

**Escher Tarzı Bezemelerde, Hesaplamalı Simetriye Özgün
Bir Bakışla, Otomatik Stil/İçerik Ayrışımı ve İlgili
Matematiksel Görüntü Analizi Problemlerinin Adreslenmesi**

Program Kodu: 1001

Proje No: 114E204

Proje Yürütücüsü:

Prof. Dr. Sibel TARI

Bursiyer(ler):

Venera Adanova

Murat Gençtav

TEMMUZ 2017

ANKARA

ÖNSÖZ

Geniş kapsamlı olarak, bezeme ve süslemelerin, yani şekillerin bir düzlemi dolduracak şekilde tekrarı ile ortaya çıkan desenlerin, hesaplamalı incelemesi üzerine kurgulanmış 114E204 numaralı proje Ekim 2014 tarihinden itibaren 27 ay süreyle TÜBİTAK 1001 programı kapsamında desteklenmiştir. Proje kapsamında ağırlıklı olarak asimetrik ve iç içe geçen şekillerin tekrarı ile ortaya çıkan desenler çalışılmış olup, söz konusu bezeme ve süslemelerin analizlerinin klasik grup kuramsal yaklaşımın ötesinde ele alınması gerektiği örneklerle gösterilmiş ve grup kuramsal yaklaşımın ötesinde çözümler önerilip geliştirilmiştir. Bezeme ve süslemelerin insanlığın kültürel tarihinde önemli bir yeri vardır. Proje kapsamında yapılan çalışmalar ile hem insani bilimler hem de matematik problemleri açısından zenginliklerle dolu düzlem simetri desenlerinin anlaşılmasına katkı sağlanmıştır.

Proje ekibi, rapor edilen bilimsel gelişmeleri ve devamını mali açıdan mümkün kılan TÜBİTAK'a ve gelişmeleri izleyen ve yönlendiren hakeme teşekkür eder.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ANA METİN	1
1. İMALI KODLAMALAR ve GENEL AKIŞ	3
2. İŞ PAKETLERİ DÜZEYİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR	6
2.1 Bezeme Veri Seti.....	6
2.2 Destekleyici Görüntü İşleme Çalışmaları: Renk Filtresi ve Segmentasyon.....	7
2.3 Tekrar Yapısını Ortaya Çıkaran İmalî Kodlama Geliştirmek	8
2.3.1 Kodlama 1 ve Kodlama 2	9
2.3.2 Kodlama 3	10
2.4 Gruplama çalışmaları	11
2.5 Düzlem Simetri Grubunu kesin olarak belirlemek	14
2.6 Nihai Çözümleme: Tekrar ünitesini bulmak.....	14
2.7 Yeni desen yaratma	16
2.8 Danışmanlar ve paydaşlar ile etkileşim ve ileriye yönelik planlar.....	18
KAYNAKLAR	19

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 17 Düzlem Simetri Grubuna Polya tarafından yapılmış soyutlama (Schattschneider, 1978).	1
Şekil 2. İki aşamalı olarak imalı kodlamanın elde edilişi. Birinci aşama (orta kolon) sonucu iki düzeyli (0/1) bir maske elde edilir (Bölüm 2.2). Sonraki aşamada Denklem 1'deki algoritma aracılığı ile nihai kodlama hesaplanır.	3
Şekil 3. Kodlama 1'in kullanımı. Bölüm 2.4.	5
Şekil 4. Kodlama 2'nin kullanımı. Bölüm 2.5 ve 2.6.	5
Şekil 5. Escherin orijinal simetri çizimlerinden örnekler.	6
Şekil 6. Bilgisayar üretilmiş bezemelerden örnekler.	6
Şekil 7. iOrnament kullanarak ürettiğimiz bezemelerden örnekler.	7
Şekil 8. Segmentasyon sonucu elde ettiğimiz maske örnekleri.	8
Şekil 9. Dönüşüm sonuçları (birinci satır) ve dönüşümün uygulandığı bezemeler (ikinci satır).	9
Şekil 10. Tekrar ünitesini aramak için kullandığımız dönüşüm.	10
Şekil 11. Kaplan (2000)'den İslami bezeme örneği ve başkalaşım bastırıcı dönüşüm.	10
Şekil 12. SMDS grublama sonuçları. İlk sütun 2 boyuta indirgeme sonuçlarını, ikinci sütun 3 boyuta indirgeme sonuçlarını göstermektedir.	12
Şekil 13. (a) 3- ve 6-fold rotasyon olanlar 4-fold rotasyon olanlara karşı birleşmiştir. (b) 6-fold rotasyonlu olanlar 3-fold rotasyonlu olanlardan ayrılmıştır.	12
Şekil 14. (a) Rotasyon olan bezemeler rotasyon olmayanlara karşı birleşmiştir. (b) Sadece rotasyon olmayan bezemeler kullanılmış ve bu bezemeler yine kendi aralarında öteleme simetrisi içerenler ve kayma simetrisi içerenler olmak üzere ayrılmıştır.	13
Şekil 15. Her bir satırda verilen şekil için kendisine en çok benzeyen şekli içeren 10 bezeme gösterilmektedir.	14
Şekil 16. Desenleri 13 gruba ayırabilmemiz için düzenlediğimiz ağaç.	15
Şekil 17. Bağlantı grafiği.	15
Şekil 18. Örnek sonuçlar.	16
Şekil 19. Birinci kolonda verilen bezemelerin geliştirdiğimiz analiz yöntemleri kullanılarak en basit tekrar üniteleri çıkarılmış ve söz konusu tekrar üniteleri başka kurallara tabi tutularak diğer iki kolonda verilen yeni desenler elde edilmiştir.	17
Şekil 20. Ele aldığımız 13 simetri grubunun hücre yapısı. Koyu kısımlar tekrar ünitesini gösterir.	18

ÖZET

Bezemelelerin matematiksel dili grup-kuramına dayanır; temel motif(ler)in öteleme, yansıma, kayma yansıması ve rotasyon olmak üzere dört temel işlem aracılığıyla bir düzlemi tekrarlar ile nasıl kaplayabileceğini tanımlar. Bir bezemede biri matematiğe diğeri sanata ait iki seviye vardır. Temel motifin olası tekrarları (yani simetri seçenekleri) sonlu olduğu halde, tekrar ünitesinin içinde artistik özgürlük başlar. Bezemelelerin analizleri en küçük tekrar ünitesinin bulunabilmesini gerektirirken, oluşturdukları algıyı matematiksel (tekrar yapısı) ve artistik (tekrar ünitesi) bileşenlerin etkileşimi belirler. Projemiz, artistik özgürlüğün son derece dahice kullanıldığı M.C. Escher Bezemeleleri üzerinedir. İslam Sanatının doruklarından, Endülüs Bölgesi Alhambra Sarayı bezemelelerinden de ilham almış olan 20.yy dehası sanatçı tekrarlar ile oluşturulan klasik grup kuramsal modellemeyi zorda bırakacak görsel sürprizler yaratmıştır.

Projede, temel modelleme aracımız ya da paradigmamız olarak, yürütücü S. Tarı ve öğrencileri tarafından geliştirilip yaygınlaştırılmakta olan imge düzeyi analizi kavram düzeyi analize bağlayan köprü rolü üstlenen kodlamalar kullanılmıştır. Bu kodlamaların temel rolü, artistik bileşenlerin filtrelenmesidir. Böylelikle, atılmayan bilgi gürbüz bir biçimde matematiksel bileşeni kodlamaktadır. İleri sürdüğümüz paradigmayı projenin bütün adımlarında kullanarak, ilginç renk permütasyonları ve form seçimleri sayesinde simetriyi kırarak ve/veya hipersimetri yaratarak klasik düzlem simetri gruplarının dışına çıkan Escher tarzı bezemelelerde en küçük tekrar ünitelerini ve tekrar yapılarını başarı ile hesaplayabildik. Literatürden oldukça farklı olarak, tekrar eden birimlerin bulunması sürecini global tekrar yapısının aranmasına gerek duymadan gerçekleştirdik. Gerek bağlama bağlı karmaşık algının modellenmesi, gerek matematik bileşenin ortaya konması yani tekrar yapısının bulunması, gerekse tekrar ünitesinin elde edilmesi süreçleri boyunca bütün kararlar imali gösterimlerin ortaya koyduğu ilişkilerin lokal incelenmesi ile alınmaktadır. Ortaya koyduğumuz yaklaşımda, bugüne dek izlenen yöntemin aksine, global organizasyon aranmamaktadır. Proje kapsamında iç içe geçen şekiller içeren bezeme veri setleri oluşturulmuş ve destekleyici çalışmalar olarak renkli görüntü işleme yönelik çözümler geliştirilmiştir. Son olarak da proje çalışmaları sonucu kazanılan bilgi ve tecrübe sonucu üretim alanına yönelik olarak dijital üretimde şekil örüntüleri üzerine yeni bir proje kurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Escher tarzı bezeme, Renk permütasyonlu simetri, İmalı kodlama, Hesaplamalı yaratıcılık

ABSTRACT

Mathematical language for ornaments is based on group theory. It describes how repeating units via four basic operations can fill a plane. An ornament has two components, repetition structure and repetition unit, one being the mathematical side the other the artistic side. Even though there are only finite possibilities for repeating a unit, they are enough to create infinitely many ornaments, due to the artistic freedom inside the basic unit. While analysis of an ornament means finding the smallest repetition unit and the rules of repetition (separating mathematical and artistic components), perception is influenced by the interaction of the respective components. In our project, the focus is Escheresque ornaments where the artistic freedom is used to create ornaments full of visual surprises that compellingly demonstrate the inadequacy of the classical group theoretical approach.

Throughout the project special intermediate-level codings introduced and widely spread by the Principal Investigator and her students are used as the modeling paradigm. The key idea is to transform finite extent ornament images to new images that code high level connections and interactions in implicit manner. Our methods are able to cope with ornament with complex color permutations and asymmetric interlocking forms. Our studies extend in two directions. In the first, we are able to extract the minimum fragment that is sufficient to create the analyzed ornament as well as the respective rules of repetition. In the second, without analyzing the ornament, we are able to define context dependent proximity relations among a group of ornaments. Not seeking for a global order is our main departure point from the existing literature on symmetry. Instead of directly searching for a global repetition lattice, we rely on continuous suppressing the artistic component via proposed codings.

In the report, we also summarize our future plans initiated with stakeholders.

