

## **MOZAİK DİZME OTOMASYONU İÇİN GÖRÜNTÜ ALGILAMA İLE MERMER YÜZEY KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Demet GÖNEN<sup>1</sup>, Şevket GÜMÜŞTEKİN<sup>2</sup>, Ali ORAL<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>BAÜ. MMF. Endüstri Mühendisliği Bölümü 10145 Çarşı/Balıkesir  
E-posta: dgonen@balikesir.edu.tr

<sup>2</sup>İYTE. MF. Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Urla/İzmir  
E-posta: sevketcumustekin@iyte.edu.tr

<sup>3</sup>BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü 10145 Çarşı/Balıkesir  
E-posta: alioral@balikesir.edu.tr

### **ÖZET**

Binlerce yıldır mabetleri, sarayları, tiyatro binalarını dekoratif olarak süsleyen mozaik sanatı, tarihsel gelişim sürecinde el ile yapılagelmiştir. Mermer sanayinde büyük oranda elle yapılmakta olan mozaik yapımı, teknolojinin gelişmesi ile makinalarla gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar oldukça yenidir. Mozaik dizme işleminin makinalar ile otomatik olarak gerçekleştirilebilmesi için mermer parçaları, mozaik dizme makinasına sürekli malzeme besleme üniteleri tarafından taşınmalıdır.

Mozaik dizme işleminde güzel bir görünüm elde etmek için, mermer parçasının yerleştirileceği mozaik kompozisyonunda düzgün yüzeylerin üste gelecek şekilde yerleştirilmesi gerekir. Mermer parçalarının ön ve arka yüzeylerinin kalitesi birbirlerine göre farklılık göstermektedir. Mozaik dizme işleminin başarısı için; mermerlerin düzgün yüzeyleri üst kısımda ve düzgün olmayan yüzeyleri alt kısımda kalacak şekilde yerleştirme gerçekleştirilmelidir.

Mermer parçasının hasarsız ve düzgün olan yüzeyini ayırt etmek amacıyla yapılan bu çalışmada, yüzeylerde bulunan periyodik kesme izleri Fourier analizi ile incelenmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Mozaik Dizme, Fourier Analizi.*

### **ABSTRACT**

The art of mosaic tiling which decorated temples, palaces, theatres for thousands of years has been produced by manual labor throughout history. Currently, marble industry is being introduced to the mechanical automation resulting from the recent technological advancements. In order to achieve automation in the tiling process, the marble pieces should be brought to a tiling mechanism using a continuous feeding unit such as a conveyor belt and they should be individually inspected.

To achieve good visual characteristics during mosaic tiling process, the marble piece selected for a position in the composition should be placed so that its flawless side is on top. The two sides of the marble pieces usually have qualitative differences. The success of the mosaic tiling process is dependent on whether or not the flaws of the marble piece is hidden on the bottom and the flawless side is on top.

This study is aimed to distinguish the flawless side from the other. The artifacts with periodic nature due to cutting process are analysed using Fourier analysis.

*Key Words: Image Processing, Mosaic Tiling, Fourier Analysis.*

## 1. GİRİŞ

Temelleri Antik Yunan ve Roma'nın muhteşem dekorasyon sanatına dayanan mozaik yapma, düzgün biçimli ve çok renkli öğelerin yan yana dizilmesi sonucu elde edilen geometrik yada figüratif desenlerle yer ve duvarları süsleme sanatı olarak bilinmektedir [1,2].

Ham mermer istenen boyut ve geometriye getirilmek üzere kesilir. Kullanım amacına uygun olarak yüzeyleri parlatılır veya eskitilir. Mermerlerin parlatılması işleminde sadece bir yüzey parlatılır. Diğer yüzeyde kesicilerin kesme izleri bulunmaktadır. Eskitme işleminde ise, mermerin bütün yüzeyleri eskitme makinesinde eskitilmektedir. Bu yüzeylerin ayırt edilmesinin biraz daha zor olmasına karşın, en fazla düzgünlüğe sahip olan yüzeyin belirlenmesi gerekir.

