GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ VE MERMER ÜRETİMİNE UYGULANMASI

YASER FIRAT

ARALIK 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ VE MERMER ÜRETİMİNE UYGULANMASI

YASER FIRAT

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK MADEN İŞLETME ANA BİLİM DALINDA YÜKSEK LİSANS TEZİ OLARAK HAZIRLANMIŞTIR.

ARALIK 2022

DİYARBAKIR

GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ VE MERMER ÜRETİMİNE UYGULANMASI

Yaser Fırat tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan Dalkılıç _____
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Prof. Dr. Özgür Akkoyun _____
Danışman, **Maden Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Dr. Öğr. Üyesi Erhan Çetin _____
Maden Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Özgür Akkoyun _____
Maden Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. İbrahim Uğur _____
Maden Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 27 / 12 / 2022

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Yaser Fırat

İmza: …….…….

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başından sonuna kadar benden desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Özgür Akkoyun' a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren firmalarda çalışan ve ihtiyaç duyduğumuz materyal, veri ve görselleri çekinmeden bizlerle paylaşan tüm mermer sektörü temsilcilerine ve maden mühendisi Kenan Can'a ayrıca teşekkür ederim. Bu çalışmanın sonuçlarının ileride geliştirilmesi ve entegrasyonu süreçlerinde, gelecekte yapabilecekleri yardımları şimdiden temenni ediyorum. Sürecin başlangıcından sonuna kadar benden manevi desteklerini esirgemeyen anneme ve eşime teşekkür ederim. Son olarak, 2008 yılından beri aramızda olmayan babam Ahmet Sait Fırat'a sonsuz şükranlarımı sunar adını bir nebze de olsa ölümsüzleştirmek adına bu çalışmayı ona ithaf ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiii
1. GİRİŞ 1
1.1 Problemin Tanımı 1
1.2. Çalışmanın Amacı 3
1.3. Tez Düzeni 4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ 12
3.1 Görüntü Kavramı ve Temel Tanımlar 12
3.2 Görüntü İşleme Yöntemleri 15
3.2.1 Görüntünün gri forma dönüştürülmesi 15
3.2.2 Eşik uygulama ve ikili (Binary) görüntü 16
3.2.3 Aydınlatma ve karartma (Ton değişimi) 17
3.2.4 Renk Filtreleri 18
3.2.5 Histogram eşitleme 19
3.2.6 Kontrast germe 19
3.2.7 Filtre işlemleri 20
3.3 Diğer Görüntü İşleme Yöntemleri 24
3.4 Görüntü İşleme Yöntemlerinin Uygulanması 25
4. YAPILAN ÇALIŞMALAR 27
4.1 Mermerin Seçilmesi 27
4.2 Numunelerin Toplanması ve Değerlendirilmesi 28
4.3 Görüntü İşleme Yazılımı ve Verilerin Elde Edilmesi 29
4.4 YSA Modelinin Oluşturulması 30
4.4.1 Yapay zeka ve YSA 30
4.4.2 Özellik çıkarma (öznitelik seçimi) 31
4.4.3 YSA modelinin oluşturulması 33
4.5 Önerilen Süre Kısaltma Yöntemleri 36

4.5.1 Rastgele seçilen piksellerden veri alma 36
4.5.2 Hatlar-kareler çizilerek veri alma (karelaj) 37
4.6 Önerilen Yöntemler İle YSA Modeli 37
5. ELDE EDİLEN BULGULAR 39
5.1 Tüm Yüzey Taraması 39
5.2 Öznitelik Çalışması Bulguları 42
5.3 Tüm Yüzey Taraması İçin YSA Modeli 43
5.4 Rastgele Veriler ile YSA Modeli 44
5.5 Hat-Karelaj Verileri ile YSA Modeli 45
5.6 İşlem Süreleri ile İlgili Bulgular 47
5.6.1 Rastgele veriler ile işlem süresi 48
5.6.2 Karelaj verileri ile işlem süresi 50
5.6.3 Önerilen yöntemlerin birlikte değerlendirilmesi 51
5.7 YSA Korelasyonları ve İşlem Sürelerinin Birlikte Değerlendirilmesi 53
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 55
KAYNAKLAR 61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Sayısal görüntülerin temel birimi olan piksel 13
Şekil 3.2 Görseli oluşturan pikseller 14
Şekil 3.3 Piksel sayısının görüntü boyutlarını etkisi 14
Şekil 3.4 Gri seviye renkler 0-255 aralığında dağılımları 14
Şekil 3.5 Renkli görselleri oluşturan RGB renkleri 15
Şekil 3.6 Renkli ve gri seviye görsellerde aynı pikselin değerleri 15
Şekil 3.7 Gri seviye görsellere ait renk histogramları 16
Şekil 3.8 Renkli ve gri seviye Elazığ vişne mermeri görselleri 17
Şekil 3.9 Gri seviye görsel ve eşik uygulanmış ikili forma dönüştürülmüş hali 18
Şekil 3.10 Ortadaki sayısal görüntünün koyu hali solda açık hali sağda verilmiştir 19
Şekil 3.11 Renkli bir görsel ve renk filtreleri 19
Şekil 3.12 Histogram eşitleme uygulanan görsel ve histogramları 20
Şekil 3.13 Kontrast germe işlemi ile histogramın gerilmesi 21
Şekil 3.14 Ortalama filtresi 22
Şekil 3.15 Ortalama filtresi uygulaması 22
Şekil 3.16 Medyan filtresi 23
Şekil 3.17 Medyan filtresi uygulaması 23
Şekil 3.18 Laplacian filtre çekirdek matrisi 23
Şekil 3.19 Laplacian filtre uygulaması 24
Şekil 3.20 Sobel yatay ve düşey filtreleri 24
Şekil 3.21 Sobel filtreleri uygulaması 25
Şekil 4.1 Yapılan çalışmaların şematik gösterimi 28
Şekil 4.2 Veri tabanındaki görseller 30
Şekil 4.3 Görüntü İşleme yazılımı tarafından yaratılan bir excel veri dosyası 31
Şekil 4.4 Verilerin profesyonel yazılıma aktarılması 34
Şekil 4.5 Verilerin YSA ara yüzüne tanıtılması 35
Şekil 4.6 Verilerin training, validation ve testing bölümlerine ayrılması 35
Şekil 4.7 YSA ağ yapısının oluşturulması 36
Şekil 4.8 YSA ağının eğitilmesi 36
Şekil 5.1 Üç renk sınıfına ait renk değerlerinin histogram dağılımları 42