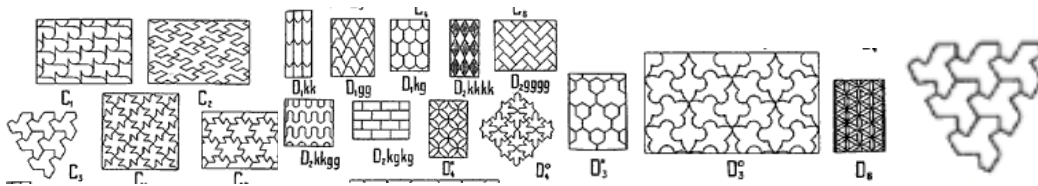
Keywords: Escheresque ornament, Color symmetry groups, Implicit coding intermediate level representations, Computational creativity

ANA METİN

İşlevselden estetiğe geniş bir yelpazede Bezeme ve/veya Süslemeler, yani tekrar eden motiflerin oluşturduğu görsel örüntüler, antik çağlardan bu yana insan kültürünün bir parçası olagelmıştır. Bu örüntülerde tekrarların oluşturduğu ahenk simetri olarak adlandırılır. Simetri kelimesi Yunanca birlikte ve ölçmek anlamlarını taşıyan sum ve metron kelimelerinden türemiş olup, farklı elemanları bir ahenk içinde tek bütüne dönüştürme işlevini yüklenir.

Bu ahengi matematiksel olarak yakalayabilmek, yani simetrileri matematiksel düzeyde anlamak üzere grup-kuramsal bir dil gelişmiştir. Bu dil temel motif(ler)in bir uzayı tekrarlar ile nasıl kaplayabileceğini tanımlar. Klasikleşmiş anlayış; kenar süslemeleri gibi doğrusal tekrarları Frieze Grupları, düzlemsel tekrarları ise Duvar Kağıdı Grupları yada Düzlem Kristal Grupları olarak da adlandırılan Düzlem Simetri Grupları ile tanımlar. Doğrusal süslemelerin (öteleme, yansıma ve 180 derece dönme ile) 7 farklı türde üretilebileceği gösterilmiştir. Gerek estetik gerekse matematiksel açıdan çok daha ilginç olan iki bağımsız eksende tekrarlar içeren düzlemsel bezemelerdir. Düzlemsel bezemelerin, (öteleme, yansıma, kayma yansıması ve rotasyon olmak üzere dört temel işleme dayalı) tam tamına 17 farklı türde üretilebileceği gösterilmiştir.

Bu 17 grup için Polya tarafından yapılan bir soyutlama aşağıda, Şekil 1'de yer almaktadır. 1952'de "International Union of Crystallography" tarafından bu gruplar artan simetri sırasına göre $p1$, $p2$, pm , pg , cmm , pmm , pmg , pgg , cmm , $p4$, $p4m$, $p4g$, $p3$, $p3m1$, $p31m$, $p6$, $p6m$ olarak adlandırılmıştır. Farklı isimlendirmeler ve notasyonlar da kullanılmaktadır. Ancak oluşturulabilecek farklı simetri yapısı tam tamına 17'dir (Schattschneider, 1978). Örneğin, sol üstteki grup yalnızca öteleme içeren $p1$ grubudur. Hemen altındaki (ayrıca en sağda büyük olarak gösterilen) grup ise üç farklı 120° rotasyon merkezine sahip, hiç bir yansıma veya kayma yansıması içermeyen $p3$ grubudur.



Şekil 1. 17 Düzlem Simetri Grubuna Polya tarafından yapılmış soyutlama (Schattschneider, 1978).

Bu sınıflamalar otomatik bezeme ve süsleme üretmek açısından yeterli bulunabilecek gibi olsa da, üretilmiş bezeme ve süslemelerin yarattığı algı bambaşka bir konudur. Örneğin Düzlem Simetri Grubunun en ilgi uyandıran örneklerini barındıran İspanya Endülüs Bölgesindeki Alhambra Sarayı bezemelerinin 17 duvar kağıdı grubunu barındırıp barındırmadığı matematikçiler arasında bugün hala net yanıtı olmayan tartışmalı bir sorudur (Grünbaum, 2006). Bu kısmen renk permütasyonlarını sınıflayış farklılıklarından kaynaklanıyor olabilir. Bunun yanı sıra, tekrar ünitelerinin kendi iç simetrisi de aynı bezemenin birden farklı kuralla üretilebilmesini olası kılar. Tekrar ünitelerinin iç simetrisi gibi tek bir faktör bile, sentez ve analiz (matematiksel anlamda forward ve inverse problemler) arasındaki birebir ilişkiyi yok eder; son algı ile üretiliş süreci arasındaki ilişki birebir bir eşleme olmadığı için ters problemin çözümü özellikle zordur.

Konu tekrar ünitelerine gelmişken, bezemeleri yapısal olarak en az iki farklı seviyede irdelememiz gerekir. Bunlardan biri matematiğe ait diğeri sanata ve artistik özgürlüğe aittir. Temel tekrar ünitesi sanat düzeyi ve matematik düzeyi arasına net çizgi çeken bir kavram olarak düşünülebilir. Temel tekrar ünitesinin içinde artık tekrar yoktur ve işte tam bu noktada artistik serbestlik devreye girer. Matematiksel düzeyde çok net tanımlı bir yapıya sahip olan bezemelerin asırlar boyu insanlar üzerinde yarattığı büyülenme işte bu noktada başlar.

İslami Sanat'ın doruğu olarak görülen Alhambra Sarayı bezemelerinin 20.yy dehası grafik sanatçı M.C. Escher için ilham kaynağı olduğu bilinir (Schattschneider, 2003; Schattschneider, 2010). Artistik özgürlüğü maksimumda kullanan sanatçı esinlendiği klasik İslam Sanatına canlı figürler ve asimetrik tekrar üniteleri eklemiştir.

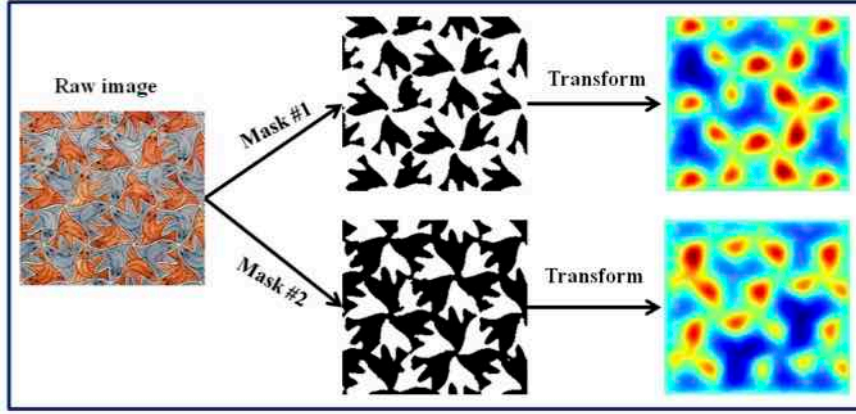
Escher, canlı formlardan seçtiği asimetrik motiflerinde simetri kırma sergilemenin yanı sıra, aynı bezeme içinde renk kombinasyonlarını farklı şekilde permüte ederek, form sayısı ve türü hatta aynı bezeme boyunca simetri grubunu değiştirerek alışılmış simetri tanımlarının çaresiz kaldığı görsel sürprizlerle dolu büyüleyici bezemeler çıkarmıştır. Tekrar sıkıcılık çağrıştıracak iken, bezemelerinde tekrarın sıradanlığı yerine hareketin ve dönüşümün dinamizmi ortaya çıkmaktadır.

Projemiz, artistik özgürlüğün son derece dahice kullanıldığı M.C. Escher Bezemeleri üzerinedir. Escher tarzında bezemelerin incelenmesinde iki ana koldan ilerledik. Birinci kolda, bağlama bağlı olarak, verilen bir bezeme seti kapsamında, ortaya çıkan gruplamaları inceledik. İkinci kolda, en küçük tekrar ünitesini ortaya çıkaran yöntemler geliştirdik. Her iki

yönde de hiçbir zaman global tekrar yapısını doğrudan aramadık. Projede öne sürülen çözümün temeli imalı kodlamalar aracılığı ile artistik bileşenlerin filtrelenmesidir.

1. İMALI KODLAMALAR ve GENEL AKIŞ

Projede 3 çeşit imalı kodlama yer almaktadır. Bunlardan ilk iki kodlamada artistik bileşenlerin filtrelenmesi 2 aşamalı olarak aşağıdaki şemada gösterilen şekilde yapıldı. İlk aşamada amaç iki düzeyli (0/1) bir maske elde edilmesi olup, ardından tüm görüntü düzeyine 0-1 arası yumuşak geçen değerler atanır. Aşağıdaki şemada üçüncü kolon bu son aşamayı yani 0-1 arası değerleri yapay bir renk skalasında göstermektedir. Değer atama işlemi Denklem 1 ve Denklem 2 aracılığı ile tanımlanan yinelemeli algoritma ile yapılmaktadır.



Şekil 2. İki aşamalı olarak imalı kodlamanın elde edilişi. Birinci aşama (orta kolon) sonucu iki düzeyli (0/1) bir maske elde edilir (Bölüm 2.2). Sonraki aşamada Denklem 1'deki algoritma aracılığı ile nihai kodlama hesaplanır.