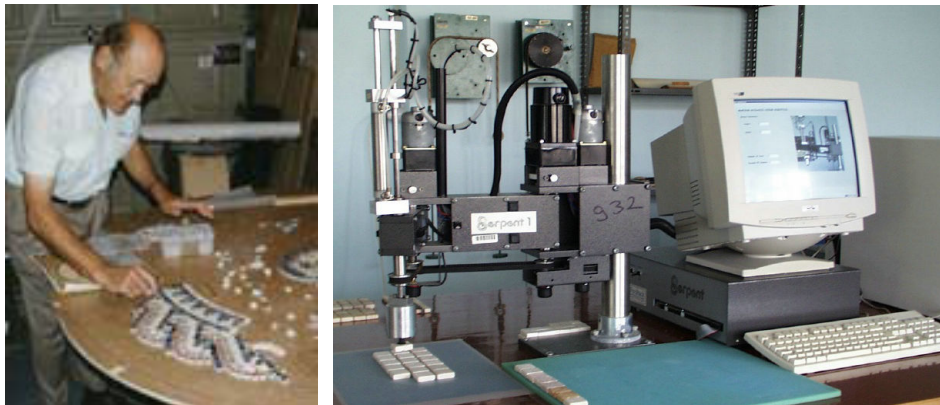
Mozaik dizme işlemi, değişik renk ve boyutlardaki mozaiklerin geometrik desenler oluşturmak üzere bir araya getirilmesi işlemidir. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için önceden kesilen ve işlenen mermerler tek tek gözle kontrol edilerek mozaik dizimine alınmaktadır. Mozaik tamamlanincaya kadar bu işleme devam edilmektedir. Monoton işlem olan bu süreçte dikkat kayıpları meydana gelmekte ve mermer yüzeylerinin ayırt edilmesinde arzu edilen sonuç sağlanamamaktadır.

Mermer mozaik imalatı üzerine çalışan firmalarda mozaik oluşturma işlemi tamamlandıktan sonra mozaik gözle tekrar incelenmektedir. Hatalı olduğu görülen mermerler, daha iyi olduğu düşünülen mermerle değiştirilmektedir. Bu işlemin sonucunda mermerlerin üzerlerine yapıştırıcı madde sürülmekte ve file serilerek kurutma işlemine alınmaktadır.

El ile yapılmakta olan mozaik sanatı, teknolojinin gelişmesi ile otomatikleştirilmiş makinalarla yapılmaya çalışılmaktadır. Günümüzde bu işlem tam olarak otomatikleştirilememiştir. Bunun tam olarak gerçekleştirilemeyişinin en önemli nedeni mermer yüzeylerinin ayırt edilmesindeki zorluktur.

Oral ve Erzincanlı, mozaik dizme otomasyonu için Scara robot kullanmışlardır. Bu çalışmada, mermer parçaları, besleme istasyonundan alınarak istenilen konuma yerleştirilmektedir. Çalışmada, besleme istasyonuna konulan mermerlerin her iki yüzeyi de kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir (Şekil 1) [3].

Otomasyonun tam olarak gerçekleştirilebilmesi için, mermer yüzeylerinin ayırt edilme işleminin otomatikleştirilmesi gerekir. Bu süreçte görüntü işleme tekniklerinden yararlanılmalıdır.



-a-

-b-

Şekil 1-a. Elle mozaik dizme işlemi, b. Scara robot ile mozaik dizme işlemi

## 2. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Bir görüntü üzerinde piksel değerleri ile ilgili işlemler ve bu işlemlerin sonuçlarına göre görüntü üzerinde bazı değişiklikler yapmaya "görüntü işleme" denilir [4]. Bir görüntü işleme sistemi, görüntüyü aydınlatmak için bir ışık, bir sensör sistem ve bilgisayar ile sensör sistem arasında analog bilgiyi bilgisayarın anlayabileceği dijital bilgiye dönüştüren bir arayüzden oluşmaktadır [5]. Kısaca görüntü işleme, resimsel bilgilerin analizidir [6].