Şekil 5.2 Tam yüzey taraması YSA modeli-training ve validation sonuçları 44
Şekil 5.3 Tam yüzey taraması YSA modeli-test ve genel sonuçları 44
Şekil 5.4 Tüm yüzey taraması için tarama süresi 49
Şekil 5.5 Rastgele veri alma yöntemine göre tarama süreleri (R 1-5) 49
Şekil 5.6 Rastgele veri alma yöntemine göre tarama süreleri (R 10-50) 50
Şekil 5.7 Rastgele veri alma yöntemine göre tarama süreleri (R 60-90) 50
Şekil 5.8 Bazı rastgele veri alma süreleri ve tam tarama süresi 51
Şekil 5.9 Karelaj veri alma yöntemine göre tarama süreleri (K-2-10) 51
Şekil 5.10 Karelaj veri alma yöntemine göre tarama süreleri (K-15-60) 52
Şekil 5.11 Karelaj veri alma yöntemine göre tarama süreleri (K-70-90) 52
Şekil 5.12 Tüm yöntemlerin tarama süreleri 53
Şekil 5.13 Model korelasyonu ve işlem süreleri 54

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1 YSA model yapısı ……. 37
Tablo 5.1 Bir numuneye ait veriler ……. 40
Tablo 5.2 Tüm yüzey taraması sonuçları ……. 41
Tablo 5.3 Girdi verileri ve hedef arasındaki korelasyon ……. 43
Tablo 5.4 YSA modelinin test sonuçları ……. 45
Tablo 5.5 Rastgele veriler ile YSA modeli ……. 46
Tablo 5.6 Hat-karelaj verileri ile YSA modeli ……. 46
Tablo 5.7 Hat-karelaj işlemlerinde veri oranları ……. 47
Tablo 5.8 İki yöntem sonuçları birlikte ……. 48
Tablo 5.9 Tüm örnekler için işlem süresi (dakika) ……. 53
Tablo 5.10 YSA-model korelasyonu ve işlem süreleri ……. 55

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltma	Açıklama
diğ.	Diğerleri
GA	Genetik Algoritma
Gİ	Görüntü İşleme
HSV	Herpes Simplex Virusleri
MRA	Manyetik Rezonans Anjiografi
RGB	Red-Green-Blue
SDH	Sum Difference Histogram
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
vb.	Ve benzeri
vd.	Ve diğerleri
YSA	Yapay Sinir Ağları
YZ	Yapay Zeka

ÖZET

GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ VE MERMER ÜRETİMİNE UYGULANMASI

Fırat, Yaser
Yüksek Lisans Maden Mühendisliği Bölümü
Danışman: Prof. Dr. Özgür Akkoyun
Aralık 2022, 80 sayfa

Görüntü işleme, son yıllarda çok farklı alanlarda kullanılmaya başlayan ve önemi gittikçe artan bir çalışma alanıdır. Diğer birçok alanda olduğu gibi, mermer işleme alanında da son yıllarda görüntü işleme yöntem ve tekniklerinin uygulanması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu uygulamalar mermer renklerini bilgisayar ortamına aktarma ile başlamış, ardından farklı kökendeki mermerleri birbirinden ayırabilen çalışmalar ortaya çıkmıştır. Daha sonra ise Yapay Zeka (YZ) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) modelleri ile aynı bloktan üretilen mermer numunelerinin renk seleksiyonunun bilgisayar ile yapılabildiği görülmüştür. Ancak bu çalışmaların uygulamaya dönüşebilmeleri için hala aşılması gereken bazı engeller bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, YSA modellerinin pahalı oluşu ve karmaşık profesyonel yazılımlar ile oluşturulup çalıştırılabilmeleridir. Bunların fabrika entegrasyonları bu nedenle sorunludur. Bir diğer sorun işlem süresidir. YSA tabanlı da olsa, renk seleksiyon işleminin fabrikanın olağan işlem süresine uygun bir sürede yapılması gerekmektedir. Mermer renk seleksiyonunun bilgisayarlar ile yapılabilmesi için hem profesyonel YSA yazılımlarının fabrika ortamına bir şekilde uyum sağlayacak şekle sokulmaları hem de işlem sürelerinin fabrika işlem süresine uydurulmaları gerekmektedir. Bu tez çalışması problemin ikinci kısmına odaklanmış, süre kısaltma ile ilgili çalışmalar ve öneriler yapılmıştır. Tez çalışmasında, mermer renk seleksiyonunu görüntü işleme teknikleri ile YSA destekli olarak yapan bir model oluşturulmuş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ardından, işlem süresini kısaltmak için iki farklı teknik önerilmiştir, her bir teknik için sırasıyla 14 ve 15 farklı çalışma koşulları için toplamda 29 YSA modeli tekrar oluşturulup en iyi teknik aranmıştır. Sonuçta, Emperador mermerine ait üç farklı renk seleksiyonuna ait toplamda 36 numune ile yapılan çalışma sonucunda Karelaj-40 olarak kodlanıp önerilen veri alma tekniği, klasik uygulamada 103 saniye süren ve %0.992 korelasyon ile model başarısı gösteren işlemi, 0.929 model korelasyonu ile 34 saniyeye indirmeyi başarmış, önerilen teknik, işlem süresini %67 oranında kısaltmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Mermer, Yapay Zeka, Yapay Sinir Ağı, İşlem Süresi

ABSTRACT

IMAGE PROCESSING METHODS AND THEIR APPLICATOINS TO MARBLE PRODUCTION

Fırat, Yaser
M.Sc. Mining Engineering Department
Supervisor: Prof. Dr. Özgür Akkoyun
December 2022, 80 page

Image processing is a field of study that has started to be used in many different fields in recent years and its importance is increasing. As in many other fields, studies have begun to be carried out in the field of marble processing for the application of image processing methods and techniques in recent years. These applications started with transferring the marble colors to the computer environment, and then studies that could classify marbles of different origins have been realized. After that, the color selection studies for marbles produced from the same block were made by computers by using Artificial Intelligence and Artificial Neural Networks (ANN) techniques. However, there are still some issues to be overcome in order for these studies to turn into applications. First, ANN models can be created and run with expensive and complex professional programs. Their integration into the factory is still problematic. Another issue is processing time. Even it is based on ANN, the color selection process must make a separation at a time suitable for the normal processing time of the factory. In order to make marble color selection with computers, both professional ANN software must be adapted to the factory environment and the processing times must be adapted to the factory processing times. This thesis focused on the second part of the problem; studies and suggestions were made about shortening the processing time and first, a model that makes marble color selection with image processing techniques supported by ANN was created and successful results were obtained. Then, two different techniques were proposed to shorten the processing time, for each technique, a total of 29 ANN models were reconstructed for 14 and 15 different operating conditions, respectively, to find the best option. At the end of the study, the processing time reduced from 103 seconds to 34 seconds with a model correlation of 0.929 by using the suggested technique named K-40. With this suggested technique, the processing time of ANN-based marble color classification decreased by 67%.

