, 1998).



Şekil 5. Menteşeli desenler oluşumu (Verrill, 1998)

Bir menteşeli teselasyon, menteşeleri düzenli bir şekilde eklendiği bir mozaikleştirir. Ardından teselasyon açılabilir bazı birimleri diğerlerine göre döndürülerek arka plan görünür hale getirilir (Şekil 6), (Frederickson, 2002,117).

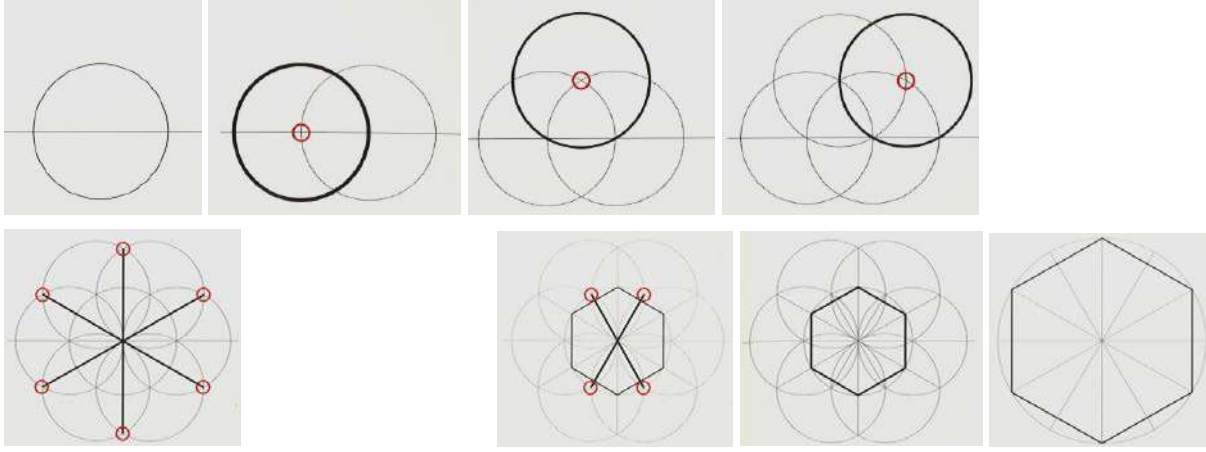


Şekil 6. Bir menteşeli tessellation örneği (Frederickson, 2002,117)

ÖRNEK ÇALIŞMA

Örnek olarak üzerinde çalışılacak olan teselasyon, altıgenlerden oluşan bir örüntü olarak kabul edilmiştir. Bu örüntünün iki boyutta hareket edebilirlik potansiyelin anlamak amacıyla öncelikli olarak geometrik çözümlemesi yapılmıştır. Bir biçimin nasıl oluştuğu, onun nicel ve nitel özelliklerin açıklaya

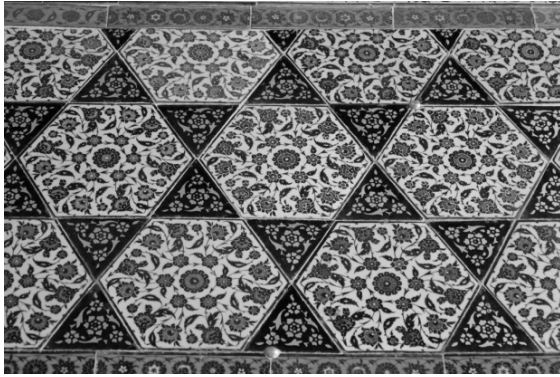
bildiği için ilk adım düşünülmüştür. Broug (2012), altıgenlerin oluşumunu Şekil 7 de görüldüğü gibi belirtmiştir. Kesişme noktaları bir dönme noktası olarak kabul edilirse bu şekilde dönme potansiyeli olan altı nokta bulunmaktadır. Bu biçimle yan yana gelen biçimlerin kesişme noktaları dikkate alarak, duruma göre yeni hareket edebilirlik kurallarının ortaya çıkacağı düşünülmüştür.