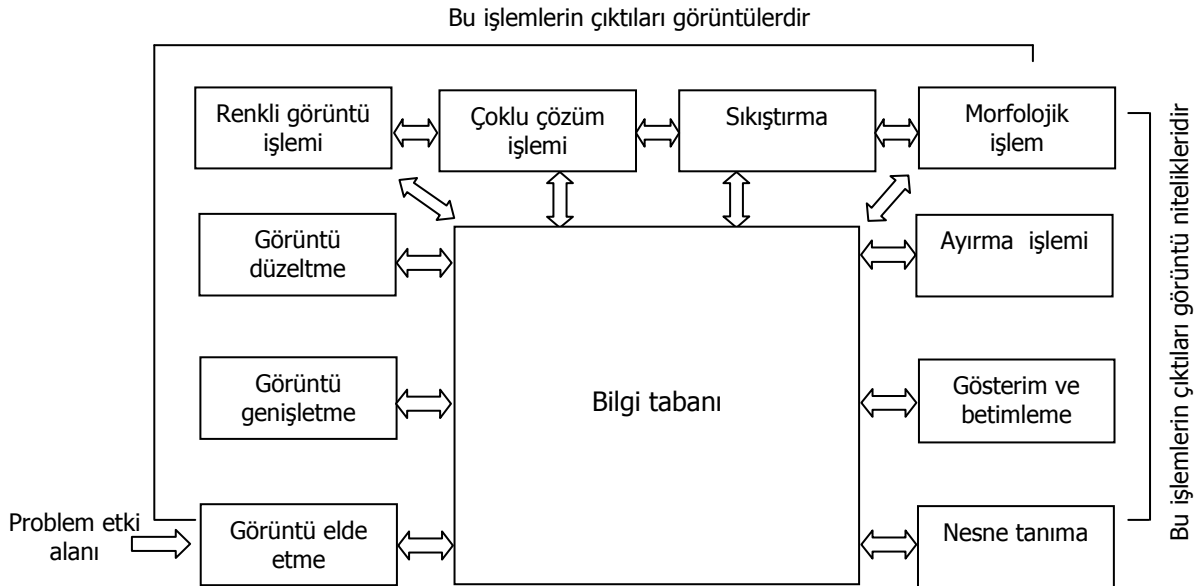
Görüntü işleme, insanlar için görüntülerin görünebilirliğini geliştirmek, mevcut yapıları ve özellikleri ölçmek amacıyla görüntüler hazırlamada kullanılır [7]. Görüntü işleme ilk olarak, resimlerin Londra ve New York arasında deniz altında kablolarla gönderilmesiyle gazete endüstrisinde uygulanmıştır. 1920'li yıllarda Bartlane hattının oluşturulmasıyla Atlantik'ten bir resmin transfer edilmesi bir hafta iken, 3 saatten daha az bir zamana indirilmiştir [8].

1929 yılında Bartlane sisteminde kodlanabilen 5 ayrı parlaklık seviyesi kapasitesi 15'e yükseltilmiştir. 1964 yılında Jet Propulsion laboratuvarlarında Ranger 7 den gelen ay'ın görüntülerinde, kameradan kaynaklanan çeşitli bozulmaların bilgisayar teknikleri kullanılarak düzeltilmesi işlemleri yapılmıştır [8].

1960'lı yıllardan günümüze kadar görüntü işlemenin kullanım alanları günden güne artmıştır. Uzay araştırmalarının yanı sıra daha birçok uygulamada görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Tıpta, askeri alanda, savunmada, eğitimde, sanatta, tarımda, endüstride, coğrafyada, arkeolojide, fizikte, biyolojide, astronomide, karakter tanımda, parmak izi tanımda, x-ray'lerin ve kan örneklerinin incelenip bilgisayar tarafından yorumlanmasında ve hayatın hemen hemen tüm alanlarında kullanılmaktadır [9,10].

### 2.1 Görüntü İşlemenin Temel Adımları

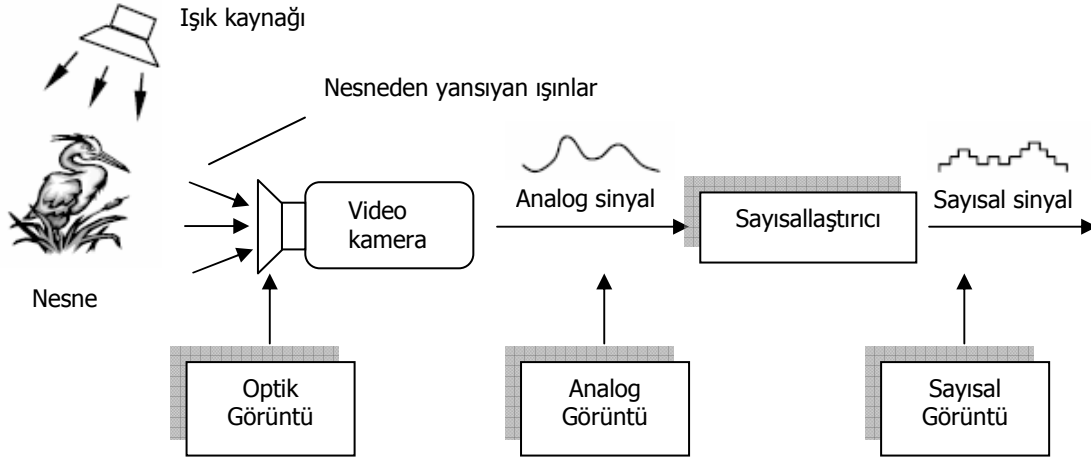
Sayısal görüntü işleme çok geniş donanım, yazılım ve teorik altyapı alanını kapsar. Görüntü işlemenin temel adımları Şekil 2'de görülmektedir [10].