Keywords: Image processing, Marble, Artificial Intelligence, Artificial Neural Network, Process Time

1. GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımı

Bir insanın yaşadığı çevreyi algılamasındaki en önemli duyuların başında görme duyusu gelmektedir. Görme duyusu ile çevremizdeki hayata dair önemli bilgileri alır, işler ve değerlendirerek sonuçlar çıkarırız. Bu oldukça karmaşık süreci yapay olarak makinalar ile yapabilmek ise, çok farklı teknolojileri ve yöntemleri bir arada kullanmayı gerektiren yine karmaşık bir süreçtir. İlk görüntü işleme teknikleri, uzay ve havacılık teknolojilerindeki ilerlemeye paralel olarak 1970'lerin başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Yani aslında görüntü işleme ya da *makine ile görme* teknolojisi henüz elli yıllık bir geçmişe sahip oldukça yeni bir çalışma alanıdır. İlk fotoğrafın 18. yüzyılın başında çekildiği düşünüldüğünde, görüntünün makineler ile elde edilmesi aşamasında son yüz yılda çok önemli gelişmeler olmasına rağmen, görüntünün işlenmesi ve değerlendirilmesi sürecinin makineler ile yapılması konusu henüz emekleme evresindedir ve sayısal görüntü işleme alanında daha gidilecek uzun bir yol vardır.

Sayısal görüntü işleme çok genel olarak; "*farklı yöntemler ile elde edilmiş ve bilgisayar ortamına aktarılmış (sayısallaştırılmış) görüntülere, farklı işlemler uygulayarak sonuç çıkarmak*" şeklinde tanımlanabilir. Hemen hemen tüm görüntüler sayısal oldukları için ayrıca sayısal demeye gerek kalmamış, terim görüntü işleme olarak kısaltılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında sayısal görüntü işleme ve sayısal görüntü işleme uygulamalarının tümünü kapsayacak şekilde, *görüntü işleme* (Gİ) terimi kullanılacaktır.

Yeni bir çalışma alanı olmasına rağmen bilgisayar ve görüntü yakalama teknolojilerinde son yıllarda görülen çok hızlı ilerlemenin bir sonucu olarak görüntü işleme ile ilişkili çalışmalar da hızlanmış ve güvenlikten nesne tanımaya, sınıflandırmadan sağlık bilimlerine, daha önce uygulanmadıkları sayılamayacak kadar çok farklı alanlarda uygulama alanları bulmuşlardır.

Görüntü işleme tekniklerinin kullanıldığı alanlardan birisi de mermer sektörüdür. Mermer ocaklarından getirilen büyük mermer bloklarının kesilip boyutlandırıldığı

mermer işleme tesislerinde ürünlerin renk, desen ve diğer özelliklerine bağlı olarak sınıflandırıldığı işlem adımında, görüntü işleme yöntemlerinin kullanılabilmesi için yıllardır bazı çalışmalar yapılmaktadır.

Bu ilk çalışmalarda genelde farklı doğal taşları görüntü işleme yöntemleri ile birbirinden ayırmaya yönelik çalışmalar olup, -birbirilerinden farklı taşları ayırmaya çalıştıkları için- işletmelerdeki uygulamalar açısından bir anlamı yoktur ancak sürece katkı koyan çalışmalar olarak değerlendirilmelidirler. Daha sonra, -tıpkı mermer işleme tesislerindeki uygulamada olduğu gibi- aynı taşa ait farklı renk seleksiyonlarını ayırmaya yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu farklı renk ve özellikteki taşları ayırmaktan daha zor bir süreçtir zira aynı taşın seleksiyonları birbirine çok benzer renk ve desen özellikleri göstermektedir.

Tüm gelişmelere rağmen henüz tamamen insanların yerini alabilecek bir seleksiyon otomasyonu ortaya konulamamıştır. Bunun birçok nedeni vardır; Önemli bir husus, seleksiyon masasındaki seçimin sadece renk ve desene bağlı olarak yapılmıyor olmasıdır. Parlaklık, cila kalitesi, boyutlar, kırık çatlak ve fosil içeriği gibi başka parametreler de devreye girmektedir. Bir diğer husus ise; karmaşık görüntü işleme uygulamalarının ihtiyaç duydukları bilgisayar kapasitesi, profesyonel yazılımların maliyetleri ve en önemlisi işlem zamanı, uygulama güçlüklerine neden olmaktadır.

Görüntü işleme ile mermer seleksiyonu yaptığını iddia eden çalışmaların hemen tümü YSA (Yapay sinir ağları) ya da Fuzzy logic (Bulanık mantık) modülü içeren Matlab ya da muadili bir uygulama kullanmaktadır. Bu durumda “Seleksiyon masasındaki bilgisayarlar için Matlab benzeri bir yazılım satın almak mı gerekecektir?” sorusunun cevabı bu çalışmalarda verilmemiştir. Yine çalışmaların hemen hiçbirinde işlem süresinden söz edilmemiştir. Mermer işleme tesislerindeki hatların belli bir işlem hızı vardır ve dışarıdan bu hatta eklenecek bir yeni bileşenin bu hat ile uyumlu biçimde aynı hızda çalışması gerekecektir. Bu konu ile ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Bu durumda mermer sektöründe kalite seleksiyonunu tam otomasyon ile yapabilmenin önündeki üç engel bulunmaktadır;

I. Kalite seleksiyonu sadece renk ve desene bağlı değil bunların yanında başka parametreleri de olan bir süreçtir.
II. Görüntü işleme ile verimli bir ayırma için Matlab benzeri oldukça profesyonel ve pahalı bir yazılımın mermer fayans hattında çalıştırılması gerekmektedir.
III. Bu gibi profesyonel yazılımlar kullanılsalar dahi üretim sürecinin bir hızı vardır ve bu ayırma işlemlerinin bu hıza uyumlu olması gerekmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Yukarıdaki bölümde sözü edilen birinci güçlük, mermer seleksiyonunda görüntü işlemede renk özelliklerinin yanına desen özellikleri de eklenerek, öznitelik vektöründe yapılacak değişiklikler ile aşılabilir. Kalite seleksiyonu için yine de bir insana ihtiyaç duyulması durumunda görüntü işleme ön eleme aşamasında kullanılabilir, böylece insan personelin iş yükünün azaltılması sağlanabilir.