Denklem 1'de yer alan ω fonksiyonu imge düzlemindeki her p noktasında tanımlı olup, yinelemeli algoritmaya göre değeri eski değerine bir ofset eklenmek suretiyle güncellenir. Bu ofset Denklem 2 setinde verilen üç terimin ve dışarıdan girilen ve her imge noktasında tanımlı bir kaynak fonksiyonu olarak görülebilecek $f(p)$ fonksiyonu ile toplamının α katından oluşur. Üst indis olarak kullanılan t yineleme numarasını göstermektedir. Yinelemeler, ofset yeterince küçülene kadar sürdürülür.

$$\begin{aligned}\omega^{t+1}(p) &= \omega^t(p) + \Delta^t(p) \\ \Delta^t(p) &= \alpha(\text{term}_1^t(p) - \text{term}_2^t(p) - \text{term}_3^t(p) + f(p))\end{aligned}\quad (1)$$

Denklem 2 de birinci terimi açıklamak için kullanılan gösterimde, N, S, W, E alt indisleri p noktasının grid üzerinde en yakın komşularını temsil etmektedir. Yani birinci terim bir çeşit kesikli Laplace operatörüdür.

$$term_1(p) = \omega(p_N) + \omega(p_S) + \omega(p_W) + \omega(p_E) - 4\omega(p)$$

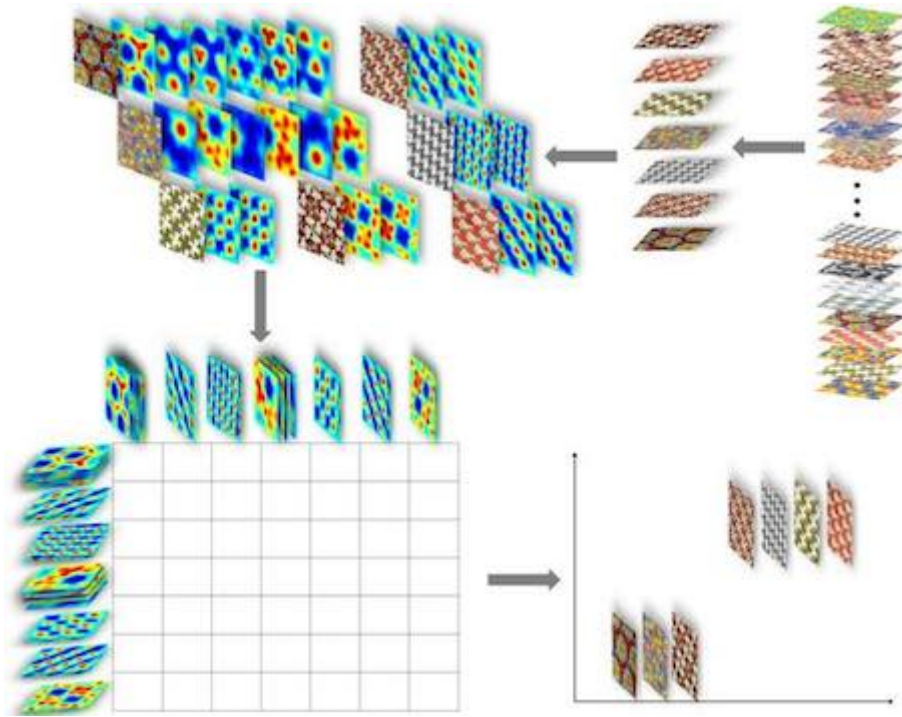
$$term_2(p) = \frac{1}{|S|} \sum_{q \in S} \omega(q) \quad (2)$$

$$term_3(p) = \frac{1}{|S|} \omega(p)$$

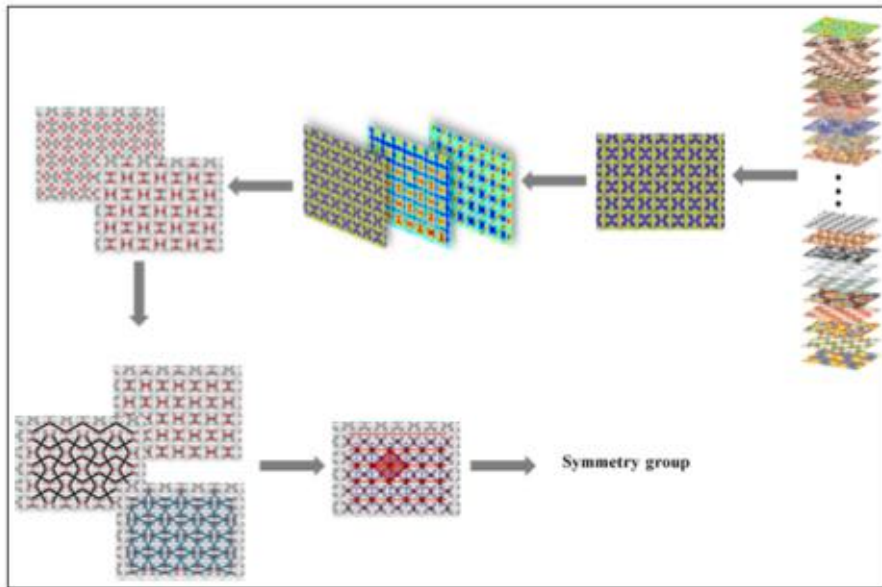
Verilen yinelemeli algoritma, Tarı (2009) tarafından önerilen integro-diferansiyel denklem tabanlı şekil dönüşümünün genelleştirilerek imge düzlemine ve düzlem simetri problemine uyarlanması ile elde edilmiş olup, güncellemede kullanılan $f(p)$ fonksiyonunun seçilişi, imge düzleminin sınırlarında uygulanan koşullar ve üç terimin görelî ağırlığı farklı ω sonuçlarına olanak vermektedir. Proje kapsamında amacımıza yönelik olarak 2 çeşit imge düzlemi ω fonksiyonu hesapladık.

Bunlardan ilkinde tüm terimler eşit ağırlıkta kullanıldı ve $f(p)$ siyah bölgelerde beyaz bölgelere olan en yakın uzaklık beyaz bölgelerde ise sıfır olarak alındı. Şekil çeperlerinde hiçbir koşul uygulanmaksızın, imge çeperlerinde ω sabit tutuldu. Bu bize birinci imalı kodlamamızı verdi. Bölüm 2.3'te **Kodlama 1** olarak tanımlanan bu ω verilen bir bezeme setini bağlama bağı olarak bezeme seti içi benzerliklerden yararlanarak öğretmensiz (*Ing.* unsupervised) olarak gruplama amacı ile kullanıldı. Genel çerçeve Şekil 3'te görülebilir. Kodlama 1'i kullanan gruplama çalışmaları (SIFT özniteliklerini ve boyut düşürme yöntemlerini kullanan) örnek sonuçlarla beraber Bölüm 2.4' te yer almaktadır.

Bölüm 2.3'te **Kodlama 2** olarak tanımlanan dönüşüm ise, $f(p)$ fonksiyonunun siyah bölgelerde, beyaz bölgelere uzaklığın adaptif belirlenen bir eşik altında kaldığı bölgelere 1 kalan bölgelere 0 atanması ile oluşturulması ve Denklem 1'den ikinci terimin atılması sonucu ortaya çıkan ω fonksiyonudur. Kodlama 2'nin kullanım amacı Kodlama 1'in kullanım amacından farklıdır. Birinci kodlama bezeme setlerini bağlama bağımlı gruplamada kullanılırken, ikinci kodlamanın amacı doğrudan tekrar yapısını elde etmektir. Tek bir bezeme üzerinde diğêr bezemelerden bağımsız olarak kullanılır. Genel çerçeve Şekil 4'te görülebilir. Kodlama 2'yi kullanan çalışmaları Bölüm 2.5 ve 2.6'da detaylandırılmaktadır.



Şekil 3. Kodlama 1'in kullanımı. Bölüm 2.4.



Şekil 4. Kodlama 2'nin kullanımı. Bölüm 2.5 ve 2.6.

Kodlama 2'nin Bölüm 2.5 ve 2.6 da gösterildiği şekilde kurulan çizge yapıları ve verilen karar ağacı desteği ile analiz edilmesi sonucu en basit tekrar ünitesi elde edilebilir. En basit tekrar ünitesi, daha sonra, farklı renk permütasyonları, farklı ayna simetrisi, vb. değişikliklerle yeni bezeme üretiminde de kullanılabilir. Örnek sonuçlar Bölüm 2.7'de yer almaktadır.

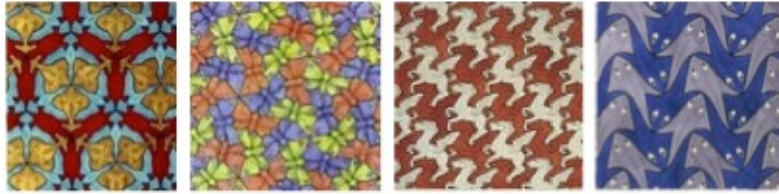
Çizilen bu genel resmin ardından, izleyen bölümde çalışmaları İş Paketleri kapsamında ele alacağız.

2. İŞ PAKETLERİ DÜZEYİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

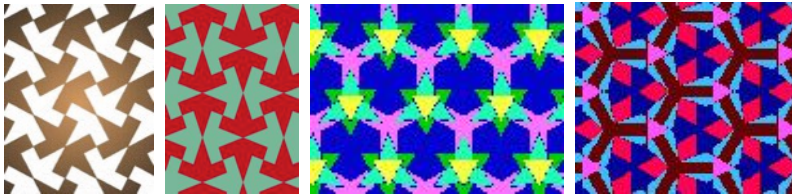
2.1 Bezeme Veri Seti

Proje önerisinde yer alan 12 numaralı iş paketi olup, paket kapsamındaki çalışmalar 24 aya yayılarak tamamlanmıştır. Proje bitiminde genel kullanıma açılacak olan etiketli bezeme setleri oluşturma işlemi başarı ile tamamlanmıştır.

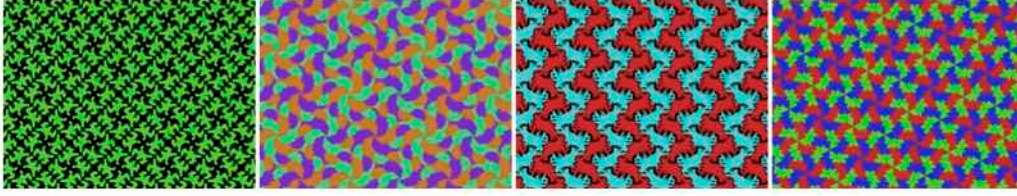
İş paketinde, proje önerisinde toplamış olduğumuz bezemelerin çoğaltılmasına devam edilmiştir. 145 tane etiketlenmiş bezeme içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bezemelerin 28 tanesi Escher'in orijinal simetri çizimleri olup internetten indirilmiştir. Bilgisayar üretilmiş 17 tane bezeme değişik kaynaklardan ve 40 tane bezeme de iOrnament uygulamasının galerisinden indirilmiştir. Kalan 60 bezeme iOrnament uygulaması aracılığıyla kendimizin ürettiği bezemelerdir. Üretilen bezemelerin bütün simetri gruplarını kapsamasına ve değişik renk, ton ve motif içermelerine özen gösterilmiştir. Uygulama aracılığıyla ürettiğimiz bezemelerin yarısına yakını Escher'in bezemeleri dikkate alınarak çizilmiştir. Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7 oluşturulan gruplardaki bazı örnek bezemeleri göstermektedir.