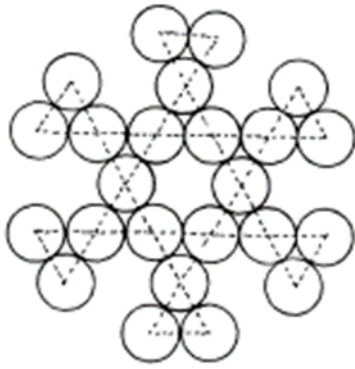
Şekil 7. Altıgen oluşum biçimleri (Broug, 2012:13.)

İslam sanatında ve mimarisinde desenlerin çoğu, optimum bir sıralama ile birbirine uyum sağlayacak şekilde, bir tek motifin tekrarlamasına dayanır. Sanatçılar tüm duvarı kaplayacak detaylı bir desen tasarlamaktansa, yüzeyi örneğin dörtgen veya altıgenlerden oluşan ızgaralara bölebilir ve bağımsız bir motifi her birimde tekrarlayabilir (Broug, 2012: 8). En yaygın desenlerden birisi Şekil 8.'de gösterilmektedir. İlk aşamada örnek desen üzerinde Critchlow'un (1969) küresel noktalar adlandırdığı desen analiz mantığı ile desen analizi yapılmıştır (Şekil 9)

94



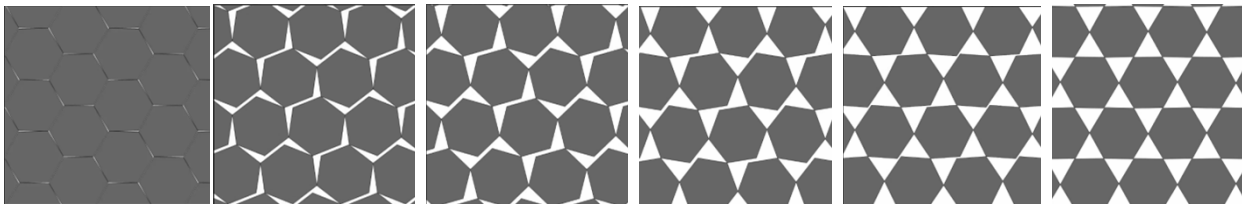
Şekil 8. Topkapı Sarayının altıgen desenlerinden [URL-1]



Şekil 9. Örnek altıgenin oluşum sistemi (Critchlow, 1969:75)

Sonraki aşamada menteşeli desenler mantığı ve yapılan analiz üzerinden çeşitli menteşeli desenleri alternatifleri sunulmuştur. Tasarım sürecinde söz konusu olan tasarım yöntemi ve yardımcı analiz yöntemlerinin yanında birimlerin birbirinin yanında dönmesi için bir bütüncül (sezgisel) tasarım süreci gerekmiştir. Şekil 8 ve 9 da gösterilen örüntü için iki menteşeli desen alternatifi Şekil 10 ve 12 de gösterildiği gibidir. Dolu ve boş birimlerin konumlarının ve açılarının farklılaştırılmasıyla iki alternatif ortaya çıkmıştır. Birimlerin dönmesin sağlayan menteşelerin konumu birimlerin nasıl/ne şekilde döneceğini tarif etmektedir. Birinci alternatifte, altıgen esas form olarak dönmektedir ve üçgenler bu dönme için yardımcı olmaktadır, dolayısıyla form değişmektedirler. İkinci alternatifte ise üçgenler sabittir ve altıgenler form değiştirmiştir. Denemelerden çıkan başka önemli kural, kesişim noktaları veya menteşe olarak isimlendirilen noktalardır. Sabit biçimin yanındaki desen ve onun dönme durumu bir sabit biçimin kaç noktadan menteşelenebileceğini etkilemektedirler. Örneğin birinci alternatifte altıgenin altı köşesinden üç köşesi dönme noktası olarak seçilirken ikinci alternatifte üçgen sabit olduğundan üç köşesi de sabitlenmiştir. Şekil 11 ve 13 de, alternatif desenlerin maketi yapılmıştır. Maket, bilgisayar programıyla çizilen desenlerin ortaya koyduğu özellikler ve davranışlarıyla farklılıklar göstermektedir ve desenlerin pratik durumuna yakın bir şekilde olmasından dolayı daha işlevsel özellikler göstermektedir.