İkinci güçlüğün aşılması için üretim hattında Matlab gibi profesyonel ve pahalı bir program kullanılacak, ama bunun için de eğitilmiş ayrı bir personel istihdamı gerekecektir. Bir alternatif olarak; Matlab benzeri YSA modülü kullanan yazılımların algoritmalarının çözümlenerek bu işlemlerin aynısını yapabilecek kod parçalarının mermer ürünü işleme hattındaki PC benzeri bir cihazda bir kart yongasına kodlanması ve sadece görüntü verisini işleyip YSA algoritması ile sonuç üretme işini yapmaya programlı özel bir kartın üretilmesi gerekecektir ki günümüz teknolojileri ile yapılması imkansız değildir.

Üçüncü güçlük ise YSA'nın yapacağı sınıflandırma işleminin üretim tesisi işlem hızına yakın sürede tamamlanması gerekliliğidir. Bunun için YSA'nın veri alma ve işleme adımlarında hızlandırılması için yeni fikirlere ihtiyaç vardır.

Bu tez çalışmasında sözü edilen üçüncü güçlüğün çözülmesi için yeni bir fikir ortaya atılmış özellikle bilgisayar işlem hızını, işletmedeki bant hızına yükseltebilmek için deneyler yapılmış ve bilimsel metotlar ile ortaya atılan fikrin uygulanabilirliği test edilmiştir. Bunun için öncelikle seleksiyonu olan bir mermer türü seçilip Matlab destekli YSA modeli oluşturulmuş ve bu yapay zeka modeli ile mermer ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra görsellerin okunması aşamasında farklı veri toplama

alternatifleri önerilmiş ve model, önerilen her alternatif için tekrar denenmiş, en uygun veri alma yöntemi tespit edilip önerilmiştir. Böylece mermer seleksiyonunu, tamamıyla makine görmesi ile yapmanın önündeki engellerden birisi olan işlem hızı ile ilgili bir gelişme ortaya koyarak bu konudaki teknolojinin ilerlemesine katkı sağlamak amaçlanmıştır.

1.3. Tez Düzeni

Tez ana başlıklar halinde altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş, çalışmanın amacı anlatılmaktadır. İkinci bölümde literatür taramasını içeren önceki çalışmalar listelenmiştir. Üçüncü bölümde yaptığımız çalışmanın temel aldığı görüntü işleme metotları tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde yaptığımız çalışmaların görüntü işleme yöntemleri ve kullanılan metodolojiler daha detaylı bir şekilde incelenmiştir. Beşinci bölümde uygulanan metotlardan elde edilen bulgular analiz edilerek sınıflandırılmıştır. Son olarak altıncı bölümde sonuçlar ve tartışma kısmı ile tezden elde edilen bilimsel çıkarımlar listelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Görüntü işleme, özellikle son yıllarda çok popüler bir çalışma alanı olduğu için, bilim ve teknolojinin hemen her alanında görüntü işleme uygulamalarına rastlamak mümkündür. Örnek vermek gerekirse, Antep fıstığının özelliklerini tespit etmek (Rashid, 2019), tuzaklarda yakalanan böcekleri saymak (Yılmaz, 2016), beyin tümörü tespitinde (Kazdal, 2013), balık türlerini sınıflandırmak (İşçimen, 2016), kan hücrelerinin sayım ve sınıflandırmasında (Karakuzulu, 2018) gibi literatürde oldukça fazla sayıda görüntü işleme çalışması bulmak mümkündür. Bu bölümde sadece mermer üretimi sürecinde görüntü işleme çalışmalarına değinilmiştir.

Gökay ve Gündoğdu (2001) ülkemizde bu alandaki ilk çalışmalardan birisine imza atarak mermerlerin renk özelliklerini çıkarabilen MRA ismini verdikleri bir yazılım geliştirip tanıtmışlardır. Çalışmada ifade edildiğine göre yazılım RGB kodlarını okuyup kaydetme özelliğine sahiptir.

Luis-Delgado vd. (2003), mermer parçalarını düşük, ticari ve ihracatlık olmak üzere üç gruba ayırmış ve bu mermer gruplarını sınıflandırmak için elde edilen öznitelikler üzerinden YSA eğiterek mermer kalitelerine göre doğal taşları başarılı bir şekilde sınıflandırmışlardır.

Sousa ve Pinto (2004), mermer parçalarını sahip oldukları baskın renk bilgileri ve üzerlerinde bulunan damarlara göre sınıflandırma işlemine hemen bütün esnek hesaplama yöntemleri (genetik algoritma, bulanık mantık, benzetimli tavlama, yapay sinir ağları) ve bunların kombinasyonlarıyla sınıflandırma işlemini gerçekleştirmişler ve genetik algoritma yöntemi ile eğitilen bulanık sınıflayıcıyla en başarılı sonuçları elde etmişlerdir.

Martinez-Alajarın vd. (2005), bu alandaki ilk ve en popüler çalışmalardan birisine imza atarak üretim hattında mermer plakaların farklı gruplara göre sınıflandırılması için gerçek zamanlı otomatik bir sistem önerisinde bulunmuşlardır. Bunun için dört farklı renk uzayı (RGB, XYZ, YIQ ve K-L) kullanmışlardır. Oluşturdukları YSA modeli ile % 98.9 oranında başarılı sınıflandırma oranı elde etmişlerdir.

Selver vd. (2009), çalışmada mermer karolarının sınıflandırılması için toplam ve farka dayalı histogram bilgileri ve Ayrık Wavelet dönüşümünden elde ettikleri öznitelikleri yapay sinir ağları yardımıyla sınıflandırmışlardır.