Şekil 5. Escher'in orijinal simetri çizimlerinden örnekler.



Şekil 6. Bilgisayar üretilmiş bezemelerden örnekler.



Şekil 7. iOrnament kullanarak ürettiğimiz bezemelerden örnekler.

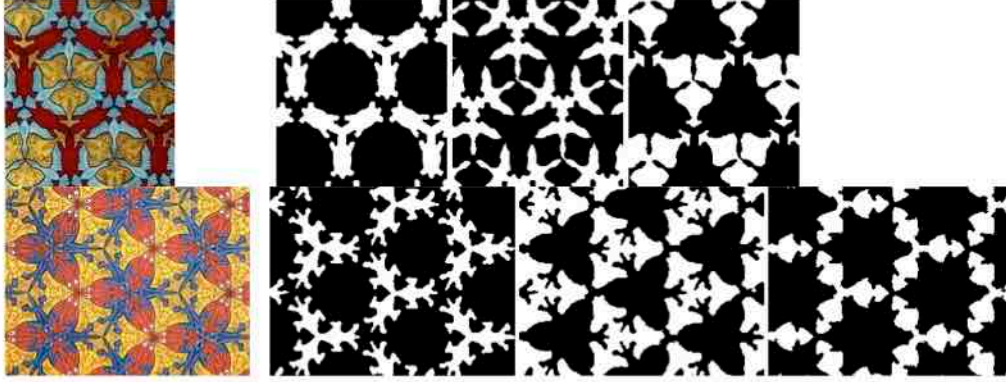
2.2 Destekleyici Görüntü İşleme Çalışmaları: Renk Filtresi ve Segmentasyon

Proje önerisinde 7 ve 8 numaralı iş paketleri olarak planladığımız renkli görüntü filtreleme ve segmentasyon çalışmalarının ana amacı, projenin kalan iş paketlerine hizmettir. Bu nedenle, yöntemsel açıdan en esnek olarak planlanmış paketlerdir. Çalışmalarımız sırasında gerek filtreleme gerekse segmentasyon aşamalarını ayırık yöntemler olarak geliştirmek yerine birlikte çalışan iteratif bir yaklaşım daha uygun geldi. Ara aşamalarda bazı renk filtreleri geliştirdik, kütüphane tabanlı segmentasyonları uyguladık. Ancak nihai aşamada filtreleme ve segmentasyon aşamalarını iç içe sokmayı daha yerinde bulduk. Hatta çok keskin bir segmentasyon yapmaya çalışmak yerine, aksaklıkları, birinci iş paketimiz olan tekrar yapısını ortaya çıkaran imalı dönüşümler aşamasında çözmeyi seçtik. Böylece nihai analizimizi daha gürbüz yapmayı başardık.

Proje önerisi aşamasında HSV renk uzayında her kanalda bir eşik değeri kullanarak segmentasyon sonucu elde etmeyi denemiştik. Proje süresi içerisinde daha otomatik bir segmentasyon yöntemi geliştirdik. Bu yöntem ile imgeler ilk olarak xyY uzayında gama-düzeltilmesi (gamma-correction) işleminden geçirilmektedir. Bunun için Dijk ve Verbeek (2006) tarafından önerilen yöntem uygulanmıştır. Gama-düzeltilmesi bezemelerin daha açık renkleri almasını sağlayarak segmentasyon sonuçlarının iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır. Daha sonra tekrarlı olarak mean-shift kümeleme (clustering) algoritması medyan filtreleme (median filtering) kombinasyonu ile uygulanmıştır. Mean-shift algoritması $L^*a^*b^*$ renk uzayında gerçekleştirilmektedir. Medyan filtreleme ise daha sonra piksellerin asıl yerleşimine göre filtreleme yapmaktadır. Mean-shift ve medyan filtreleme işlemi değişik renkleri birleştirmemesi amacıyla en fazla 5 kere tekrarlanmaktadır.

Segmentasyon aşamasını tamamen otomatikleştirilebilmesi için mean-shift algoritmasının gerektirdiği bandwidth parametresinin otomatik olarak seçilmesi gerekmektedir. Sabit bir bandwidth bulmak için yukarıda bahsettiğimiz tekrarlı işleme başlamadan önce, mean-shift algoritması oluşan küme sayısı N 'den küçük olana kadar tekrarlanmıştır. Her tekrarda

bandwidth değeri belli bir miktar arttırılmıştır. Her bir bezemede en fazla 10 renk olabileceği varsayılarak N sayısı 10 olarak belirlenmiştir. Örnek segmentasyon sonuçları Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8. Segmentasyon sonucu elde ettiğimiz maske örnekleri.

Bir sonraki bölümde anlatılacak kodlamalardan ilk iki tanesi, segmentasyon gerektirmektedir. Üçüncü kodlamada bir ön işleme gerektirmeksizin kodlama ile segmentasyon bütünleştirilmiş durumdadır.

2.3 Tekrar Yapısını Ortaya Çıkaran İmalı Kodlama Geliştirmek

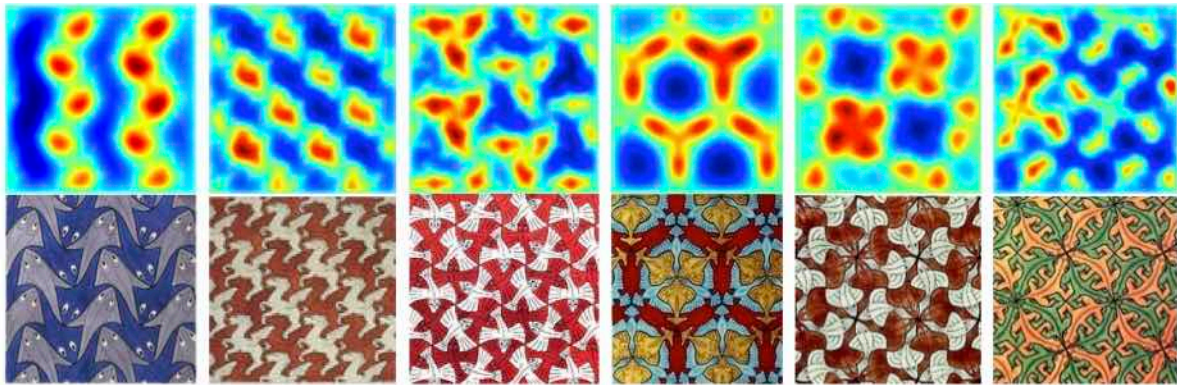
Tekrar yapısını ortaya çıkaran imalı kodlama geliştirme çalışmalarının, proje önerisi formunda ana hatlarıyla iki iş paketi (1 ve 6) olarak yapılması öngörülmektedir. Bu iki pakete bölünüş nedenleri risk kontrolü yapabilmektir. Başarı ölçütümüz, aynı duvar kağıdı yada Escher sınıfındaki bezemelerin dönüşümlerine bakıldığında göz ile algılanan ortak soyut yapılar olmasıdır. Yani, tekrar eden şekillerin değil tekrar yapısının hissedilir olmasıdır. Metamorfoz içermeyen örüntüler, örüntü ne kadar karmaşık olursa olsun (örneğin mariposa tarzı), yöntemlerimiz tarafından rahatça ele alınabilmektedir. Bu kapsamda amaca yönelik olarak (çoklu yoruma açık kategorilemek mi yoksa 17 grubu algılayarak tekrar yapısını çözmek mi olduğuna göre) 2 ayrı imalı kodlama kullandık.

Metamorfoz içeren örüntüler kapsamında, proje önerimizde de belirttiğimiz üzere, çok zorlayıcı Escher örnekleri yerine sentetik örnekler, İslami metamorfoz, üzerinde çalışmayı yeterli bulduk. Bu kapsamda geliştirilen spektral yöntemi başka İslami örüntülerde de denedik.

Tekrar yapısını ortaya çıkaran imalı kodlama geliştirme çalışmalarının başarılı bir şekilde tamamlanması, proje başarısının doğrudan etkilemesi açısından kritiktir. Bu gruptaki çalışmalar eksiksiz tamamlanmıştır. Teknik detaylar aşağıda yer almaktadır.

2.3.1 Kodlama 1 ve Kodlama 2

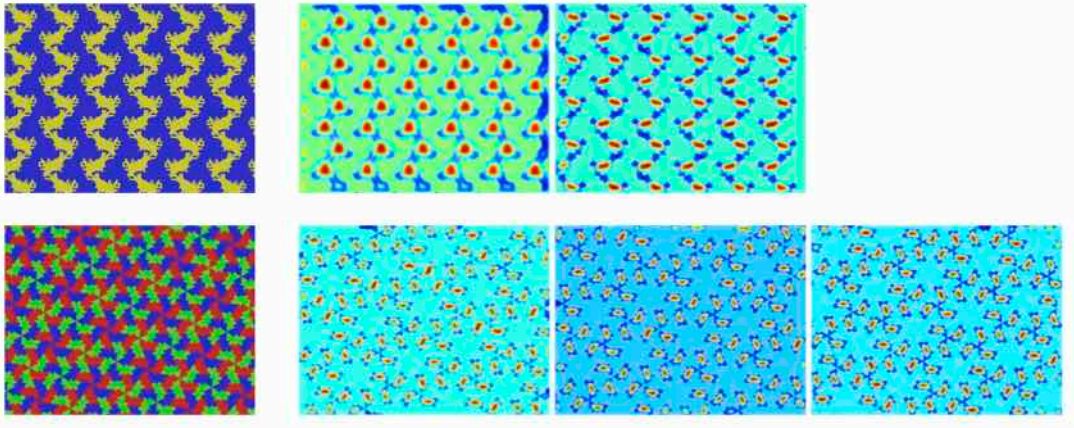
Bu bölümde, şekil ve renk bilgileri bastırılarak imgelerin stilinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Renk bilgisi iş paketi 7 ve 8'de ele alınan segmentasyon sonucunda bastırılmaktadır. Şekil bilgisinden kurtulmak için Tari (2009) tarafından önerilen şekil dönüşümü uyarlanmıştır. Bu dönüşüm imgenin tamamına uygulandığında, imge içindeki şekillerin çevre bölgeleri bastırılır (suppress) ve sadece merkez kısımları bırakılır. Böylece belli (explicit) şekil bilgisinden kurtulmuş oluyoruz. Bunun sonucunda bezemedeki şekillerin merkezlerinin tekrarı ortaya çıkmaktadır. Dönüşüm sonucu elde ettiğimiz imgelerde soyut yapılar oluşur. Bu soyut yapılar üçgen, dörtgen, üç veya dört yapraklı gül, zikzak, vb. şeklindedirler. Benzer simetriye sahip olan bezemelerde benzer soyut yapılar oluşur. Örneğin bezeme kayma yansıması kullanılarak elde edilmişse, dönüşüm sonrası zikzak yapıları gözlemleriz. Eğer 3-fold rotasyon varsa bezemede 3 yapraklı *cyclic rosette*ler oluşur. 3-fold rotasyon yansıma simetrisiyle beraber olursa, o zaman 3 yapraklı *dihedral rosette*leri gözlemleriz. Bu örnekler Şekil 9'da gözlemlenebilir.