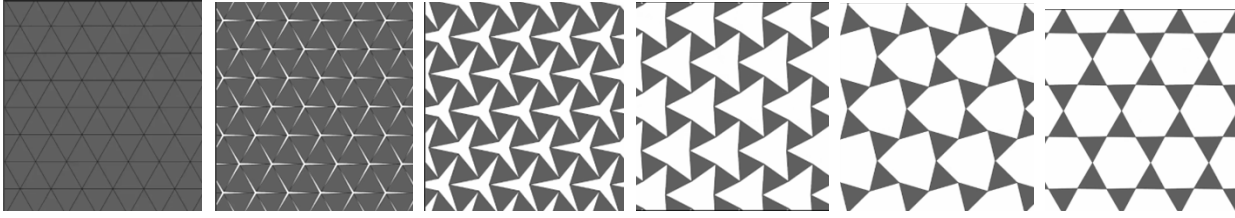
95



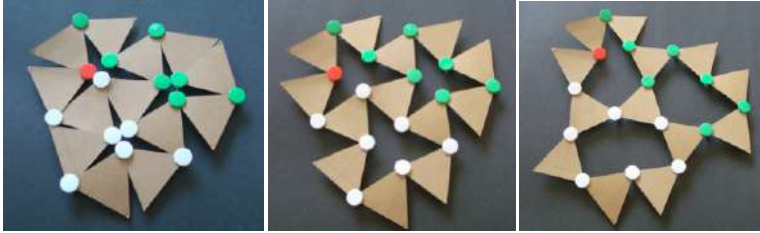
Şekil 10. Altıgen desenin menteşelenme alternatifi-1 (Yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 11. Altıgen desenin menteşelenme alternatifi-1 için maket (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

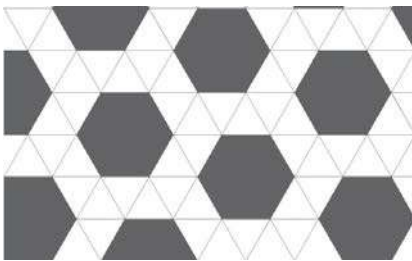


Şekil 12. Altıgen desenin menteşelenme alternatifi-2 (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

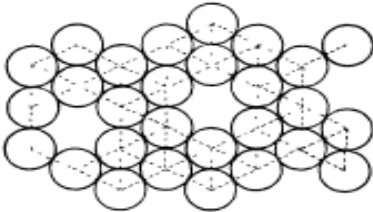


Şekil 13. Üçgen ve Altıgen desenin menteşelenme alternatifi-2 için maket (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

