



Breşli kayalar kullanılarak fotogerçekçi mozaik üretimi için hesaba dayalı bir metodoloji

A computational methodology for the creation of photorealistic mosaic using breccia tiles

Okan ÖNAL^{1*}

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
okan.onal@deu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 05.01.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 02.03.2015

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2015.93823

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada, foto gerçekte bir mozaik oluşturmak için karşılaştırma tabanlı bir sınıflandırma tekniği geliştirilmiş ve sayısal olarak uygulaması yapılmıştır. Geleneksel mozaik üretim tekniklerinin aksine, taşların geometrik biçimleri öne sürülen teknikte mozaığın görsel başarısında rol oynamamaktadır. Geliştirilen teknikte breşli kayalardan üretilen mozaik taşların değişken yüzey görüntüleri, hedeflenen belirli şekilleri oluşturmak için karşılaştırmaya dayalı bir algoritma ile işlenmiş ve taşlar mozaığın görsel başarısını en yüksek olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu amaçla, breşli kayalardan kare formunda kesilerek elde edilen mozaik taşları, geliştirilen algoritma ile işlenerek hedeflenen örnek resimlerin oluşturulmasında kullanılmıştır. Teknik veri tabanında az sayıda mozaik taşı bulunduğu durumlarda bile oldukça tatmin edici başarımlar göstermiştir. Geliştirilen teknik hesaba dayalı olduğu için geleneksel mozaik üretim sürecindeki en önemli unsur olan kalifiye iş gücüne ihtiyaç duymamaktadır ve geleneksel mozaik üretim tekniği için üretimi zaman alan büyük boyutlardaki mozaiklerin çok hızlı ve ucuz bir şekilde üretilmesini sağlayabilmektedir. Geliştirilen teknik ile üretilen mozaikler farklı görsel yüzey özelliklerine sahip breşli kayalardan kesilen mozaik taşları ile oluşturuldukları için, çoğu zaman homojen olmayan görsel özelliklerinden dolayı atıl kalan taşların da kullanılmasını sağlamaktadır. Teknik, üretilecek mozaik için pratik olarak bir boyut sınırlaması koymadığından dolayı, büyük açıklıklara sahip müzeler, lobiler ve hatta dış cepheler ve meydanlar için kullanım olanağı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Mozaik, Doğal taş, Fotogerçekçi, Breş, Hesaba dayalı konumlandırma, Mermer

Abstract

A comparison based tile classification technique has been developed and applied computationally in order to compile a mosaic, which constituting tiles emplaced as to form a particular figure. The mosaics are generated using the surficial shapes of the tiles. Unlike the conventional mosaic tiling process, geometric properties of the tiles do not have any role for the proposed methodology. Therefore, square breccia rock tiles, having variable surface appearances, have been used by processing with the developed algorithm and lined up as to form targeted sample images. The technique showed satisfactory results even with a limited number of tiles in the database. The compilation of the mosaic with the proposed methodology is a very fast and cheap process, which makes it ideal to follow the different requirements of the individual customers and eliminates skilled workforce in the production. Since the mosaic contains different ratios of breccia tiles, having variable surface appearances, the gap between the market prices of the tile groups has been eliminated and an extra value to the final product has been added by attributing an artistic value. The technique offers practically no size limitation for a mosaic, which makes it suitable for large coverings such as ones in museums, lobbies and even for open spaces. The methodology presented in this study allows creating photorealistic mosaics having higher engineering properties.