Şekil 9. Dönüşüm sonuçları (birinci satır) ve dönüşümün uygulandığı bezemeler (ikinci satır).

Orta bölgeye ağırlık vererek hesaplama yaparsak, tekrar yapısını daha net bir biçimde latis gibi gözleyebiliriz. Bir önceki kodlama gibi simetri tipini ele veren lokal formlar elde edilmese de latis yapısı daha net hale gelmektedir (Şekil 10). Gruplama çalışmalarında kodlama 1 kullanılırken, kodlama 2 tekrar ünitesini ararken kullanılmaktadır. Özellikle Bölüm 2.6

kapsamındaki nihai çözümlene çalışmaları Kodlama 2'yi kullanmaktadır.

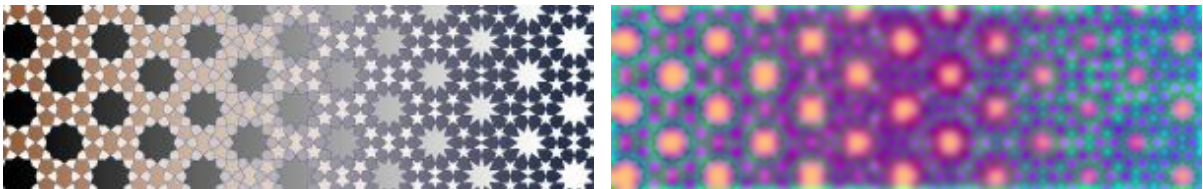


Şekil 10. Tekrar ünitesini aramak için kullandığımız dönüşüm.

2.3.2 Kodlama 3

Bu bölümde ön segmentasyon yapılmadığı varsayılmıştır. Bezemelerde yer alan renk ve şekle ek olarak başkalaşımın da etkisini filtreleyen ve tekrar eden örüntüleri ortaya çıkaran spektral bir dönüşüm yöntemi geliştirilmiştir. Mumford-Shah imge segmentasyonu modelinin Ambrosio-Tortorelli yaklaşımı ile uygulanmasıyla elde edilen segmentasyon yöntemi farklı parametrelerle tekrarlı olarak gri seviye imgesine dönüştürülen bezeme imgesi üzerinde uygulanmış ve elde edilen ayrıt kuvvet fonksiyonları normalize edilerek imge üzerindeki her bir piksel için öznitelik vektörleri oluşturulmuştur. Yüksek boyutlu bu vektörlere temel bileşen analizi (Principal Component Analysis – PCA) kullanılarak boyut indirgeme uygulanmış ve ilk üç bileşen ile oluşturulan yeni imge başkalaşım bastırıcı dönüşüm olarak kullanılmıştır.

Şekil 11'de Kaplan (2000)'den renk ve şekil başkalaşımı içeren sentetik İslami metamorfoz örneği ve bu örnek üzerinde başkalaşım bastırıcı dönüşümün uygulanmasıyla elde edilen sonuç gösterilmektedir. Dönüşüm merkezdeki büyük nesneyi çevreleyen on küçük nesneden oluşan örüntüyü soldan sağa geçirdiği renk ve şekil başkalaşımına rağmen açığa çıkarmıştır.



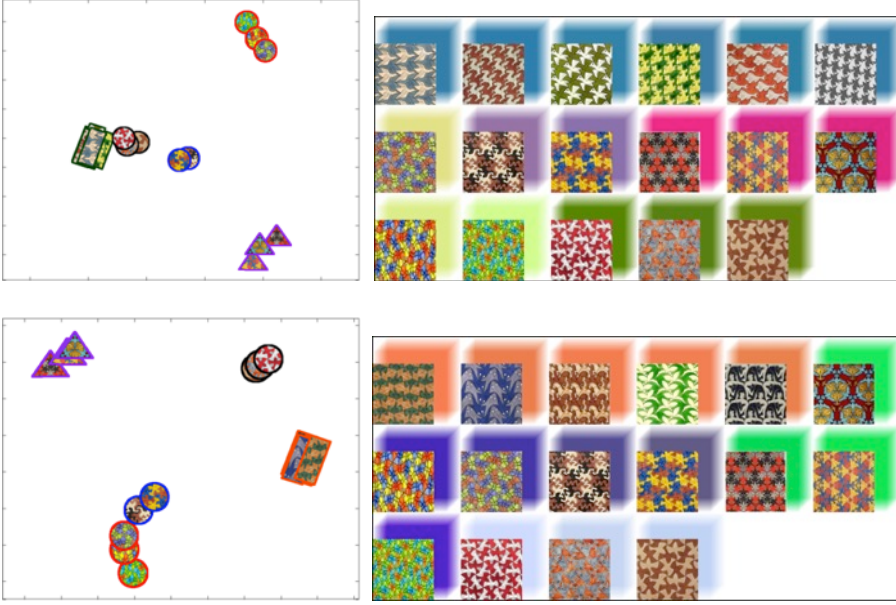
Şekil 11. Kaplan (2000)'den İslami bezeme örneği ve başkalaşım bastırıcı dönüşüm.

2.4 Graplama alışmaları

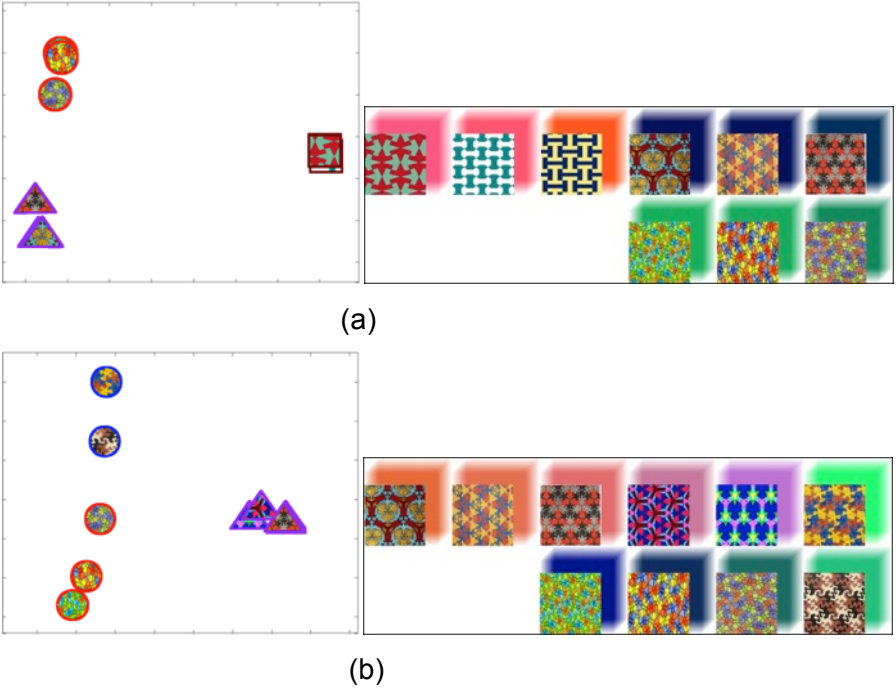
Proje nerisi formunda ana hatlarıyla dört iş paketi (2-5) olarak yapılması öngörülmektedir. Bu gruptaki çalışmalar eksiksiz tamamlanmıştır. Spectral MDS kullanan graplama Graphical Models dergisinde yayınlanmış olup, ardından yaptığımız daha kapsamlı graplama çalışmaları ve Şekil tabanlı bezeme bulma (retrieval) alışmaları gönderilme aşamasındadır. Teknik detaylar aşağıda yer almaktadır.

Genel olarak, graplama çalışmalarında bezemelerin birbirine olan benzerlikleri görselleştirilmiştir. Bunun için tekrar yapısını ortaya çıkaran imalı kodlama 1 sonuçları kullanılmıştır. Bezemeler arası benzerlikleri belirlemek için SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) kullanılmıştır. SIFT kullanılarak bir bezemenin özellikleri (features) elde edilir ve tanımlanır (described). Bir imgenin tanımlayıcıları (descriptors) başka bir imgenin tanımlayıcılarıyla karşılaştırılarak iki imgede de bulunan benzer özelliklerin sayısı hesaplanır. Bu hesaplamalar sonucunda verilmiş olan bezeme kümesi için bir benzerlik matrisi elde edilir. Benzerlikleri görselleştirmek için SMDS (Spectral Multi-Dimensional Scaling) tekniği kullanılmıştır. SMDS'in amacı benzerlik matrisini 2 ya da 3 boyuta indirgemek ve her bezemenin bu boyutlarda karşılıklı geldiği noktayı belirlemektir. Benzerlik matrisi iki boyuta indirgendiğinde oluşan grafikte benzer simetriye sahip bezemeler birbirine yakın noktalara yerleşir. 3 boyuta indirgeme sonuçları RGB renk uzayına dönüştürülerek görselleştirildiğinde benzer simetriye sahip olan bezemeler birbirine yakın olan renkleri alır. Örnekler için Şekil 12'ye bakılabilir.