Araújo vd. (2010), spektrometre yardımı ile elde ettikleri 16 farklı çeşide sahip granit verilerini destek vektör makineleri ile sınıflamaya çalışmışlardır. Spektrometreden ve renk metre yardımıyla elde edilen verilerle granit sınıflamasının yapıldığı diğer bir çalışma Prieto vd. (2008) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Huang vd. (2016), 20 farklı çeşit granit görüntüsünü, gri seviye eş oluşum matrisleri, gabor filtreleri ve renk bilgisi olarak HSV renk alanından elde ettikleri öznitelikler ile birleştirerek destek vektör makineleri yardımı ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişlerdir.

Çelik (2004), yaptığı çalışmada mermerlerdeki tane boyunun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisinden hareketle bir mermere ait görüntü örnekleri üzerinde tane boyut dağılımı tahminini, görüntü işleme tekniklerini kullanan bir paket program ile gerçekleştirmiş ve işlemin geleneksel yöntemlere göre daha basit, hızlı ve güvenilir olduğunu vurgulamıştır.

Alajarín ve diğ. (2005), literatürdeki ilklerden birisi olarak, mermer kalite sınıflamasını tam otomatik bir sistem ile ayırmayı tasarladıkları bütünleşik makine ile deneyen çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Bir mermere ait üç farklı seleksiyonu ayırmak için görüntü işleme tekniklerini kullanarak ayırma gerçekleştirmişlerdir. Renk uzayları ve histogram eşitliklerini kullanarak ayırmayı gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar ayırmayı kendi tasarladıkları makinedeki bant üzerinde yapmışlardır. Ancak, bant hızı ya da ayırma işlem hızı ile ilgili bir bilgi verilmemiştir.

Dönmez ve Sarı (2005), yaptıkları çalışmada mermer yüzey parlaklıklarını ölçtükten sonra mermer yüzeylerinin sayısal görüntü değerlerini alıp gri moda (0-255) çevirdikten sonra parlaklık değerleri ile gri seviye değerleri arasında ilişkiler kurmaya çalışmışlardır. Sistemin başarılı olduğu ifade edilmiştir.

Ardalı (2008), mermer bloklarının kullanım amacına ve kalitesine göre sınıflanmasının önemine vurgu yapmış, kararlı ve düşük maliyetli bir süreç için otomatik ve sayısallaştırılmış bir yöntem önermiş, mermer bloklarının görüntü işleme ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılarak otomatik sınıflanması amacıyla farklı teknikleri incelenmiş ve benzetim sonuçlarına göre tekniklerin karşılaştırmalarını yapmıştır.

Doğan ve Akay (2010), mermer bloklarını kalitelerine göre otomatik olarak sınıflandırmak için Adaboost sınıflandırma algoritmalarını kullanarak yeni bir hiyerarşik sınıflandırma yöntemi önermiş, önerdikleri yöntemin performans değerlerini destek vektör makineleri ve yapay sinir ağları yöntemleri ile karşılaştırmış ve önerdikleri yöntemin sınıflandırma başarısının daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Akkoyun (2010), mermer kalite sınıflaması için görüntü işleme tekniklerinin uygulanabilirliklerini değerlendirdiği çalışmasında, mermer kalite seleksiyon işleminin sanıldığından karmaşık bir süreç olduğunu ve tam bir kalite seleksiyonu için renk ayırmadan daha fazlasına ihtiyaç olduğuna vurgu yapmıştır.

Topalova ve Tzokev (2010), diğerlerinden farklı olarak gerçek zamanlı ve süreyi de ölçen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında renk histogramları yardımıyla elde edilen öznitelik değerleri ile eğitilen yapay sinir ağını programlanabilir mantık denetleyicisinde gerçekleştirerek gerçek zamanlı bir sınıflandırıcı elde etmişlerdir. Bant hızını 25metre /dakika olarak vermişler, sistemin bu hızda ayırma yapabilmesi için yapay zeka algoritmasının Matlab paket programına ihtiyacı olduğuna vurgu yapmışlardır.

Bişkin (2011), bir mermerin dayanıklılığının, tek eksenli basınç dayanım değerine göre nitelendirildiğini, bu değerin tahribatlı testler ile elde edildiğini ve test sonunda mermerin kullanılamaz hale geldiğini belirtmiştir. Bu nedenle çalışmasında, mermer küp örneklerin tek eksenli basınç dayanım değerlerini tahmin etmek için görüntü işleme tekniklerini kullanmayı önermiştir. Çalışmada yapay sinir ağlarından yararlanılmıştır.

Bianconi ve diğ. (2012), çalışmalarında 12 adet granit sınıfı üzerinde renk ve yüzey bilgisine ilişkin çeşitli yöntemler yardımıyla öznitelikler çıkarmışlardır. Filtre teknikleri ile yüzey özellikleri, renk uzayları ile de renk bilgileri elde edilen görüntü numuneleri üzerinde Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine), En Yakın Komşu, Naive Bayes ve Lineer sınıflandırıcı yöntemlerini kullanarak sınıflandırma uygulamış ve destek vektör makineleri ise sınıflandırmanın en iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Abadi ve Banihashemi (2015), traverten numuneleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında Sum Difference Histogram (SDH) yöntemi ile öznitelik çıkararak çeşitli sınıflandırma algoritmaları uygulamışlar ve önerdikleri yaklaşımın kabul edilebilir bir sınıflandırma performansına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Yaman (2015), çalışmasında görüntü işleme teknikleri ekseninde mermer ürünlerin kalite seçiminde kullanılabilirlikleri üzerine genel bir değerlendirme yapmış, homojen desenli olan ve olmayan mermerlerin farklılıklarından ve görüntünün elde edilmesindeki gölge gibi sorunların görüntü işleme çalışmalarına olumsuz etkisine vurgu yapmıştır.

Turhal ve diğ. (2015), mermer yüzey pürüzlülüğünün görüntü işleme teknikleri ile tespiti için bir çalışma sunmuşlardır. Çalışma kapsamında dört farklı mermer türüne ait örnekler önce boyutlandırılmış, sonra Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile yüzey görüntüleri elde edilmiş ve Matlab paket programı yardımı ile yüzey pürüzlülük analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda yöntemin pürüzlülük belirlemede etkin olduğu ifade edilmiştir.