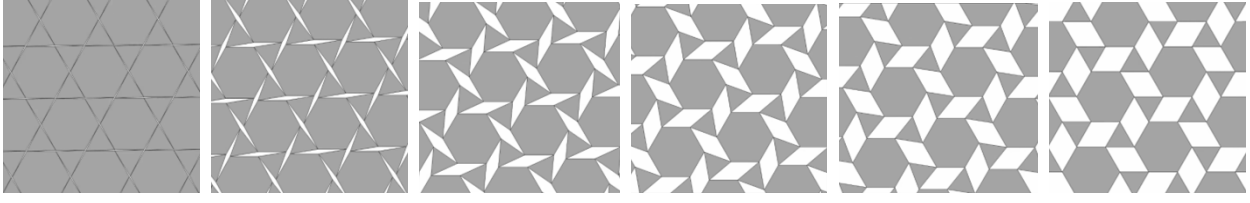
Bir diğer yaygın örnekte altıgen ve üçgenlerin dizin sistemi bir farklı şekilde gösterilmektedir. Bir önceki örnek gibi de bir İslami geometrik deseni örnek alarak, Critchlow yöntemi üzerinden analiz yapılmıştır (Şekil 14 ve 15). Şekil 16 de bu desen için bir menteşeli desen alternatifi sunulmuştur. Üçgenlerin biri sabit ve ikisi birleşerek dönmeyi sağlayan bu örnekteki menteşeli desenlerin hareket edebilirlik kurallarından göstermektedir. Desenlerin bu özellikleri bir deneysel ortamda geometrik desenlerin kurallarını ortaya koymuştur. Şekil 17 de desenin maketi gösterilmektedir. Örnek desenin maket denemesi ile birlikte, onun hareket edebilirliğinin farklı açıları ve koşulları orta çıkmıştır. Birleşim noktalarının detayı, çeşitli birimlerin bir birinin üzerindeki etkileri ve desenlerin biçimsel ve boyutsal ilişkisi, ortaya çıkan koşullardan bir kaç örnektir.



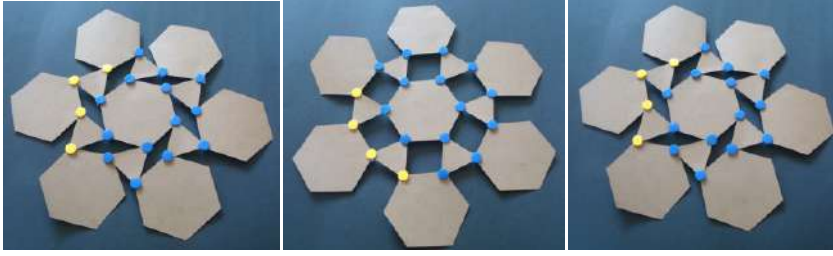
Şekil 14. İslami geometrik desenlerden yaygın bir örnek şablonu (Yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 15. Örnek altıgenin oluşum sistemi (Critchlow, 1969:75)



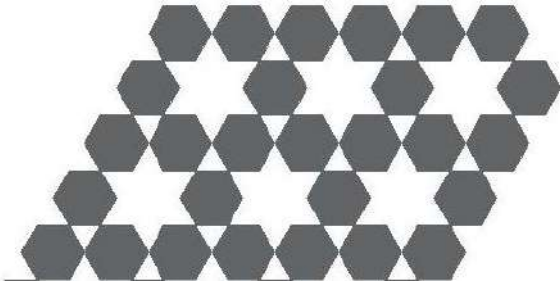
Şekil 16. Altıgen desenin menteşelenerek dönme alternatifi-3 (Yazarlar tarafından üretilmiştir)



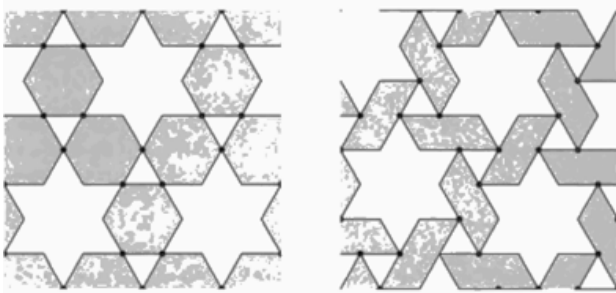
Şekil 17. Altıgen desenin menteşelenme alternatifi-3 maket (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Frederickson (2002) çalışmalarında bir altıgen ve üçgeni anımsatan desende bir yüzey oluşturmuştur. Bu desen, İslami geometrik desenlerin yaygın örneklerindendir (Şekil 18). Şekil 19’da görüldüğü gibi menteşelenme konumunun değişmesiyle farklı açıklıklar elde edilmektedir; örneğin altıgenin her iki noktasını bir üçgenin iki köşesi ile menteşelediğinde, çeşitli teselasyonlar elde edilmektedir.