Graplama işlemi verilen bir bezeme kümesi üzerinde gerçekleştirilmektedir. Amacımız bütün bezemeleri simetri gruplarına göre ayırt etmek değil, bezemelerdeki içeriğe göre bir kümeleme yapmaktır. Böylece daha st düzey bir bilgi elde etmeyi hedeflemekteyiz. Yani bezemelerin hangi simetri grubunda olduğuna değil, simetri grupları arasındaki ilişkilere bakmaktayız. Şekil 13 (a)  tane 4-fold, üç tane 3-fold ve üç tane 6-fold içeren bezemelerden oluşan bir veri seti için elde edilen kümeleme sonucunu göstermektedir. 3-fold ve 6-fold içeren gruplar üçgen sisteminde olduğundan kümeleme işlemi sonucunda bu grupların 4-fold içeren gruba karşı birleştiği gözlemlenmiştir. Fakat veri seti olarak 4-fold içeren grup seilmeyip sadece üçgen sisteminde olan gruplar seçilirse onların da kendi aralarında 6-fold rotasyon içeren ve 3-fold rotasyon içeren olarak kümelendiği Şekil 13 (b)'de gösterilmiştir.



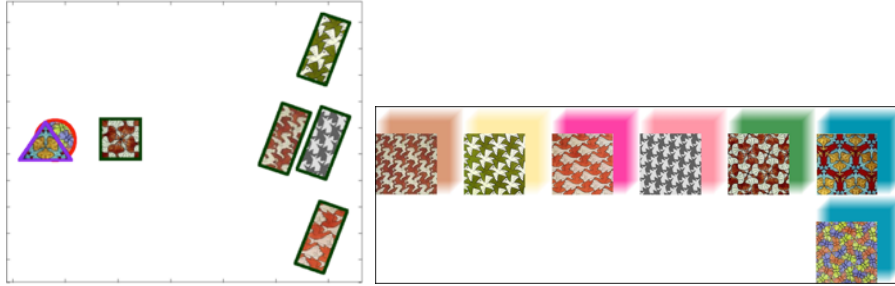
Şekil 12. SMDS gruplama sonuçları. İlk sütun 2 boyuta indirgeme sonuçlarını, ikinci sütun 3 boyuta indirgeme sonuçlarını göstermektedir.



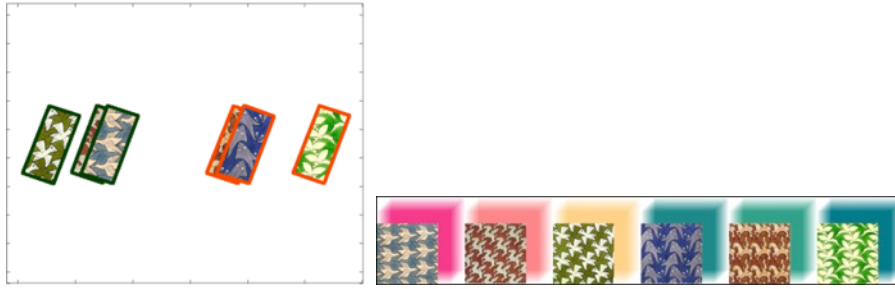
Şekil 13. (a) 3- ve 6-fold rotasyon olanlar 4-fold rotasyon olanlara karşı birleşmiştir. (b) 6-fold rotasyonlu olanlar 3-fold rotasyonlu olanlardan ayrılmıştır.

Şekil 14 (a)'da bezemelerin rotasyon içeren ve rotasyon içermeyen olarak kümelenmeleri gösterilmiştir. Veri seti olarak rotasyon içermeyen bezemeler seçildiğinde bezemelerin

sadece öteleme simetrisi içerenler ve kayma simetrisi içerenler olarak kümelendiği Şekil 14 (b)'de gösterilmiştir. Böylece kümeleme seviyeleri değiştirilerek yeni deneyler yapılabilir.



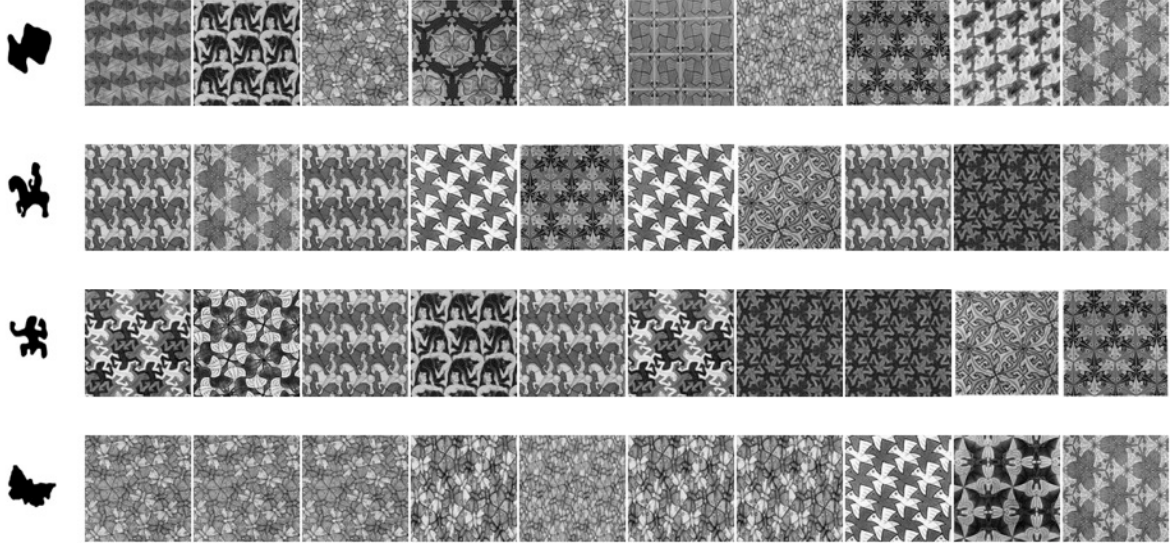
(a)



(b)

Şekil 14. (a) Rotasyon olan bezemeler rotasyon olmayanlara karşı birleşmiştir. (b) Sadece rotasyon olmayan bezemeler kullanılmış ve bu bezemeler yine kendi aralarında öteleme simetrisi içerenler ve kayma simetrisi içerenler olmak üzere ayrılmıştır.

İzlediğimiz diğer yönde verilen şekle en çok benzeyen bezemeleri getirmek için çalışmalar yapılmıştır. Bunun için benzerlik matrisi yukarıda anlatıldığı gibi ancak bu sefer verilen şekil ile bezeme arasındaki SIFT benzerlikleri kullanılarak elde edilmiştir. Şekle benzer bezemeleri getirme işleminin daha etkin olması için Bai vd. (2010) tarafından önerilen Graph Transduction algoritması kullanılmıştır. Bu yöntem benzerlik matrisindeki değerleri sadece ikili benzerlikten değil bütün ilişkilerden etkilenecek şekilde geliştirir. Şekil 15'te her bir satırda verilen şekil için kendisine en çok benzeyen şekli içeren 10 bezeme gösterilmektedir.



Şekil 15. Her bir satırda verilen şekil için kendisine en çok benzeyen şekli içeren 10 bezeme gösterilmektedir.

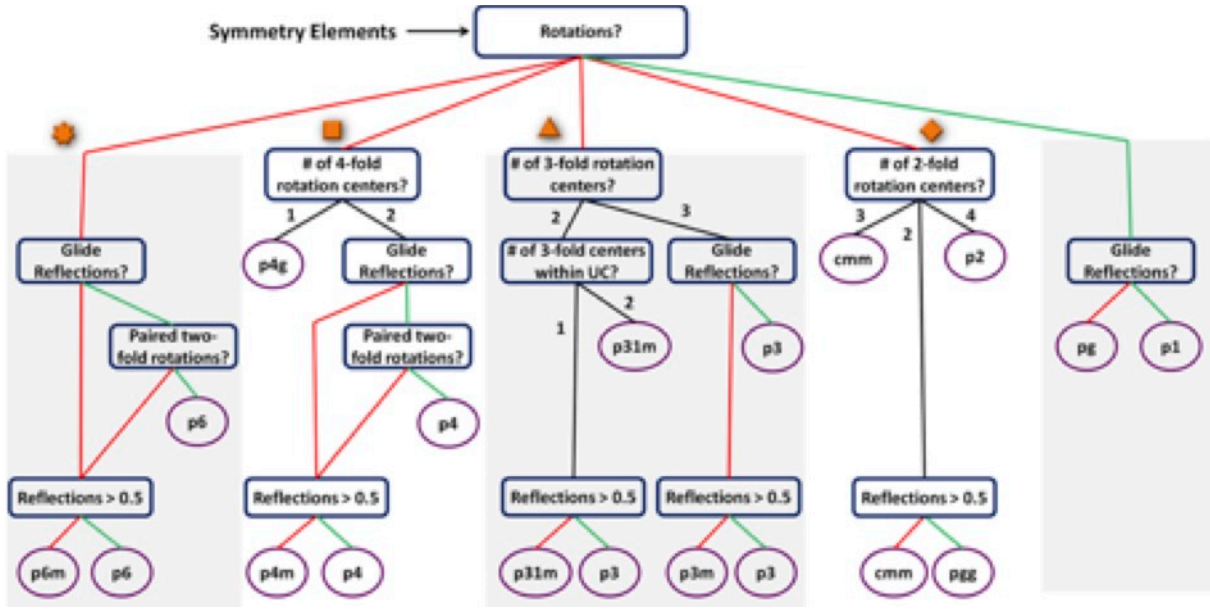
2.5 Düzlem Simetri Grubunu kesin olarak belirlemek

Proje önerisi formunda, 9 numaralı iş paketi olarak kurguladığımız düzlem simetri grubu belirleme çalışmaları için koymuş olduğumuz başarı ölçütü, öteleme/rotasyon ayrımını doğru yapmak ve üçgen sistemini ($p3$, $p3m$, $p31m$, $p6$, $p6m$) diğer sistemlerden ayırabilmek idi. Bu hedefe ulaştık ve çalışmaları başarı ile tamamladık. Buna ek olarak şu an itibari ile 13 grubu birbirinden gürbüz bir biçimde ayırabilmekteyiz. Bu başarımızı karar ağacında gürbüz olmama potansiyeli olan kararları aşağıya atarak elde ettik. Bir makale olarak hazırladığımız çalışmamızda da yer verdiğimiz bize özgü ağaç Şekil 16'da yer almaktadır. Proje önerisinde koyduğumuz hedefleri aşmış olmamıza rağmen, daha ileri projelerde kullanmak üzere düzlem simetri grubunu kesin belirleme konusunda çalışmalarımız özellikle yansımaları hatasız bulmaya ve renk permütasyonları sınıflandırmaya yönelik olarak devam etmektedir.