Huang ve diğ. (2016), granit numuneleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında matris filtreleri ve renk uzaylarını öznitelik çıkarmak için kullandıktan sonra destek vektör makineleri yardımı ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişlerdir.
Careddu ve Akkoyun (2016), yaptıkları çalışmada duvar yazıları (graffiti) ile kirletilen mermer sanat eserlerinin temizlenmesinde kullanılan su jeti teknolojisinin en uygun çalışma parametrelerini tespit etmek için görüntü işleme tekniklerinden yararlanmışlardır. Çalışmada su jetinin farklı çalışma parametreleri ile temizlenen

boyalı mermerlerdeki temizlenme oranları görüntü işleme teknikleri ile ölçülerek en iyi çalışma koşulları tespit edilmiştir.

Türkmen (2017), Matlab paket programı yardımı ile görüntü işleme ve yapay sinir ağlarını kullanarak mermerleri sınıflandırmış, ayrıca kamera ve ışık kaynağını uzun süreler çalıştırarak kamera ve ışık kaynağı faktörlerinin mermer levhaların sınıflandırılma başarı oranı üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Kemaloğlu (2017), çalışmasında mermer ürünlerinin sınıflandırılması için damar yapılarını temel alan ayrıca kırık tespiti de yapabilen bir sınıflandırma yöntemi geliştirmiştir. Çalışmada Matlab paket programı içinde Fisher algoritması, eğitimli sınıflandırıcı olarak Bayes ve eğitimsiz sınıflandırıcı olarak Bulanık C-ortalamalar algoritması tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda yüksek bir başarı oranıyla sınıflandırma yapıldığı ifade edilmiştir.

Temiz (2018), yaptığı çalışmada bir doğal taş üreticisinden elde edilen toplam 6 sınıf içeren doğal taş karolarına ait 996 resimden oluşan bir veri seti üzerinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Desen bilgisi çıkarımı için gabor filtre bankları, gri seviye eş oluşum matrisleri, dalgacık dönüşümü, yerel faz kuantalama ve yerel ikili örüntüler yöntemlerini kullandığını ifade etmiştir. Daha sonra bu veri setlerinin sınıflama performansı, yapay sinir ağları, destek vektör makineleri, k-en yakın komşu, karar ağaçları, Naive Bayes gibi çeşitli yöntemler kullanılarak karşılaştırılmış ve yapay sinir ağları ile sınıflamanın en iyi sonucu verdiği sonucuna varılmıştır.

Torun ve diğ. (2019), çok benzer bir çalışma ile yapay zeka teknikleri kullanarak 600 mermer numunesi görselini sınıflandırmayı başarmışlardır. Her iki çalışmada da çalışma süresi, sınıflandırma süresi ya da mermer üretim süresindeki hız ile uyumlu çalışma gibi bir değerlendirme yapılmamıştır.

Turan (2018), çalışmasında mermer görüntülerini sınıflandırmak için farklı alt teknikler ile birlikte karar ağacı, yapay sinir ağları, destek vektör makinesi ve uç öğrenme makinesi yöntemlerini karşılaştırarak kullanmıştır. Çalışmada Swing kütüphanesi, Eclipse editörü, Weka makine öğrenme kütüphanesi ve Matlab birlikte kullanılmıştır. Sonuçta karar ağacı yönteminin daha iyi sonuç verdiği ifade edilmiştir.

Çalışmanın önemli bir sonucu ise geliştirilen ara yüzün sanayide uygulanabilmesi için gömülü sistem bir aracın daha verimli olacağının ifade edilmiş olmasıdır.

Önder (2019), makine ile görme yöntemi kullanılarak mermer seleksiyonu işleminde, işlem süresinden söz etmiştir. Çalışmasında dört farklı mermer türüne ait dokuz farklı seleksiyonun görüntüleri elde edildikten sonra Matlab paket programı üzerinde 18 farklı renk uzayında veriler incelenmiş ve seleksiyon ayrımında kullanılabilecek renk uzayı dönüşümleri belirlenmiştir. Ardından, Matlab'da kullanılan hazır fonksiyonlar farklı yazılım ve donanım araçlarında yeniden denenerek sonuçta paralel ortamda gerçekleştirilen görüntü işleme performansının seri ortama göre daha iyi sonuç verdiği sonucuna varılmıştır. Ancak araştırmacı, işlem süresi olarak yöntemleri kıyaslarken, PC içindeki işlemcilerin işlem sürelerini dikkate almış, işlemcileri kendi aralarında kıyaslamış, veri almadan sonuca tüm prosesin işlem süresinden ve gerçek bir mermer işleme tesisindeki bant hızı ve seleksiyon işlem süresinden söz etmemiştir.

Pençe ve Çeşmeli (2019), yaptıkları çalışmalarında bir mermer türüne ait kalite sınıflamasını derin öğrenme yöntemlerini kullanarak uygulamışlardır. Çalışmada onlarca filtre ve iterasyon uygulamasının ardından belli oranda kesinlikle (%62-75) başarıya ulaşıldığı ifade edilmiştir.

Canayaz ve Uludağ (2020), yaptıkları çalışmada Türkiye'de yaygın olarak üretilen mermer türlerinden örnekler alarak bu örnekleri derin öğrenme ve yapay sinir ağları ile sınıflandırabilen bir yöntem geliştirmeye çalışmışlardır. Sistem farklı kökenli taşları sınıflandırmayı başarsa da çalışmanın endüstrideki karşılığının ne olduğu tartışılmamıştır. Benzer şekilde Ershad (2011) granit, mermer, traverten ve balta taşı gibi değişik doğal taş türlerini YSA ile sınıflayan bir çalışma gerçekleştirmiştir.
Çok benzer bir çalışmada Elmas (2022), farklı mermer ve granit türlerini birbirinden ayıracak bir yapay sinir ağı modeli geliştirmiş ve başarıyla uygulamıştır. Bu çalışmada da endüstride nasıl bir karşılığının olduğu tartışılmamıştır.

Yine farklı mermer türlerini birbirinden ayırmayı hedefleyen bir çalışma Gürkan ve Palandöken (2021) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada da birbirinden farklı kökene sahip mermerlerin sınıflandırılması ve barkod uygulaması geliştirilmiştir.

Karaali ve Eminağaoğlu (2020), bir derin öğrenme modeli geliştirerek önce filtreler ardından yapay sinir ağları yöntemlerini uygulayarak mermer görüntülerinden sınıflandırma yapmışlardır. Sınıflandırma süresi ile ilgili bir değerlendirme yapılmamıştır.