97



Şekil 18. İslami geometrik desenlerden yaygın bir örnek şablonu (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

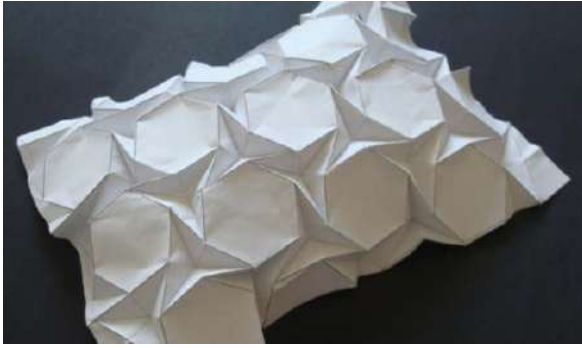


Şekil 19. Altıgen ve üçgenden oluşan menteşeli desen alternatifi (Frederickson, 2002: 118)



Şekil 20. Altıgen ve üçgenden oluşan desenin menteşelenme alternatif-4 maket (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Bir başka örnekte, boşluklar bırakılmadan menteşelenebilir bir yüzey üretilmiştir (Şekil 21). Bu alternatifte, diğer örneklerden farklı olarak yüzeyin üçüncü boyuta taşınması amaçlanmıştır.



Şekil 21. Altıgen desenin üç boyutlu ve menteşelenebilir maket alternatif-5 (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR ÜZERİNE

Bu çalışmada İslami geometrik örüntülerin gramer kurallarının irdelenmesi yoluyla elde edilen kompozisyonların "origami" sanatının yapma biçimleri kullanılarak menteşelenebilir parçalı (*hinged dissections*) kabuk üretme potansiyelleri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın ilk aşamasında geometrik örüntülerin özellikle İslami geometrik örüntülerden olan çokgenlerin gelişimi araştırılarak bunların oluşturulma biçimleri incelenmiş ve sıklıkla kullanılmakta olan "yıldız örüntülerine" odaklanılarak yeni kompozisyonlar denenmiştir.

İslami geometrik örüntülerin eniyilenmiş geometrik formlar olmaları bu örüntüleri bir yüzey tasarımı için uygun kılmıştır. Çalışmada İslami geometrik desenler bir teselasyon (*tessellation*) olarak kabul edilmiştir. Daha sonraki aşamada bu teselasyonların origamik yöntemlerle nasıl menteşelendirilebileceği araştırılmış ve örnek çizimler üzerinden bir tartışma geliştirilmiştir.

Yeni örüntülerin oluşturulmasında gerçekleştirilen denemeler biçimsel bir bakış açısıyla yapılmıştır. Denemeler çizim programları ve maketler desteği ile gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlar ile teselasyonların hareket edebilirlik davranışı, bir teselasyon olarak temel formların (üçgen, kare ve altıgen) form arayışları ve aralarındaki detayların nasıl çalışması gerektiği irdelenmiştir.

Elde edilen sonuçların hareketli/döner bileşenler, katlanır elemanlar, menteşe benzeri bağlantılar aracılığı ile mimari yüzey ya da kabuk tasarımında kullanılabileceği düşünülmektedir. Özellikle güneş

korunumu amacıyla cepheye yerleştirilebilecek paneller ya da ikincil cidarlar için potansiyeller barındırdığı görülmüştür. Araştırma sürecinde menteşeli desenlerin bir mimari elemanı olarak katmanlı bir şekilde çalışabilecek potansiyeli dikkat çekici bulunmuştur. Araştırmanın devamında çok katmanlı menteşelenebilir origamik yüzeylerin denemesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Abas, S. J., Salman, A. S., Moustafa, A. & Atiyah, M. (1995). *Symmetries of Islamic geometrical patterns*. Singapur: World Scientific.

Abdullahi, Y. & BinEmbi, M. R. (2013). Evolution of Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research*, 2(2): 243_251. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263513000216>

Ahmad al ajlouni, R. (2005). *Development and Evaluation of a Digital Tool for Virtual Reconstruction of Historic Islamic Geometric Patterns*. Doctoral Dissertation, A&M University, Texas.