Keywords: Mosaic, Natural stone, Photorealistic, Breccia, Computational arrangement, Marble

1 Giriş

Doğal taşlar, inşaat sektöründe en çok kullanılan malzemelerden biridir. Genelde, yüksek mukavemetli, fonksiyonel ve uzun ömürlü olmalarından dolayı tercih edilmektedirler. Aynı zamanda dekoratif bir görüntüyü yüksek dayanım ve aşınma direnci ile birlikte düşük bakım giderleriyle sunmaktadırlar. Doğal taşlar, oluşumlarından dolayı çoğunlukla levha yüzeylerinde görsel açıdan çok geniş bir değişkenlik gösterirler. Levha yüzeylerin estetik açıdan karakterizasyonu, yoğunlukla operatör muhakemesine bağlı zor bir işlemdir. Operatör başarısı, üretilen ürün gruplarının kendi içerisinde homojenliğini sağlamakla birlikte, farklı gruplar için farklı piyasa fiyatları geçerli olduğu için karlılığı doğrudan etkilemektedir. Levha yüzeylerinin görsel sistemler kullanılarak otomatik sınıflandırılması, araştırmacıların son on yıldır çalışmalarına konu olmuştur. Levhaların sınıflandırması için, sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak karakteristik özelliklerin çıkartılması, 2005 yılında Bruno ve diğerleri [1]

tarafından tatbik edilmiştir. Yapay sinir ağları ve bulanık mantık algoritmaları mermer levha yüzeylerinin sınıflandırılması için başarı ile uygulanmıştır [2]-[5]. Levha yüzeylerinin dalgacık dönüşümü, çoklu faktör ve karesel diskriminant analizleri gibi metotlarla incelenmesi, bazı bölgesel mermerler için gerçekleştirilmiştir [6]-[8]. Bahsedilen sınıflandırma ile ilgili algoritma çalışmaları, levhaların piyasa fiyatlarını doğrudan belirleyen, renk, homojenlik ve doku gibi yüzey özellikleri kullanarak gruplandırmayı hedeflemektedirler. Fakat breşli kayalar gibi bazı doğal taşlar, levha yüzeylerinde sınırlı alanlarda bile görsel açıdan aşırı değişkenlik gösterebilmektedirler. Bu gibi örneklerde levhaların sınıflandırması çok karışık olmakla birlikte, yanlış sınıflandırma veya sınıflandırılmama gibi durumlarla karşılaşmaktadır. Sınıflandırma işleminin başarısı, farklı ürün grupları oluşturduğu ve bu grupların kendi içindeki homojenliğini de etkilediği için, ürünlerin piyasa fiyatlarını doğrudan belirlemektedir. Öte yandan, aynı ocaktan çıkartılmasına rağmen bazı gruplar talepten dolayı atıl kalarak

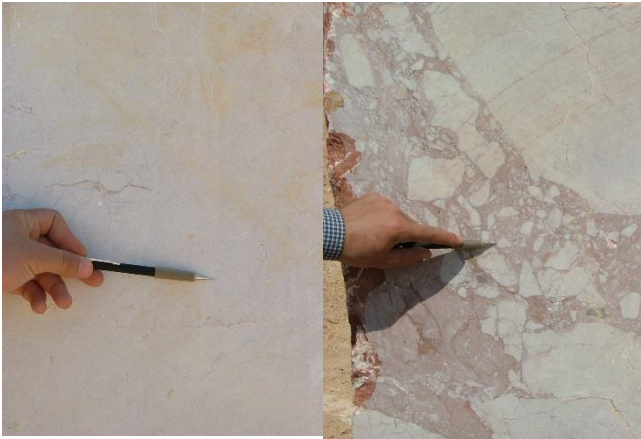
ekonomiye dâhil edilmemektedir. Fakat geliştirilen teknik ile farklı gruplara ait levhalar estetik bir dokuyu ve hatta belirli bir şekli oluşturmada bir arada kullanılabilme potansiyeline sahip olmaktadır. Bu teknikte, foto gerçekçi nitelikte bir mozaik oluşturmak için karşılaştırma tabanlı bir sınıflandırma ve konumlandırma algoritması geliştirilmiştir. Geleneksel mozaik üretim tekniklerinin aksine, taşların geometrik biçimleri öne sürülen teknikte mozaığın görsel başarısında rol oynamamaktadır. Geliştirilen teknikte breşli kayalardan üretilen mozaik taşlarının değişken yüzey görüntüleri, hedeflenen belirli şekilleri oluşturmak için karşılaştırmaya dayalı bir algoritma ile işlenmiş ve taşlar mozaığın görsel başarımı en yüksek olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu metot, görüntü alma, veri tabanı oluşturma ve sayısal analiz kısımlarından oluşmaktadır.