Karaali (2021), bir derin öğrenme modelinden söz etmiş, çalışmasında mermer görüntülerini işleyerek altı farklı kalite tipine göre sınıflandıran bir derin öğrenme modeli geliştirmiştir. Bu kapsamda bir görüntü ön işleme süreci ve özel bir evrişimsel sinir ağı mimarisi tasarlanıp uyarlanmıştır. Uygulanan özgün veri artırımı yaklaşımının ve evrişimsel sinir ağı modelinin sınıflandırma başarısı ve doğruluk değerlerini çok önemli düzeyde arttırdığı ifade edilmiştir.

Öktem ve diğ. (2021), yaptıkları çalışmada farklı renk ve dokulara sahip mermer türlerinin yüksek başarımla sınıflandıran yapay zeka destekli bir sistem önermişlerdir. Buna göre beş farklı mermer türüne ait 500'den fazla görüntü verisinin sınıflandırılması için 12 evrişimsel sinir ağı mimarisi, transfer öğrenme ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak eğitilmiş ve %96 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Çalışmada Matlab paket programı kullanıldığı ve veri sayısını artırmak için bir resimden farklı parçalar alınarak veri çoğaltma uygulandığı gözlenmiştir.

Avcı ve Sert (2021), farklı mermerlere ait örneklere farklı görüntü işleme teknikleri uygulayarak en uygun ayırma yöntemini bulmaya çalışmışlardır. Ancak çalışma, mermer işleme tesislerinde uygulanan aynı taşın farklı seleksiyonlarına ayırma çalışması değil, farklı kökendeki taşların bilgisayar destekli "tanınması" şeklinde kurgulanmıştır. Üretim sürecindeki karşılığı ile ilgili bir değerlendirme yapılmamıştır.

Şener (2021), mermer sahalarının uydu görüntüleri üzerinden görüntü işleme teknikleri ile saha değerlendirmesi yapan bir çalışma gerçekleştirmiştir.

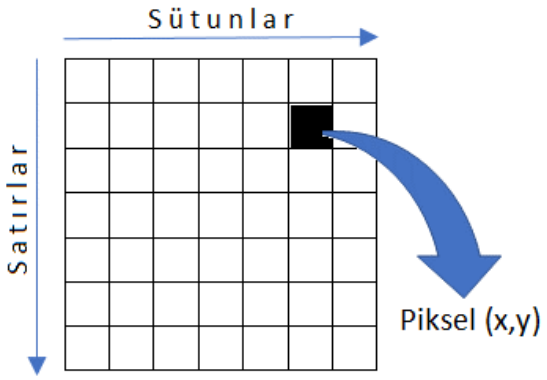
3. GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

3.1 Görüntü Kavramı ve Temel Tanımlar

Görüntü, yaşadığımız çevre içerisinde, etrafımızdaki üç boyutlu nesnelerin ya da o nesnelerden oluşan bir sahnenin, farklı değişkenleri olan fonksiyonlar olarak ifade edilmesidir (Karakoç, 2012). Değişkenler ve fonksiyonlar, görüntünün iki ya da üç boyutlu olmasına göre, bazen de sabit ya da hareketli görüntüler olmalarına göre değişkenlikler gösterir. Görüntü bilgisayar ortamında matris olarak ifade edilir ve matrisin her bir hücresi bir piksele eşittir.

Görüntü işleme terimi ile kast edilen; bir şekilde bilgisayar ortamına aktarılmış ve iki boyutlu sayısal büyüklükler haline dönüşmüş veriler üzerinde matematiksel işlemler yardımı ile işlem/iyileştirme yapmak ve/veya sonuç çıkarma işlemlerinin tümüdür.

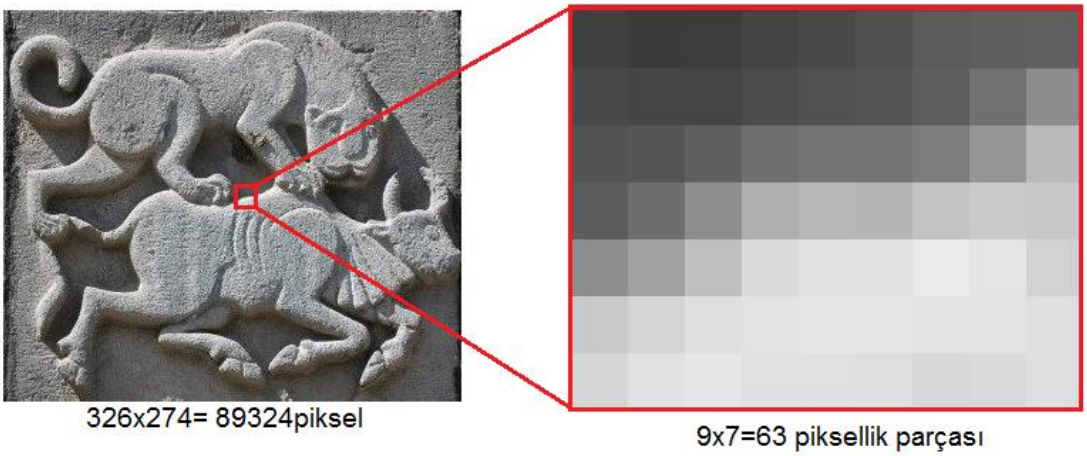
Bilgisayarlar görüntüleri satırlar ve sütunlardan oluşan iki boyutlu matrisler içindeki limitli sayısal büyüklükler şeklinde saklarlar. Matrisi oluşturan her bir hücreye, resim hücresi (Picture cell, pixel) ya da kısaca piksel adı verilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Sayısal görüntülerin temel birimi olan piksel

Piksel, kare şeklinde olan en küçük görüntü birimidir. Sayısal görüntüler pikseller topluluğundan oluşurlar ve sayısal bir görüntünün ebatları, eninde ve boyunda sıralanmış bulunan piksel sayısı ile tanımlanır. Aşağıda Şekil 3.2'de yaklaşık 90 bin pikselden oluşan bir görsel ve onun çok küçük bir parçasındaki pikseller, kolay görebilmemiz için boyutları çok büyültülerek verilmişlerdir. Görselleri oluşturan

piksel sayıları arttıkça görsellerin boyutları da artar. Şekil 3.3'de aynı görselin farklı piksel sayıları ile yapılmış kopyaları verilmiştir.