Şekil 2. Görüntü İşlemede Temel Adımlar [7]

Görüntü işlemedeki ilk adım sayısal görüntü elde etmektir. Şekil 3'de bir ışık kaynağı ile aydınlatılan nesneden yansıyan, nesneyi tanımlayan ışınlar kameraya aktarılır ve görüntü

kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülerek analog forma çevrilir. Analog sinyaller bir sayısal dönüştürücüde sayısal sinyallere dönüştürülür [6].



Şekil 3. Görüntünün Sayısallaştırılması [6]

Görüntünün sayısallaştırılması, kameradaki görüntünün optik-elektrik mekanizma ile elektriksel sinyallere dönüştürülmesi işlemidir. Mercekte oluşan görüntü kameranın sensörleri üzerine odaklanır. Işık elemanları üzerinde ışığın durumuna göre elektrik sinyalleri üretilir. Bu sinyaller bilgisayar ortamına görüntü aktarılmasında kullanılan analog sinyallerdir [6].

Sayısal forma dönüştürülen görüntü bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek hale getirilmekte, bu işlem için görüntü sensörü ve bu sensörün üretmiş olduğu sinyalleri sayısal forma dönüştürebilecek sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Sensörlerden elde edilmiş sinyaller hala analog formda ise analog-sayısal dönüştürücüler ile sayısal hale getirilebilir [6].

Sayısal bir görüntü,  $x$  ve  $y$  uzaysal konumuna sahip bir noktanın ışık yoğunluğunu temsil eden  $f(x,y)$  fonksiyonu ile temsil edilir. Dikdörtgen formlu sayısal görüntü tanımı genellikle, en çok tercih edilen yaklaşımdır. Sayısal görüntü işlemede genellikle 0-255 arasında toplam ışık yoğunluğu değeri tanımlanır.  $f(x,y)$ 'de  $x$  ve  $y$  ile adreslenen her bir eleman görüntü elemanı, resim elemanı, piksel veya pel olarak adlandırılır [9].

Görüntü iyileştirme, sayısal görüntü işlemenin en basit ve en ilgi çekici alanları arasındadır. Temel olarak iyileştirme tekniğinin altındaki düşünce, detayları meydana çıkarmak ya da basit bir şekilde bir görüntüdeki ilginç özellikleri vurgulamaktır [8].

Görüntü düzeltme, bir görüntünün görünüşünün geliştirildiği alandır. Düzeltme, alınan görüntünün bir sonraki aşamada hatasız ve kolay işlenebilir olması için daha belirgin ve anlaşılır hale getirilmesi sürecidir. Bu süreçte yapılan işlemlerden bazıları:

- Görüntüyü belirginleştirmek
- Görüntüde bulunan kirlilikleri filtrelemek
- Görüntü üzerindeki yapısal bozuklukları yok etmek veya minimize etmek.

Bu işlemler görüntü işleme operatörleri aracılığıyla gerçekleştirilir. Görüntü işleme operatörleri filtreleme, kenar tespiti, eşikleme, morfolojik operasyonlar gibi işlemleri içerir. Bazı operasyonlar görüntü kalitesini artırmak ve belirli görüntü özelliklerini arka plandan ayırtma veya ayırma işlemlerini gerçekleştirir. Görüntü işleme operasyonları giriş olarak verilen görüntüyü istenilen özelliklerde başka bir görüntüye dönüştürme işlemini yaparlar [8,10].

Renkli görüntü işlemi, internet üzerinde sayısal görüntülerin kullanımında önemi azaltmada yararlı bir alandır.

Dalgacıklar farklı derecedeki sonuçlarda görüntülerin gösterilmesi için temeldir. Görüntü veri sıkıştırma ve piramit olarak gösterilmesi için görüntülerin daha küçük alanlarda sıra ile bölümlenmesinde kullanılır [8].

Sıkıştırma, bir görüntüyü kaydetmek için yeri veya iletmek için ihtiyaç duyulan bant genişliğini azaltma tekniğidir [8].

Morfolojik işlem, şekli temsil etmede ve betimlemede kullanışlı görüntü bileşenlerini çıkarmak için araçları içerir.

Ayırma işlemi, nesneyi veya bir kısmını oluşturan görüntüyü, alt görüntülere parçalama, bölümlenmedir. Genel olarak, sayısal görüntü işlemede en zor işlerden biridir. Bir kuvvetli ayırma işlemi görüntü problemlerinin başarılı çözümüne doğru uzun bir yolu gerektirir. Diğer taraftan, zayıf ve kararsız ayırma algoritması her zaman nihai hataların oluşacağını belirtir. Genellikle daha doğru ayırma, daha olası tanımlama başarılı olmaktadır [6,8].