Alani, M.W. & Barrios, C. R. (2015), *A Parametric Description for Metamorphosis of Islamic Geometric Patterns*. Paper Presented at CAADRIA 2015: Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, 18-23 May 2015, Kyungpook National University, Daegu, Korea.

Alani, M.W. & Barrios, C. R. (2015), *A parametric metamorphosis of Islamic geometric patterns: The extraction of new from traditional*. Paper Presented at ARCC 2015 Conference, April 6-9 2015, Chicago, Illinois.

99

Alexander, C. (1979). *The timeless way of building*. New York: Oxford university press.

Ardalan, N., Bakhtiar, L. (2009). *The Sence of unity*. Chicago: The University of Chicago Press.

Aslanapa, O. (1972). *Türk Sanatı*. İstanbul: Remzi yayınları.

Alani, M.W. & Barrios, C. R. (2015). *Parametric analysis in Islamic geometric designs*. Paper Presented at CAAD Futures 2015-16th International Conference, July 8-10 2015, São Paulo, Brazil.

Broug, E. (2012). *İslam Sanatında Geometrik Desenler*. İstanbul: Klasik.

Bökü, A. (2009). *Biçim Grameri Türetme Yönteminin Anadolu Selçuklu Geometrik Bezemeleri Üzerinde Denemesi (Örüntü Türetme Yöntemi Olarak Biçim Grameri)*. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Burckhardt, T. (2009). *Art of Islam, Language and Meaning*. London: World of Islam Festival Pub Co.

Cenani, Ş. & Gülen, Ç. (2007). *Shape Grammar of Geometric Islamic Ornaments*. Paper Presented at GA2007, 10th Generative Art International conference, 12-14 December 2007, Politecnico di Milano University, Italy.

Critchlow, K. (1969). *Order in Space, A Design Source Book*. Newyork: Thames and Hudson.

Dabbour, M. L. (2012). Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research*, (2012) 1: 380–391.

Dalağan, V. (2012). *İslami Yıldız Geometrik Örüntülerin Biçim Grameri Yöntemleri İle kurallı Üretimi*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Demiriz, Y. (2004). *İslam Sanatında Geometrik Süsleme*. İstanbul: Yorum Sanat ve Yayıncılık.
- Gazi, Aylin. (2010). *A Method To Design Kinetic Planer Surfaces With Mathematical Tessellation Techniques*. Master's Thesis, Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology, İzmir.
- Grabar, O. (1988). *İslam Sanatının Oluşumu* (N. Yavuz, Çev.). 1. Baskı, İstanbul: YKY.
- Guzelci, O. Z. & Guzelci, H. (2015). *An Experimental Study on Generation Process of Geometric Patterns*. Paper Presented at GA2015 18th Generative Art conference, 10-11 December 2015, Venice, Italy.
- Frederickson, Greg N. (2002), *Hinged Dissections: Swinging and Twisting*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hamzaoglu, B. (2017). *Computing the Making of Seljuk Geometric patterns*. Master's Thesis, İTÜ Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul.
- Hamzaoglu, B. & Özkar, M. (2017). *Hesaplamalı Örüntü Tasarımında Yapım Kuralları: CNC Frezeleme ile Bir Deneme*. 11. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumunda sunulmuş bildiri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Hemmerling, M. (2010). *Origamics, Digital Folding Strategies in Architecture*. Paper Presented at In CAAD | Cities | Sustainability: 5th International Conference Proceedings of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design, Fez, Morocco.
- Hillendbrand, R. (2005). *İslam Sanatı ve Mimarlığı*. İstanbul: Homer Kitapevi.
- Huseynli, Aytan. (2016). *Geometric and Mobility Analysis of the MIURA-ORI Pattern and Its Derivations*. Master's Thesis, Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology, İzmir.
- Issam, E. & Parman, A. (1983). *Geometric Concepts in Islamic*. Kent: World of Islam Festival Publishing Compan.
- Jowres, I., Eissa, H., Prats, M. & Lee, J.H. (2010). *Study of Emergence in the Generation of Islamic Geometric Patterns*. Paper Presented at 15th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2010, 39–48, Hong Kong.
- Kara Pilehvarian, N. ve Kılıçoğlu, S. (2017). Emevi ve Ebbasi Sanatında Geometri. *Megaron Dergisi*, 12(4), 605-618.
- Kolorevic, B. (2005). *Architecture in the Digital Age- Design and Manufacturing*. Oxon: Taylor and Francis.
- Liapi, K. A. (2002). *Transformable Architecture Inspired by the Origami Art: Computer Visualization as a Tool for Form Exploration*. Paper Presented at ACADIA Proceedings of the 2002 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, California: Cal Poly, Pomona.
- Lu, Peter, J. & Steinhardt, Peter, J. (2007). Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture. *Science*, 315: 1106-1110.
- Macri, Scott. (2015). *Practical Applications of Rigid Thick Origami in Kinetic Architecture*, Doctoral