Bu çalışmada, karşılaştırmaya dayalı bir sınıflandırma tekniği geliştirilerek, geometrik şekilli doğal taşlardan belirli figürleri oluşturan bir derleme metodu geliştirilmiştir. Metodun başarısı, breşli doğal taşlardan kesilen 5 cm boyutundaki kare taşlar kullanılarak sınanmıştır. Algoritma ile sınırlı sayıdaki taşla bile görsel açıdan tatminkâr sonuçlar elde edilmiştir.

2 Materyal ve metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan breşli kaya örnekleri Manisa İli'nin Saruhanlı İlçesinde bulunan Çakmaklı mevkiindeki bir ocağın taşlarıdır. Bu ocağın kapasitesi 2003'te incelenmiş [9] ve iki ana grup kireçtaşına sahip olduğu belirlenmiştir. İlk grup bej renkli homojen kireç taşı olurken (Şekil 1a), ikinci grup ise ocağın bazı bölümlerinde yer alan kırmızı renkli kohezyonlu bir matristir (Şekil 1b).



(a)

(b)

Şekil 1: Örneklerin alındığı ocaktaki masif,
(a): Breşli, (b): Kaya blokları.

X Işını Difraksiyon deneyi homojen kireçtaşı kısmının salt kalsitten oluştuğunu, öte yandan kırmızı matrisli kısımda ise kalsitin yanında quartz, plagioclase, siderit ve hematit olduğunu ortaya koymuştur. Örneklerde sadece smektit tipi kil minerali belirlenebilmiştir. Homojen kısım ve kırmızı matrisli kısmın özgül ağırlıkları sırasıyla 2.70 ve 2.72 olarak belirlenmiştir. Mozaik üretimi için gerekli taşlar kare ve 5 cm boyutuna sahip olacak şekilde mermer bloklardan kesilmiştir. Kare şekli, taşların doksanan derece çevrilebilmesi ile veri tabanındaki örnek sayısını arttırmak maksadıyla tercih

edilmiştir. Kesilen taşlar yüzey görüntüleri açısından dört farklı gruba ayrılabilir. İlk ve son gruptaki örnekler homojen kireç taşı ve kırmızı matrise sahiptir. Bu gruptaki örnekler izotropik görsel yüzey özelliklere sahiptirler (Şekil 2a-d). Diğer iki gruptaki örneklerde ise kohezif matris bileşeni grup numarası ile beraber artmaktadır (Şekil 2b-c). Çalışmada toplam 9792 taş kullanılmıştır. İlk, ikinci, üçüncü ve dördüncü gruptaki örnek sayıları sırasıyla 1215, 3058, 3747, ve 1772'dir.



(a): Homojen izotropik kireçtaşları.



(b): Kohezif matrisin damarlar şeklinde belirlediği breşli kayalar.



(c): Kireçtaşı parçalarının daha kalın kohezif matris tarafından birbirinden ayrıldığı breşli kayalar.



(d): Büyük kısmı homojen izotropik kırmızı kohezif matristen oluşan kayalar.

Şekil 2. Bu çalışmada kullanılan taşların görsel sınıflandırması.

2.2 Görüntü alımı

Görüntü alımı ticari olarak sunulan doküman tarama cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tarama cihazı tek seferde birden fazla örnek taranmasına olanak sağlamıştır. Görüntü alımı esnasında taşlar, derleme sonrası kolay erişilebilir olacak şekilde etiketlenmişlerdir. Taşların tarama işlemi bittikten sonra örnekler görüntü veri tabanını oluşturacak şekilde depolanmışlardır. Depolama sırasında görüntü dosya isimleri taşların fiziksel etiketleri ile eşleşecek şekilde kayıt edilmiştir. Bu işlem Matlab Teknik Programlama Dili içerisinde bulunan Görüntü İşleme Araç Kutusu komutları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Toplu sayısallaştırılmış taş görüntüleri otomatik olarak tek tek kesilerek etiketlerindeki isimleri, dosya ismi olacak şekilde kaydedilmiştir.