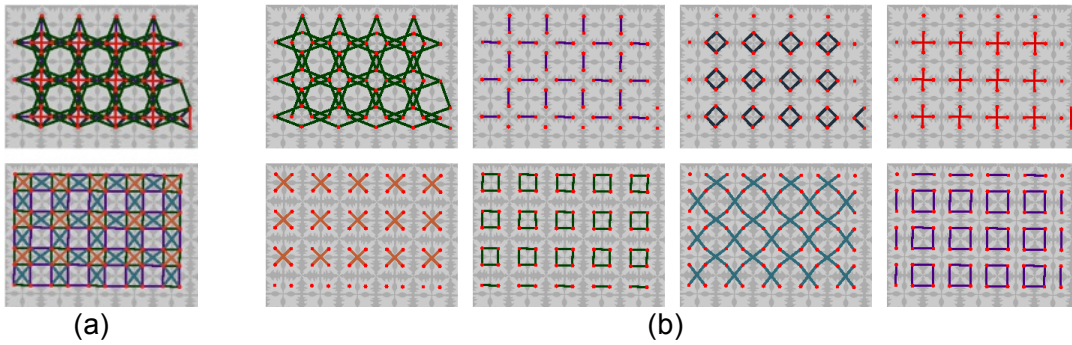
2.6 Nihai Çözümleme: Tekrar ünitesini bulmak

Proje önerisi formunda, 10 numaralı iş paketi olarak kurgulanmış olup, başlangıçtaki beklentilerimizin ötesinde bir gürbüzlükte çözüm elde edilmiştir. İş paketinde tamamen otomatik bezeme simetri analizi yapılmaktadır. Sonuç olarak bezemede rastlanan bütün simetriler ve tekrar ünitesi tespit edilmektedir. Analiz bezeme içindeki şekil merkezlerinin birbirine olan bağlantılarına dayalıdır. Şekil merkezleri Kodlama 2'de anlatılan dönüşümden elde edilmektedir. Bir sonraki adım iteratif olarak şekil merkezleri arasındaki değişik uzunlukta bağlantıları elde etmektir (Şekil 17 (a)). Bağlantılar mean-shift kümeleme

algoritması yardımıyla gruplara ayrılır. Her grup aynı tipte bağlantıları içermektedir (Şekil 17 (b)) ve her bağlantı bir tür simetriyi belirlemektedir. Örneğin, dörtgen bağlantılar 4-fold rotasyonu, üçgenler 3-fold rotasyonları, zikzaklar kayma yansımalarını, vb. belirlemektedir. Geliştirdiğimiz algoritma bağlantıları elde eder ve bütün simetri merkezlerini tespit eder. Sonunda da elde ettiği simetri merkezlerinde bezemenin simetri grubunu ve tekrar ünitesini belirler. Örnek sonuçlar Şekil 18’de yer almaktadır.



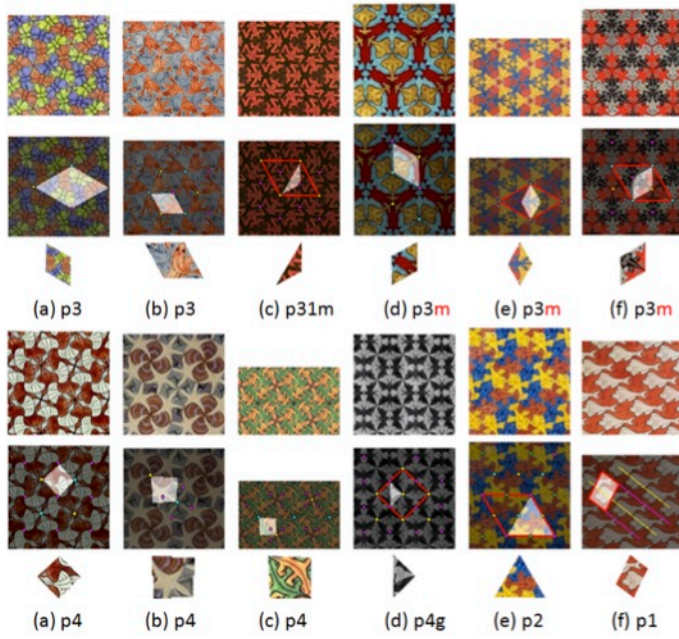
Şekil 16. Desenleri 13 gruba ayırabilmemiz için düzenlediğimiz ağaç.



Şekil 17. Bağlantı grafiği.

Bu iş paketinden ilk çalışmalar Bridges 2016 konferansında sunulmuştur (Adanova ve Tarı, 2016b). Geliştirilmiş (ancak renk permütasyonlarını hesaba katmayan) hali makale olarak hazırlanmış ve gönderilmiştir (Adanova ve Tarı, 2017a). Renk permütasyonlarını içeren

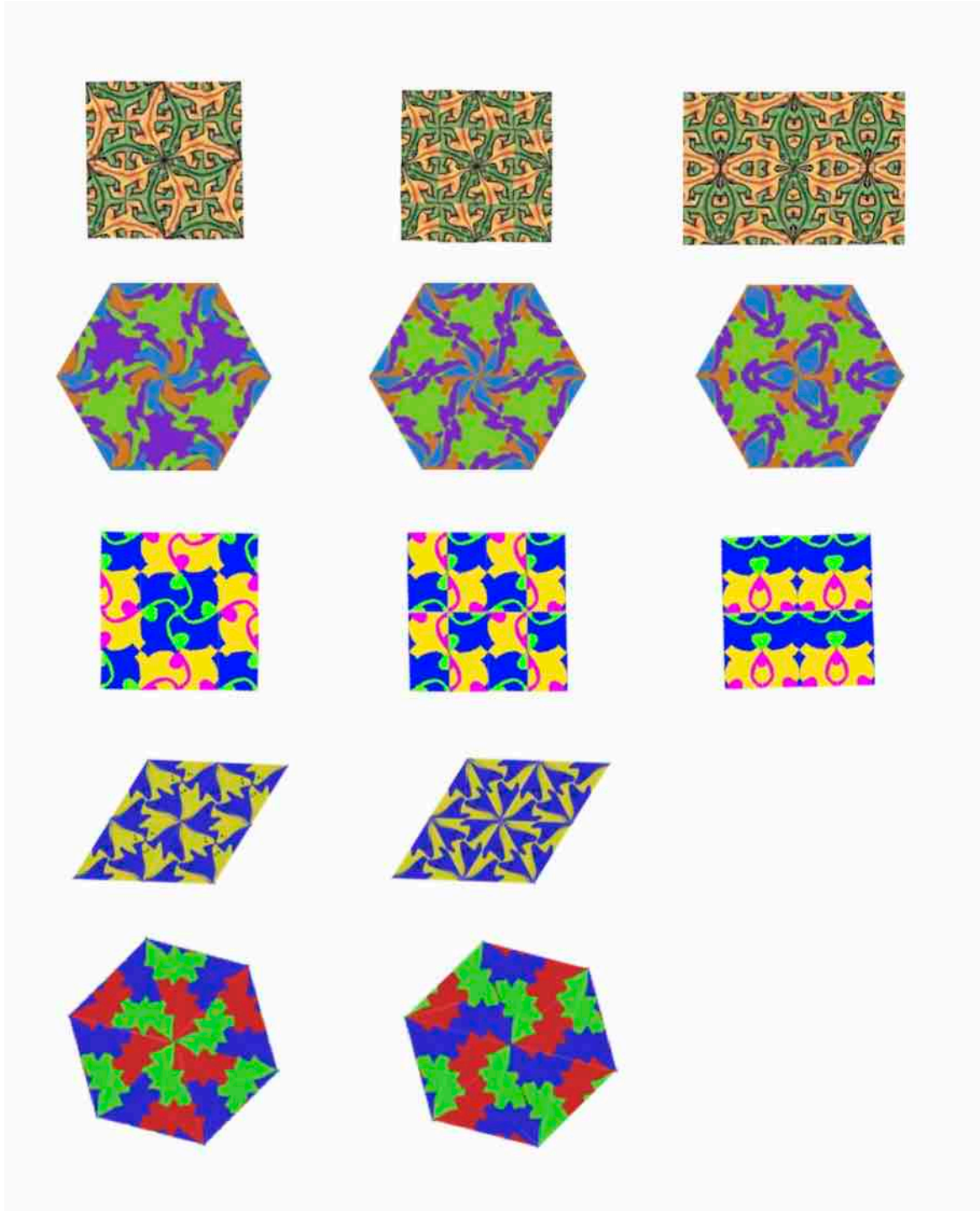
çalışmamız da hazırlık aşamasındadır (Adanova ve Tarı, 2017b).



Şekil 18. Örnek sonuçlar.

2.7 Yeni desen yaratma

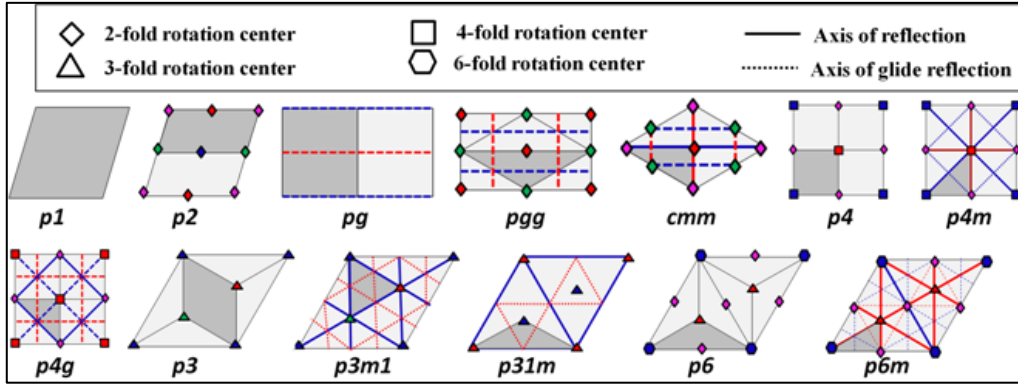
Proje önerisi formunda, 11 numaralı iş paketi olarak kurgulanmıştır. Başarısı nihai çözümlenmeyi yapabilmeye dayanmaktadır. Söz konusu aşama başarılı olarak tamamlandığı için, yeni desen yaratma da büyük ölçüde mümkün olmuştur. Yani desenleri belli bir simetri grubuna ayırıp tekrar ünitesini elde edebiliyor olmamız, elimizdeki tekrar ünitesiyle deseni yeniden üretmemize olanak tanımaktadır. Eğer bezeme renk simetrisi içeriyorsa o zaman üretim evresinde renk kurallarına da uyulması gerekir. Şekil 19'da farklı üretim örnekleri verilmiştir. Birinci kolondaki bezemeler tamamen simetri ve renk kurallarına uygun şekilde üretilmiştir. Daha sonra geliştirdiğimiz yöntemler kullanılarak tekrar üniteleri bulunmuş ve bu tekrar üniteleri farklı kurallar ile kullanılarak diğer kolonlarda görülen sonuçlar türetilmiştir. İkinci kolonda üretim kuralında yapılan değişiklik renk permütasyonu sürecinin devreden çıkarılması iken, son kolonda sürece ayrıca bir ayna yansıması eklenmiştir.