Temsil etme ve betimleme hemen hemen her zaman ayırma adımının çıktısını takip eder. Bilgisayar süreci için veri uygun forma çevrilmelidir. Öncelikle, veri bir sınır ya da tam alan olarak sunulabilmelidir. Sınır temsil etme, hedef köşeler ve bükülmeler gibi dış şekil karakteristikleri, bölgesel temsil etme de, içsel özellikler doku ve iskeletle ilgili şekiller üzerinde uygundur. Bazı uygulamalarda, bu temsil etmeler her biri için tamamlayıcıdır. Temsil etme seçimi, sonraki bilgisayar süreci için uygun formda işlenmemiş veriyi dönüştürmek için çözümlerin sadece bir kısmıdır. Bir metot aydınlatılmış ilginç özellikteki veriyi betimlemek için belirlenmiş olmalıdır. Özellik seçimi olarak adlandırılan betimleme, bazı nicel bilgideki sonucu veya nesne sınıfını diğerinden ayırmak için temel olan nitelikleri seçip çıkarmakla ilgilidir.

Tanıma, betimleyiciye bağlı olarak bir nesneye bir etiket atama işlemidir [8].

## 2.2 Sayısal Görüntü Özellikleri

Sayısal görüntü özellikleri metrik ve topolojik özellikler olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Topolojik özellikler, sayısal görüntünün içerdiği verilerin görüntünün boyut değiştirmesinden bağımsız olarak birbirleriyle olan ilişkilerinin korunmasını ifade eder. Sayısal bir görüntüde yer alan herhangi bir cismin dış sınırlarını birleştiren sürekli çizgi dış kabuk olarak isimlendirilir ve bu kavram cisimlerin topolojik özelliklerinin tanımında kullanılır [9].

Görsel algılamada görüntünün kalitesi bir değerlendirme kriteridir. Sayısal görüntüler sonlu sayıda piksel içerirler ve her bir piksel, görüntünün belirli bir bölümüne ait ışık parlaklığına ilişkin veri sağlar. Piksel komşulukları sayısal görüntü işlemede bir diğer önemli özelliktir [9].

Histogramlar, sayısal görüntülerin metrik özelliklerinden birisidir. Bir görüntünün histogramı piksel değerlerinin sahip olduğu renk değerlerinin dağılımını ifade eder. Sayısal görüntülerde, sınır, şekil, doku veya renk gibi faktörler yardımıyla görüntüler kolaylıkla yorumlanabilir. Görüntü kalitesi ve gürültü, sayısal bir görüntünün önemli metrik özelliklerindedir [9].

## 2.3 Fourier Transform

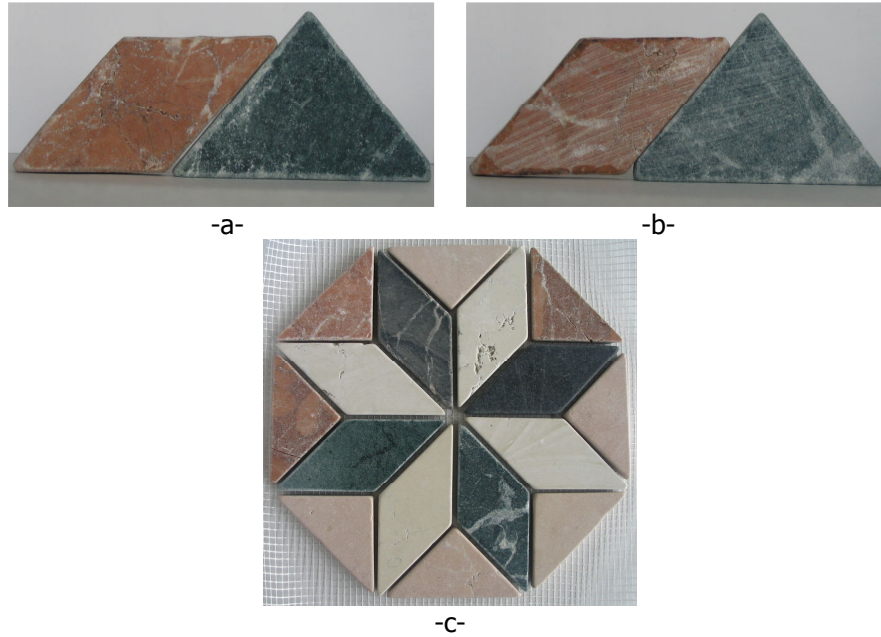
Fourier transform temel olarak, sinyalin frekans bölgesindeki karşılığını sunmanın yolunu sağlar [10,12,13]. Hızlı Fourier transform (Fast Fourier Transform - FFT) algoritması bu işlemi verimli bir şekilde gerçekleştirir.