2.3 Sınıflandırma algoritması

Mozaikleri görsel açıdan oluşturmak için Matlab programlama dilinde bir algoritma hazırlanmıştır. Matlab programlama dili çok büyük matrisleri çok kısa sürede işleyebilmesinden dolayı tercih edilmiştir.

İlk olarak hedeflenen orijinal resim sayısallaştırıldıktan sonra, oluşturulacak mozaik boyutlarını ve çözünürlüğünü dikkate alınarak hedef resim karesel matrislere bölünür. Orijinal resimdeki her bir kare veri tabanındaki taş görüntülerinden elde edilen matrisler ile karşılaştırılarak, ilgili resim görselini en iyi temsil edecek veri tabanı taşı için bir temsil doğruluğu katsayısı belirlenir. Bu aşamada taşların kareselliğinden dolayı dört farklı açıda konumlandırılabilirler söz konusudur ve her açı için hesaplama tekrar edilir. Sonuç mozaik görsel başarısı, karşılaştırma algoritmasının etkinliğine bağlıdır. Orijinal resimdeki her bir kare piksel piksele veri tabanındaki taş görüntülerinden oluşan matrisler ile karşılaştırılır. İşlemin sayısal olarak etkin olabilmesi için orijinal resimden kesilen karesel matrisler ve veri tabanındaki matrisler daha küçük boyutlara dönüştürüldükten sonra temsil doğruluğu katsayısı hesaplanır. Temsil doğruluğu katsayısının hesaplanabilmesi için kırmızı, yeşil ve mavi temel bileşenlerinden oluşan tabakalı matrislerin elemanları arasındaki yakınlık Denklem (1) formülü ile hesaplanır.

$$D = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2} \quad (1)$$

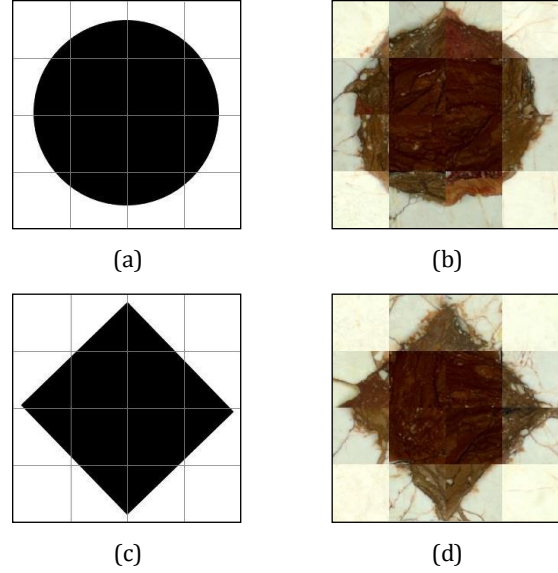
Bu formülde, R_1 , G_1 , B_1 orijinal resimden kesilen karesel matrisin temel renk bileşenleri değerleri, R_2 , G_2 , B_2 ise veri tabanındaki taşlara ait matrislerin temel renk bileşenleri değerleridir. D değeri karşılaştırılan matris elemanları arasındaki uzaklık olup, iki elemanın birbirine ne kadar benzediğini sayısal olarak ifade etmektedir. Bu değer küçüldükçe iki matrisin birbirine benzerliği artmaktadır. İki karesel matrisin her bir elemanına karşılık gelen benzerlik değerleri hesaplandıktan sonra elde edilen matrisin elemanları toplamı, veri tabanındaki taşın orijinal resimdeki kesilen karesel bölgeyi temsil katsayısını oluşturmaktadır. Orijinal resimdeki karesel bölgeler veri tabanındaki taşlar ile karşılaştırılarak her karesel bölge için temsil katsayıları hesaplanır. Temsil katsayısı ne kadar küçükse benzerlik de o kadar artmaktadır. Veri tabanındaki her taş fiziksel olarak sadece bir kez kullanılabilirliği için sadece temsil katsayısı en uygun olan konum ve açıda konumlandırılır. Bunun için veri tabanından alınarak dört farklı açıda hedef kareler ile karşılaştırılan veri tabanı elemanı, temsil katsayısının en uygun olduğu yere yerleştirildikten sonra tekrar kullanılmaması için veri tabanından silinir.