Şekil 19. Birinci kolonda verilen bezemelerin geliştirdiğimiz analiz yöntemleri kullanılarak en basit tekrar üniteleri çıkarılmış ve söz konusu tekrar üniteleri başka kurallara tabi tutularak diğer iki kolonda verilen yeni desenler elde edilmiştir.

Yeni desen yaratma süreci tasarımcı etkileşimli bir süreçtir. Bu süreçte, Şekil 20'de görülen öteleme ve en küçük tekrar üniteleri arası ilişkiler ve en küçük tekrar ünitelerinin alabilecekleri

form (kare, üçgen vb.) bilgisi kullanılmaktadır. Bu şema klasik modele göre tarafımızdan çizilerek bilgisayar ortamında kodlanmıştır. Koyu gri bölge gerekli en küçük tekrar ünitesini göstermektedir.



Şekil 20. Ele aldığımız 13 simetri grubunun hücre yapısı. Koyu kısımlar tekrar ünitesini gösterir.

2.8 Danışmanlar ve paydaşlar ile etkileşim ve ileriye yönelik planlar

Proje sonuçlarımızı paydaşlar ile paylaşarak yeni bir proje fikrinin doğmasını sağladık. Yılmaz vd. (2017) makalesi ile B. Yılmaz ve Dr. R. Acar ile dijital fabrikasyon ve özelinde de akıllı malzemelerin modellenmesi yönünde bir adım atmış olduk. Akıllı malzemelerdeki latis yapısını projemizden edindiğimiz bilgi ve tecrübelerden yararlanarak tasarlayacağımız ve yine imalı kodlamaları kullanmayı planladığımız bir proje kurgusu yaptık.

Danışmanlarımızdan Prof. Dr. M. Özkar ile birlikte projedeki birikimimizi Anadolu Selçuklu desenlerine uyarlamak üzere ön hazırlıklar yaptık. Ön hazırlık olarak, Alhambra Sarayında bulunan simetrik geometrik formlar içeren desenler üzerinde ileriye yönelik olarak çalışmalara başladık. Yöntemlerimizde form asimetri (formların tekrar yapısı hakkında bilgi taşımayacağı) varsayımında bulunuyor olmamız nedeniyle, İslam bezeme sanatında olduğu üzere grup simetrisi ile uyumlu form simetrisi olması bir parça problem olmaktadır. Bu nedenle gürbüzlüğü sürdürebilmek için algoritmalarımıza uyarlamalar yapmaktayız.

Danışmanlarımızdan Doç. Dr. A.O. Akyüz ile birlikte proje süresince bezemeler harici renkli ve HDR görüntülerde gruplama problemini adreslemek üzere bir doktora öğrencisine danışmanlık yapmaktayız (M. Aydınlar). Çalışmalarımıza devam etmekteyiz.

KAYNAKLAR

- Adanova, V., Tari, S. 2014. "Beyond symmetry groups: a grouping study on Escher's Euclidean ornaments", SIGGRAPH Asia 2014 Creative Shape Modeling and Design, 1-8.
- Adanova, V., Tari, S. 2016. "Beyond symmetry groups: A grouping study on Escher's Euclidean ornaments", Graphical Models, 83, 15-27.
- Adanova, V., Tari, S. 2016. "Extracting unit cells from tilings with color symmetries: Case of counterchange patterns", Proceedings of Bridges 2016: Mathematics, Music, Art, Architecture, Education, Culture, 453-456.
- Adanova, V., Tari, S. 2017. "Analysis of planar ornament patterns via motif asymmetry assumption and local connections", *Submitted*.
- Adanova, V., Tari, S. 2017. "Analysis of color symmetry", *To be submitted*.
- Bai, X., Yang, X., Latecki, L. J., Liu, W., Tu, Z. 2010. "Learning Context-Sensitive Shape Similarity by Graph Transduction", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 32(5), 861-874.
- Dijk, J., Verbeek, P. W. 2006. "Lightness filtering in color images with respect to the gamut", European Conference on Color in Graphics, Imaging, and Vision, 330-335.
- Grünbaum, B. 2006. "What symmetry groups are present in Alhambra", American Mathematical Society Notices, 53, 670-3.
- Kaplan, C. 2000. "Computer Generated Islamic Star Patterns", Proceedings of Bridges 2000, Mathematical Connections in Art, Music and Science. Ed: Sarhangi, R.
- Schattschneider, D. 1978. "The plane symmetry groups: Their recognition and notation", American Mathematical Monthly, 85, 439-450.
- Schattschneider, D. 2003. Visions of Symmetry. Abrams Inc.
- Schattschneider, D. 2010. "The Mathematical Side of M.C. Escher", American Mathematical Society Notices, 57(6), 706-18.
- Tari, S. 2009. "Hierarchical shape decomposition via level sets", Mathematical Morphology. Eds.: Wilkinson, M. H. F., Roerdink, J. B. T. M. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Tari, S. 2016. "Ornament analysis with the help of screened Poisson shape fields", Perspectives in Shape Analysis. Mathematics and Visualization, 3-13, Springer.
- Yılmaz, B., Adanova, V., Acar, R., Tari, R. 2017. "Shape patterns in digital fabrication: a survey on negative Poisson's ratio metamaterials". *Submitted*.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. ZEHRA SİBEL TARI
Proje No:	114E204
Proje Başlığı:	Escher Tarzı Bezemelerde, Hesaplamalı Simetriye Özgün Bir Bakışla, Otomatik Stil/İçerik Ayırımı ve İlgili Matematiksel Görüntü Analizi Problemlerinin Adreslenmesi
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	AHMET OĞUZ AKYÜZ, MİNE ÖZKAR KABAKÇIOĞLU
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ORTA DOĞU TEKNİK Ü. MÜHENDİSLİK F. BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/10/2014 - 01/01/2017
Onaylanan Bütçe:	187385.0
Harcanan Bütçe:	142515.41
Öz:	<p>Bu projede, asimetrik ve iç içe geçen şekillerin bir düzlemi dolduracak şekilde tekrarı ile ortaya çıkan desenlerin hesaplamalı incelemesi yapılmıştır. Problemin Klasik grup kuramsal yaklaşımın ötesinde ele alınması gerektiği örneklerle gösterilmiş ve grup kuramsal yaklaşımın ötesinde çözümler önerilip geliştirilmiştir. Bezemelerin matematiksel dili grup-kuramına dayanır; temel motif(ler)in öteleme, yansıma, kayma yansıması ve rotasyon olmak üzere dört temel işlem aracılığıyla bir düzlemi tekrarlar ile nasıl kaplayabileceğini tanımlar. Bir bezemede biri matematiğe diğeri sanata ait iki seviye vardır. Temel motifin olası tekrarları (yani simetri seçenekleri) sonlu olduğu halde, tekrar ünitesinin içinde artistik özgürlük başlar. Bezemelerin analizleri en küçük tekrar ünitesinin bulunabilmesini gerektirirken, oluşturdukları algıyı matematiksel (tekrar yapısı) ve artistik (tekrar ünitesi) bileşenlerin etkileşimi belirler. Projemiz, artistik özgürlüğün son derece dahiye kullanıldığı M.C. Escher Bezemeleri üzerinedir. İslam Sanatının doruklarından, Endülüs Bölgesi Alhambra Sarayı bezemelerinden de ilham almış olan 20.yy dehası sanatçı tekrarlar ile oluşturulan klasik grup kuramsal modellemeyi zorda bırakacak görsel sürprizler yaratmıştır. Projede, temel modelleme aracı ya da paradigması olarak, yürütücü S. Tari ve öğrencileri tarafından geliştirilip yaygınlaştırılmakta olan imge düzeyi analizi kavram düzeyi analize bağlayan köprü rolü üstlenen kodlamalar kullanılmıştır. Bu kodlamaların temel rolü, artistik bileşenlerin filtrelenmesidir. Böylelikle, atılmayan bilgi gürbüz bir biçimde matematiksel bileşeni kodlamaktadır. İleri sürdüğümüz paradigmayı projenin bütün adımlarında kullanarak, ilginç renk permütasyonları ve form seçimleri sayesinde simetriyi kırarak ve/veya hipersimetri yaratarak klasik düzlem simetri gruplarının dışına çıkan Escher tarzı bezemelerde en küçük tekrar ünitelerini ve tekrar yapılarını başarı ile hesaplayabildik. Literatürden oldukça farklı olarak, tekrar eden birimlerin bulunması sürecini global tekrar yapısının aranmasına gerek duymadan gerçekleştirdik. Gerek bağlama bağlı karmaşık algının modellenmesi, gerek matematik bileşenin ortaya konması yani tekrar yapısının bulunması, gerekse tekrar ünitesinin elde edilmesi süreçleri boyunca bütün kararlar imali gösterimlerin ortaya koyduğu ilişkilerin lokal incelenmesi ile alınmaktadır. Ortaya koyduğumuz yaklaşımda, bugüne dek izlenen yöntemin aksine, global organizasyon aranmamaktadır. Proje kapsamında iç içe geçen şekiller içeren bezeme veri setleri oluşturulmuş ve destekleyici çalışmalar olarak renkli görüntü işlemeye yönelik çözümler geliştirilmiştir. Son olarak da proje çalışmaları sonucu kazanılan bilgi ve tecrübe sonucu üretim alanına yönelik olarak dijital üretimde şekil örüntüleri üzerine yeni bir proje kurgulanmıştır.</p>
Anahtar Kelimeler:	Hesaplamalı yaratıcılık, Escher tarzı bezeme, Renk permütasyonlu simetri, İmalı kodlama,
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Beyond symmetry groups. (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),