Dissertation, University of Hawai‘i at Manoa, Honolulu.

Matcha, H. & Ljubas, A. (2010). *Parametric Origami Adaptable temporary building*. Paper Presented at eCAADe In *Future cities: 28th eCAADe Conference Proceedings*, Switzerland, Zurich.

Mülayim, S. (1982). *Anadolu Türk Mimarisinde Geometrik Süslemeler*. Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.

Owen, Jones. (1910). *The Grammar of Ornament*. London: Quaritch.

Ozsariyildiz, S. (1991). *Conceptual Design by means of Islamic-Geometric-Patterns within a CAAD-Environment*, Doctoral Dissertation, TU, Delft.

Ahmad Al Ajlouni, R. (2005). *Development and Evaluation of A Digital Tool for Virtual Reconstruction of Historic Islamic Geometric Patterns*, Doctoral Dissertation, Texas A&M University.

Schenk, M. (2011). *Folded Shell Structures*. Doctoral Dissertation, University of Cambridge, Cambridge.

Schenk, M. (2012). *Origami in Engineering and Architecture workshop* http://www.markschenk.com/research/teaching/ArchEng2012_lecture_web.pdf sayfasından erişilmiştir.

Samuelsson, C. & Vestlund, B. (2015). *Structural Folding A parametric design method for origami architecture*. Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg.

The Metropolitan Museum of Art (2004). *Islamic Art and Geometric Design Activities for Learning*. Retrieved from

http://resources.metmuseum.org/resources/metpublications/pdf/Islamic_Art_and_Geometric_Design_Activities_for_Learning.pdf

Ulu, E. (2009). *İslami Geometrik Örüntü Türetimi Amaçlı Bir Biçim Gramer Modeli*. Yüksek Lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ulu, E. & M. Şener, S. (2009). *A Shape Grammar Model To Generate Islamic Geometric Pattern*. Paper Presented at GA2009 12th Generative Art Conference, Politecnico di Milano University, Italy.

Verrill, H. (1998). *Origami Tessellations*. *The Bridges Archive*, 28–30 July 1998, 55–68. Winfield, Kansas, USA. Retrieved from <http://archive.bridgesmathart.org/1998/bridges1998-55.pdf>.

Yetkin, S. K. (1974). *İslam Ulkelerinde Sanat*. İstanbul: Murat Matbaacılık.

[URL1] <https://hiveminer.com/Tags/tessellation%2Ctopkapipalace> (erişim tarihi: 24.04.2108)

[URL2] <http://www.metmuseum.org> (erişim tarihi: 28.03.2108)

[URL3] <http://islamic-arts.org/2012/tiles-of-infinity/> (erişim tarihi: 24.04.2108)

[URL4] <http://artofislamicpattern.com/resources/educational-posters/> (erişim tarihi: 24.04.2108)