Algoritma simultane olarak, konumlandığı her taş için satır ve sütun numarası ve konum açısının belirtildiği bir derleme plan raporu oluşturur.

Geliştirilen tekniğin şekil oluşturma yöntemini sunmak için yapay olarak oluşturulmuş iki geometrik şekil veri tabanındaki doğal taşlar kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 3a ve 3c'de gösterilen geometrik şekiller 4'e 4 matris boyutlarına sahip olacak şekilde kesilmiştir. 9792 taştan oluşan veri tabanındaki taşlar dört farklı açıyla birlikte karşılaştırılmış ve temsil katsayısı en uygun olan taşlar belirlenerek konumlandırılmıştır (Şekil 3b-d).

Şekil 3'ten de görülebileceği gibi keskin geçişlerin bulunduğu hedef resimlerinde veri tabanındaki taşların döndürülebilirliği önem arz etmektedir. Teknik kullanılarak oluşturulan

mozaikler, geleneksel mozaik üretim tekniğinde olduğu gibi hedeflenen görselleri kullanılan taşların şekilleri ile değil, aksine sabit şekle sahip taşların doğal olarak oluşmuş yüzey görüntüleri ile oluşturmaktadır.



Şekil 3: Algoritma kullanılarak yapay olarak oluşturulmuş şekiller.

3 Bulgular ve tartışma

Taş karşılaştırma algoritmasının etkinliği dolayısıyla oluşacak mozaik görsel başarısı sayısal olarak ifade edilebilmektedir. Bunun yanında oluşturulacak mozaikler imalattan önce sayısal olarak birleştirilebilmekte ve görsel başarısı incelenebilmektedir. Bu imkân geleneksel mozaik üretme tekniğinde bulunmamaktadır. Ayrıca, geleneksel imalat tekniğinde mozaik çözünürlüğü küçük elemanlar kullanıldığında artmaktadır. Bu da daha fazla kalifiye iş gücü kullanımı ve daha fazla zaman harcanması anlamına gelmektedir. Bu etmenler de üretilebilecek mozaik boyutlarını sınırlamaktadır. Geliştirilen teknikte kullanılan mozaik elemanları geleneksel tekniğe göre çok daha büyük olabileceği için pratik olarak oluşturulabilecek mozaiklerin boyutlarında bir sınırlama bulunmamaktadır.

Geliştirilen teknikte mozaikler karesel elemanlardan oluştuğu için geleneksel yöntemle kıyasla çok daha az derz bulundurmakta, bundan dolayı da yapısal olarak daha stabil, geçirimsiz ve aşınmaya karşı dirençli kaplamalar oluşturulabilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı yaya trafiğine maruz yerler veya yağmur, güneş gibi aşındırıcı etmenlere maruz dış cephelerde kullanılması ön görülebilir. Ayrıca doğal taşların yüzeylerindeki şekiller malzemenin içine doğru da devam ettiği için, yoğun kullanımla aşınan yer kaplamaları görsel açıdan etkilenmemektedir.

Karşılaştırma algoritmasının başarımını ortaya koyabilmek için büyük boyutta iki farklı orijinal hedef resmi veri tabanındaki taşlar ile ayrı ayrı oluşturulmuştur. İlk orijinal resim hem omuz yanak ve boyun gibi basit hem de göz burun ve dudaklar gibi karmaşık şekillerin oluşturulabilmesini gösterebilmek için bir portreden seçilmiştir. Hedeflenen mozaik 81'e 62 elemandan oluşan ve fiziki boyutları 405 cm'ye 310 cm olan 12.56 m²lik bir mozaiktir (Şekil 4). Şekil 4 incelendiğinde veri tabanında bulunan taşların yarısının kullanılmasına rağmen görsel açıdan

başarılı bir mozaik oluşturulabilmiştir. Veri tabanındaki taş sayısı arttırıldığında mozaiklerin görsel başarısının da yükselmesi beklenir.