Fourier dönüşümler sinyal işlemede önemli ölçüde kullanılan bir yöntemdir. Her sinyal temelde belirli bir frekanstaki ve onun frekansının katları kadar farklı sinyalin, değişik oranlarda doğrusal biçimde birleşmesinden oluşur.

Fourier transform; filtreleme, telekomünikasyon, nokta değişikliği, sinyal kodlama, konuşma veya görüntü tanımlamada örüntü teşhisi için özellik çıkarma, fizik ve radar sinyal işlemede spektral analiz, korelasyon-otokorelasyon ve fourier integrallerinin hesabında uygulanır. Fourier transformda ilk temel sinyaller, farklı periyotları artıran sinusoidal sinyallerdir [14].

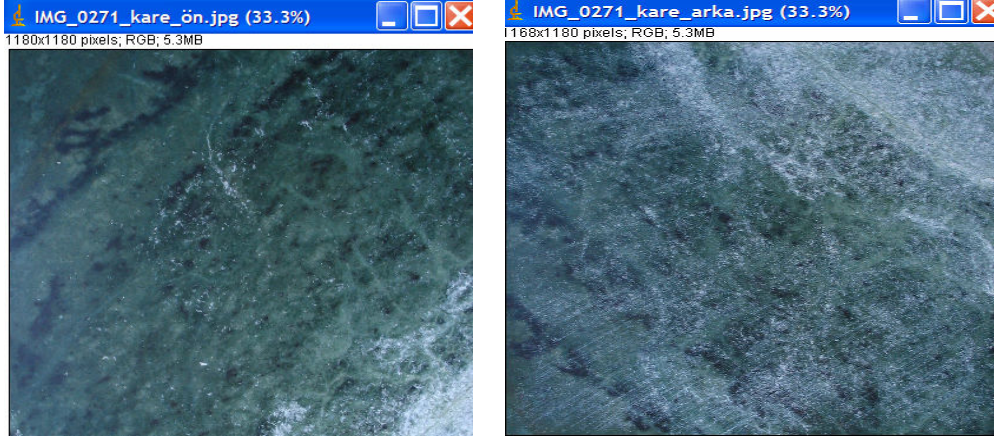
### 3. UYGULAMA

Bu çalışmada, çeşitli boyut ve şekildeki mermerlerin dizimi için yüzey belirleme işlemi gerçekleştirilecektir. Mozaik dizimi işleminde, istenen desenin oluşturulması için besleme noktasına gelen mermerlerin öncelikle yüzeyleri algılanacaktır. Amaç düzgün olan yüzeyin desen oluşturulduğu zaman üstte kalmasını sağlamaktır. Mozaik diziminde öncelikle mermerlerin kesme izi olan yüzeyleri üstte kalacak şekilde bir yerleştirme yapılmakta ve yerleştirme tamamlandıktan sonra yüzeylere yapıştırıcı sürülmektedir. Yapıştırıcı sürülen yüzeye desenin dağılmasını önlemek amacıyla file konmaktadır. Yapıştırıcı kuruduktan sonra desen ters çevrilmekte ve istenilen yerleştirme gerçekleştirilmektedir. Şekil 4'te mermerlerin ön-arka yüzeyleri ve mermerlerden oluşturulan mozaik deseni görülmektedir.



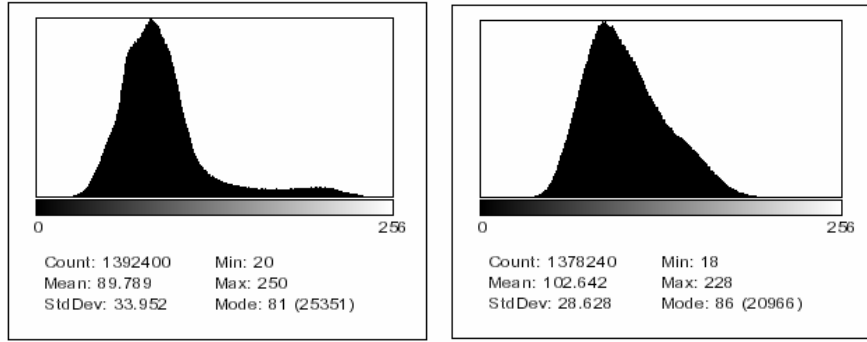
Şekil 4-a- Kesme izinin bulunmadığı yüzey b-Kesme izinin bulunduğu yüzey c- Mozaik desen

Mermerin bir yüzeyinde kesme izlerinin olması ve izlerin düzenli aralıklarla birbirini takip etmesi nedeniyle Fourier analizi yapılması uygun görülmüştür. Analiz için "ImageJ" programından yararlanılmıştır. Çalışmada kesme izlerinin bulunmadığı yüzey ön, kesme izlerinin bulunduğu yüzey arka olarak belirtilmiştir (Şekil 5).