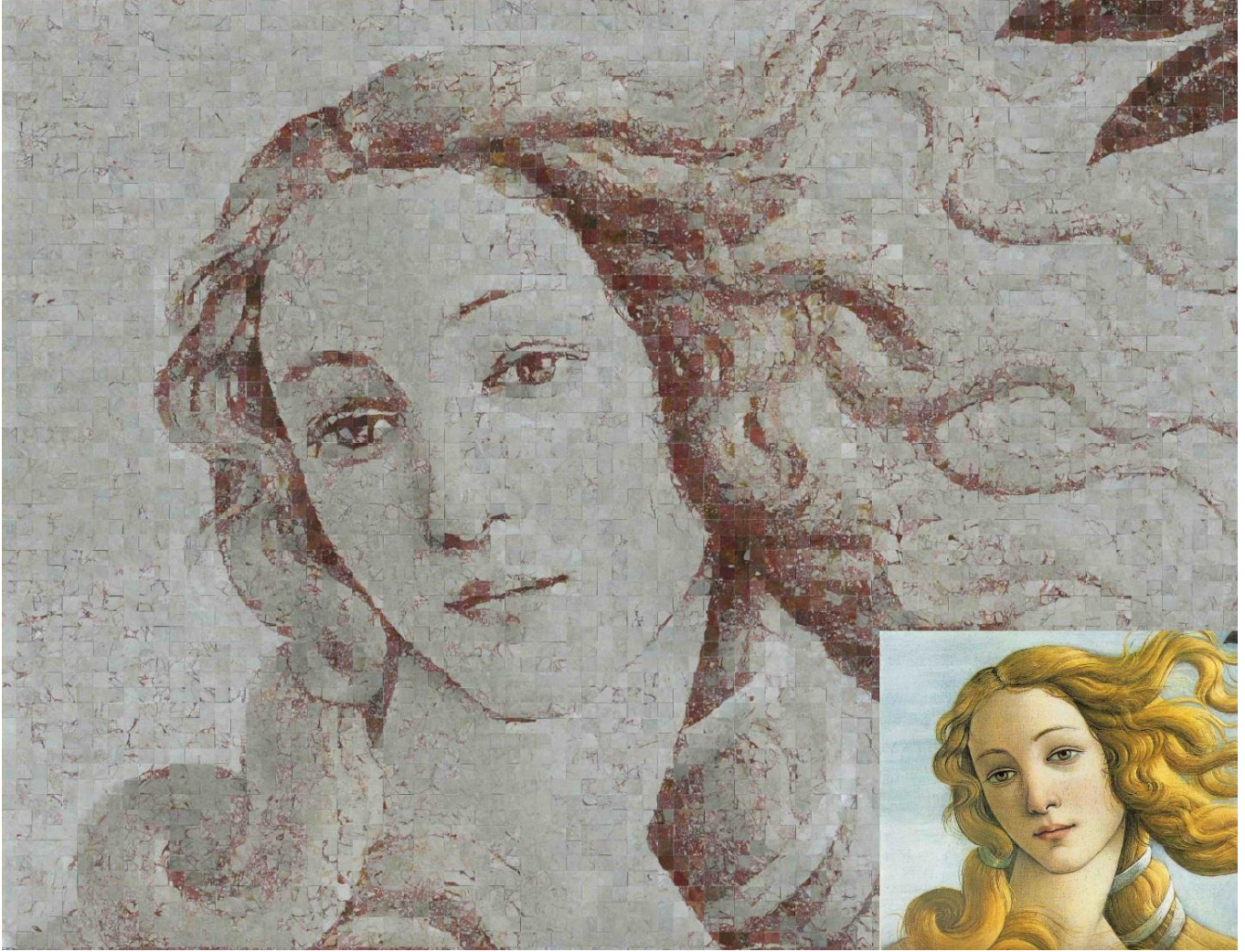
Oluşturulan ikinci mozaikte, başarımın ortaya konabilmesi için çok daha kompleks şekillerden oluşan bir çizim seçilmiştir (Şekil 5). Şekilden de görülebileceği gibi yüz ve ayak gibi detaylar sınırlı sayıda taştan oluşturulmalarına rağmen hedef çizimi çok iyi bir şekilde temsil edebilmişlerdir. Şekil 5'te oluşturulan görsel 46'ya 83 elemandan oluşan ve fiziki boyutları 230 cm'ye 415 cm olan 9.55 m²lik bir mozaiktir.