-a- -b-  
Şekil 5-a- Mermerin ön yüzeyi, b-arka yüzeyi

Mermerin kesme izlerinin bulunmadığı yüzeyin öncelikle histogramı alınmış ve renk yoğunluklarına bakılmıştır (Şekil 6).

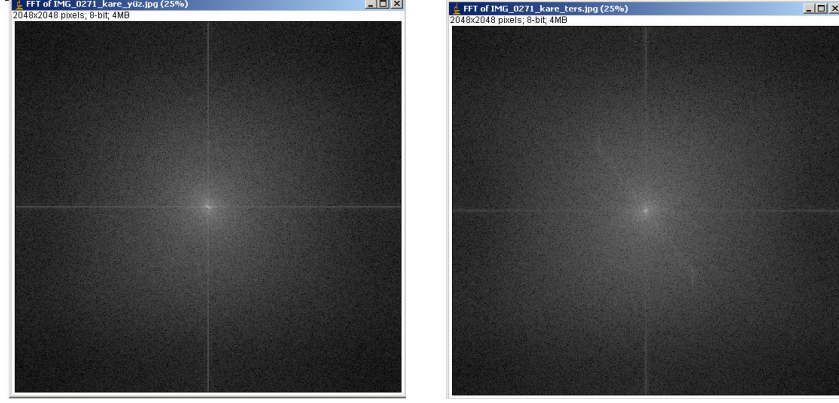


-a- -b-  
Şekil 6. a- Mermerin ön yüzeyine ait histogram, b- Arka yüzeye ait histogram

Renk yoğunluklarına göre çizilen histogramlarda ortalama değerleri ve merkezden sapma miktarları arasında fark olduğu görülmektedir. Mermer görüntülerinin Fourier transformu alındığında (FFT) Şekil 7'de görülen görüntüler elde edilmiştir. Resimde yer alan ve şeklin merkezine doğru toplanan açık renkli pixeller alçak frekanslardaki yoğunluğu göstermektedir.

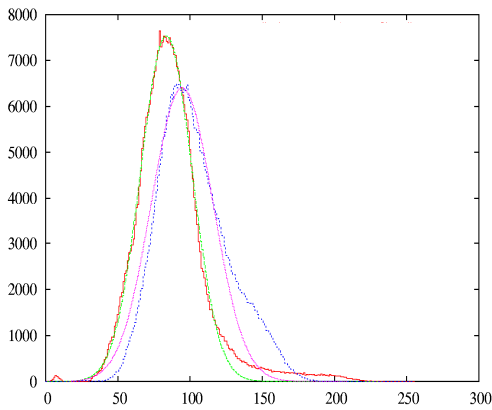
Mermere ait iki yüzey değerleri ile çizilen histogramlara göre tercih yapılması gereken durumlarda, kesme izlerinin bulunduğu yüzeyin ayırt edilmesi histogramdan elde edilen sonuçlara göre yapılabilmektedir. Renk değerlerimizin ortalamasına baktığımızda kesme izinin bulunduğu yüzeyde, izlerin beyaz renk ve renk değerlerinin yüksek olması ortalama değeri artırmakta ve 256 değerine yaklaşma görülmektedir. Mermer görüntüsünün FFT'sini alırsak elde edilen şekilde, yüzeyde bulunan kesme izlerine 90° dik konumda, merkezden geçen açık renkte bir çizgi görülmekte ve bu çizginin iki ucunda parlaklık bulunmaktadır (Şekil 7b).



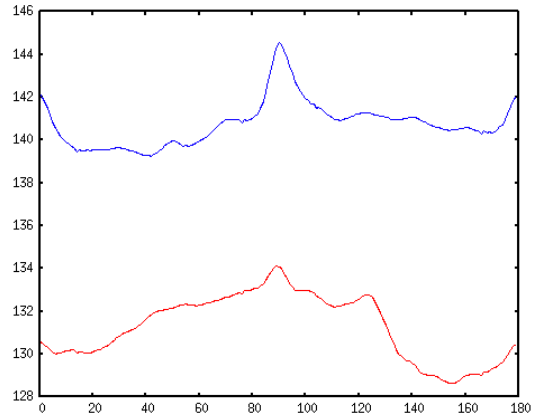


Şekil 7. a- Ön yüzeyin FFT'si, b- Arka yüzeyin FFT'si

Şekil 8 ve Şekil 9 sırasıyla histogram verisinin ve FFT görüntülerinin düzgün mermer yüzeyinin ayrılması için kolayca kullanılmasını sağlayacak şekilde ifade edilmesini göstermektedir. Şekil 8'de her iki görüntünün histogramları ve de bunlar üzerine Levenberg-Marquardt [15] algoritması ile oturtulan Gauss eğrileri görülmektedir. Oturtulan eğrilerin orta değerleri parlaklık ölçütü, standart sapma değerleri ise homojenlikten sapma değeri ölçütü olarak değerlendirilebilir. Şekil 9 FFT görüntüleri üzerinde merkezden geçen ince bir şeridin adım adım  $180^\circ$  çevrilmesi ve şeridin içindeki piksel değerlerinin o açı değeri için toplanması ile elde edilmiştir.  $125^\circ$  ye karşılık gelen tepe Şekil 7-b deki çapraz çizgisel oluşumu ifade etmektedir.



Şekil 8. Düzgün ve hatalı yüzey histogramları oturtulan Gauss eğrileri



Şekil 9. Ön ve arka yüzeylerin FFT ve görüntülerinin merkez-çevre doğrultulu izdüşümleri

#### 4. SONUÇ

Günümüzde mozaik dizme işlemlerinde, istenilen desenin oluşturulması sırasında mermer yüzeylerin ayırt edilmesinde karar vericinin tercihi dikkate alınmaktadır. Mermerlerin yüzey kaliteleri gözle yapılan kontroller ile belirlenmekte ve yerleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ancak uzun süreli çalışmalarda, monotonluğun getirdiği bıkkınlık ve yorgunluk sonucunda yanlış kararlar verilebilmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile el ile yapılmakta olan birçok iş artık makinalarla yapılmaktadır. Böylece yorgunluğun oluşturacağı dikkatsizlik önlenecek, yüzey kalitesini belirleme aşamasında oluşabilecek hatalar ortadan kaldırılacaktır.



Çalışmada, karar verme sürecinde yanlış kararların alınmasını önlemek ve mozaik dizme otomasyonuna katkı sağlamak amacıyla görüntü işleme tekniği kullanılmıştır. Besleme noktasına gelen mermerlerin yüzeyleri algılanarak, desende üstte kalması istenen yüzey belirlenmiştir. Mermer yüzeyinde bulunan kesme izlerinin periyodik aralıklarla birbirini takip etmesi nedeniyle fourier analizi uygulanmıştır. Histogram verilerinin ve Fourier analizinin kullanımıyla mermerlerin yüzeylerinin ayırt edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Hızlı karar verme sisteminin geliştirilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Gençlik Ansiklopedisi, gelişim yayınları, cilt no:7, sayfa:1870
- [2] <http://www.artacademy.com.tr/ArtExamples.asp?exID=19&catID=10>,2006
- [3] ORAL, A.; ERZİNCANLI, F.;"Computer-assisted Robotic Tiling of Mosaics", Robotica (2004), volume 22, pp 235-239
- [4] [http://www.msakademik.net/makaleler\\_detay.aspx?id=563](http://www.msakademik.net/makaleler_detay.aspx?id=563), 2006
- [5] ERHARDT, A. - FERRON, "Theory and applications of Digital Image Processing", 2000
- [6] YAMAN, K.; SARUCAN, A.; ATAK, M.; AKTÜRK, N.; "Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme Ve Arıma Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., Cilt 16, No 1, 19-40, 2001 Vol 16
- [7] RUSS, J. C., "The Image Processing Handbook", North Carolina State University, CRC Pres, 1999
- [8] GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E.; "Digital Image Processing", Prentice Hall, 2001
- [9] SAĞIROĞLU Ş.; BEŞDOK E.; ERLER M.; "Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I Yapay Sinir Ağları", Ufuk Kitap Kırtasiye –Yayıncılık Tic. Ltd., Kayseri, 2003
- [10] <http://www.teknohaber.net/makale.php?id=50801>,2006
- [11] <http://kuva.mis.hiroshima-u.ac.jp/~asano/Kougi/03a/PIP/>,2006
- [12] NPB 163/PSC 128 lecture notes, Fourier Analysis, Bruno A. Olshausen
- [13] <http://robot.cmpe.boun.edu.tr/593/gorusimge/> , 2006
- [14] YAROSLAVSKY, L., Fundamentals of Digital Image Processing.
- [15] PRESS, W. H.; FLANNERY B. P.; TEUKOLSKY, S. A.; VETTERLING, W. T., "Numerical Recipes in C : The Art of Scientific Computing", Cambridge University Press, 1992.