Sayısal olarak birleştirilen mozaiklerin taş elemanlarının konum ve açıları, algoritma tarafından listelendiği için mozaiklerin birleştirilmesi ilgili taşın işaret edilen konuma belirtilen açı ile yerleştirilmesi ile manuel olarak yapılabilir. Öte yandan, Oral ve Erzincanlı [10] mozaik taşlarının geleneksel yöntemle yerleştirilebilmesi için bilgisayar tarafından kontrol edilen bir robot kol geliştirmişlerdir. Çalışmalarında mozaik taşlarının karakterizasyonundan ziyade robot kolun mekanizmasına dikkat çekilmiştir. Robot kol önceden belli renkler olacak şekilde yerleştirilmiş taşları bir CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) çizimi kullanarak yerleştirmektedir. Benzer

bir robot tasarımı geliştirilen algoritmanın çıktısı olan derleme planı ile beraber çalışacak şekilde geliştirilebilir. Fakat mozaiklerin oluşturulması algoritma çıktıları kullanılarak kısa sürede ve hızlı bir şekilde yapılabilir. Birleştirme işlemi için herhangi bir eğitim veya kalifiye iş gücü gerekmemektedir.

Oluşturulan örnek mozaiklerden de anlaşılacağı gibi mozaiklerde kullanılan taşlar tüm gruplara ait taşlardan seçilmektedir. Dolayısıyla, piyasa değeri olmayan taşlarda bu seçime dâhil edilebilmektedir. Ayrıca mozaik üretimi için kullanılan taşlar standart doğal taş imalatında kullanılan karo ebatlarına kıyasla daha küçük olduğu için, üretim zayıtı ve büyük plakların artık parçaları da bu işlemde kullanılabilir.

Sayısal hesaplamalar sonucu ortaya çıkan estetik sonuç, tüm taşların ekonomik değerinin çok ötesinde bir değer sağladığı için, ülke ekonomisine katma değer olarak katılmaktadır. Ayrıca ülkemizin doğal taş sektörünün ham madde olarak ülke kaynaklarını ihraç etmesinin yerine işlenmiş ve katma değer sağlanmış ürünlerin ihraç edilmesi sektör açısından önem arz etmektedir.



Şekil 4: Botticelli'nin Venüs'ün doğuşu tablosundan alınmış hedef resmiyle oluşturulmuş 81'e 62 elemanlı 12.56 m²lik mozaik.



Şekil 5: William Bouguereau'nun taslak çiziminden oluşturulmuş 46'ya 83 elemandan oluşan 9.55 m²lik mozaik.

Önerilen mozaik oluşturma tekniği büyük ve karmaşık mozaiklerin kısa sürede oluşturulmasına olanak sağlasa da, başarımı veri tabanındaki taşların sayısına büyük oranda bağlıdır. Mozaiklerin üretilmesiyle veri tabanındaki taş sayısı azalacağı için, üretimin sürekliliği için veri tabanının sürekli beslenmesi gereklidir. Geliştirilen algoritma ile beşgen ve altıgen gibi döndürülebilen taş şekilleri teorik olarak kullanılabilirse de pratik olarak bu şekillerde taş kesiminin güçlüğü ve kesim esnasında çok fire verilmesi kullanımını kısıtlamaktadır.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, belirli hedeflenmiş görselleri oluşturmak için karşılaştırma tabanlı sayısal bir taş seçme ve mozaik oluşturma metodu geliştirilmiş ve sayısal olarak metodun uygulaması yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerin aksine bu metotta şekilleri, mozaığı oluşturan parçaların şekilleri yerine, sabit geometriye sahip parçaların üzerinde doğal yollarla oluşmuş şekiller

oluşturmaktadır. Bundan dolayı geleneksel yöntemle kıyasla çok daha dayanıklı ve uzun ömürlü yüzey kaplamaları oluşturmak mümkün olabilmektedir.

Breşli kayalardan karesel olarak kesilmiş doğal taşlar, yüzey görüntülerindeki düzensizliklerden faydalanılmak için tercih edilmiştir. Teknik, veri tabanında sınırlı sayıda taş elemanı bulunmasına rağmen oldukça tatmin edici mozaikler oluşturabilmiştir. Geliştiren algoritma sonuç olarak taşların konumlandırılacağı bir derleme planı oluşturduğu için kalifiye iş gücüne ihtiyaç duymamaktadır. Tekniğin kullanılması için pratik olarak bir boyut kısıtlaması bulunmamaktadır. Oluşturulan mozaikler geleneksel yöntemle göre yapısal açıdan daha sağlam ve aşınma dirençleri daha yüksek olduğu için yer döşemeleri dâhil her türlü iç ve dış ortamda kullanılabilir. Bu çalışmada önerilen yöntem yüksek mühendislik özelliklerine sahip fotogerçekçi mozaiklerin oluşturabilmekte ve sanatsal bir performansı sayısal bir işleme çevirmektedir.

5 Kaynaklar

- [1] Bruno R, Cuoghi L, Laurence P. *Quantitative identification of marbles aesthetical features*. Editors: Marques JS, Pérez de la Blanca N, Pina P. Lecture Notes in Computer Science, Pattern Recognition and Image Analysis: Second Iberian Conference, IbPRIA (7-9 June 2005), Proceedings, 3523(2), 674-681, 2005.
- [2] Garceran Hernandez V, Clemente Perez P, Garcia Perez Luis G, Tomas Balibrea Luis M, Puyosa Pina H. "Traditional and neural network algorithms: applications to the inspection of marble slabs". *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vancouver, BC, Canada, 22-25 October, 1995.
- [3] Martínez-Alajarín J. "Supervised classification of marble textures using support vector machines". *Electronics Letters*, 40(11), 664-666, 2004.
- [4] Sousa JMC, Pinto JRC. "Comparison of intelligent classification techniques applied to marble classification". *Lecture Notes in Computer Science*, 3212, 802-809, 2004.
- [5] Vieira S.M, Sousa J.M.C, Pinto J.R.C. *Ant based fuzzy modeling applied to marble classification*. Editors: Campilho A, Kamel M. *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS, Image Analysis and Recognition-Third International Conference, ICIAR (18-20 September 2006), Proceedings, 4142, 90-101, 2006.
- [6] Luis-Delgado JD, Martínez-Alajarín J, Tomas-Balibrea LM. "Classification of marble surfaces using wavelets". *Electronics Letters*, 39(9), 714-715, 2003.
- [7] Dislaire G, Pirard E, Vanrell M. *Marble Classification Using Scale Spaces*. Editor: Prikryl R. Proceedings of Dimension Stone, 117-122, Balkema Publishers, Netherlands, 2004.
- [8] Carrino L, Polini W, Turchetta S. "An automatic visual systems for marble tile classification". *Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 216(8), 1095-1108, 2002.
- [9] Yavuz AB, Türk N, Koca MY. "The use of micritic limestone as building stone. A case study of Akhisar beige marble in western Turkey". *Industrial Minerals and Building Stones*, İstanbul, Turkey, 15-18 September 2003.
- [10] Oral A, Erzincanlı F. "Computer-Assisted robotic tiling of mosaics". *Robotica*, 22(2), 235-239, 2004.