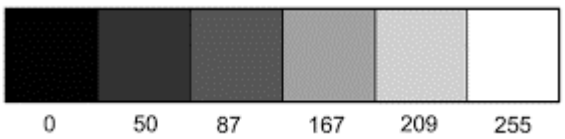


Şekil 3.2 Görseli oluşturan pikseller



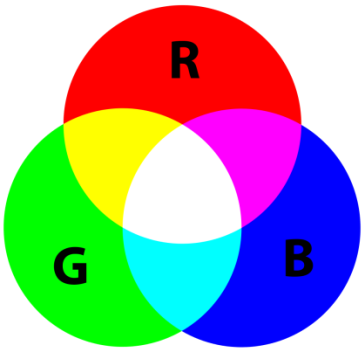
Şekil 3.3 Piksel sayısının görüntü boyutlarını etkisi

Pikseller içlerinde 0 ile 255 arasında değişen sayısal değerler saklarlar. Bir görseli oluşturan pikseller, içlerinde 0-255 aralığında değişen tek bir sayısal değer taşırlarsa görsel siyah beyaz (gri) olarak görüntülenirler. Yaygın olarak *siyah-beyaz* diye nitelendirilen gri seviye görüntülerde pikselin değeri 0 a yaklaşınca rengi siyaha, değeri 255'e yaklaştıkça ise rengi beyaza yaklaşır (Şekil 3.4).



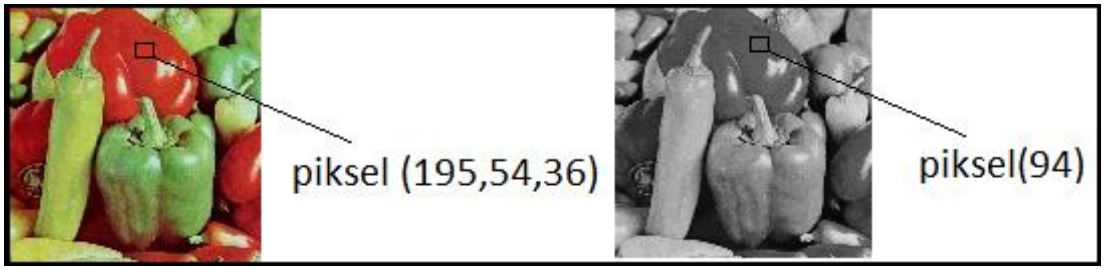
Şekil 3.4 Gri seviye renkler 0-255 aralığında dağılımları

Görseli oluşturan pikseller bir piksel içinde 0-255 aralığında üç adet (Red, Green, Blue; RGB), sayısal değer taşıyorlarsa görsel renkli olarak görüntülenmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Renkli görselleri oluşturan RGB renkleri

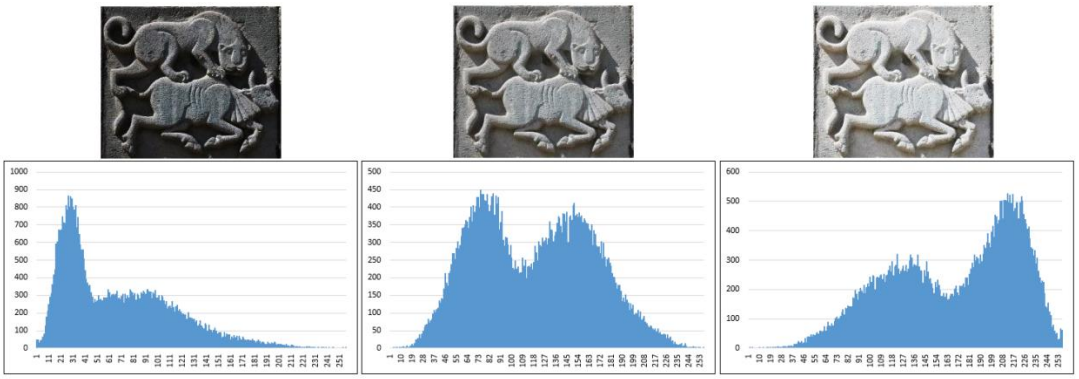
Gri görsellerde bir pikselin alabileceği sayısal değer 256 olasılık ile sınırlı iken renkli görsellerde bir pikseldeki üç ayrı değerin 256 farklı olasılıkta değer alabilmesinden dolayı 256 x 256 x 256=16 777 216 farklı olasılık söz konusudur (Şekil 3.6). Renkli görsellerdeki bir pikselin alabileceği sayısal değerin olasılığı bu kadar yüksek olduğu için ve bu sayısal değerin değişimi ile renk geçişleri arasında bir korelasyon ifadesi yazmak çok zor olduğu için görüntü işleme yöntemlerinde genellikle gri seviye görseller kullanılmaktadır.



Şekil 3.6 Renkli ve gri seviye görsellerde aynı pikselin değerleri

Renkli görsellerin aksine, gri seviye görsellerin renk değerlerinin sayısal değişimi ile oluşan renk arasında bir ilişki kurmak mümkündür. Bu ilişki sayesinde gri görselleri oluşturan piksellerin sayısal değerlerinden oluşan histogram grafikleri de anlamlı sonuçlar üretmemize yardımcı olmaktadırlar. Şekil 3.7'de bir görselin koyu ve açık tonlarına ait histogramlar verilmiştir. Sadece histogramlara bakılarak bile hangi görselin koyu hangisinin açık renk pikselleri daha fazla taşıdığı tahmin edilebilmektedir. Histogramlar incelendiğinde koyu görselin 0 değerine, açık görselin ise 255 değerine yakın histogramlara sahip oldukları görülmektedir. Grafiklerde iki

tepe noktasının olması görsellerde iki ayrı renk değerinde yoğunlaşma olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Gri seviye görsellere ait renk histogramları

Bunun dışında sayısal bir görüntünün piksellerindeki sayısal değerlerin matematik ve istatistik yöntemler yardımı ile (Ortalama, standart sapma, Mod, medyan, en büyük, en küçük değerler, basıklık, çarpıklık vb.) incelenmesi de söz konusudur.

3.2 Görüntü İşleme Yöntemleri

Bir önceki bölümde sayısal görüntü ve pikselin sayısal değeri ve histogram dağılımı gibi bileşenlerinden söz edilmiştir. Bu bölümde ise bilgisayar ortamına aktarılmış bir görüntüye ait sayısal değerler üzerinde matematik ve istatistik işlemlerden oluşan görüntü işleme yöntemlerinden söz edilecektir.

3.2.1 Görüntünün gri forma dönüştürülmesi

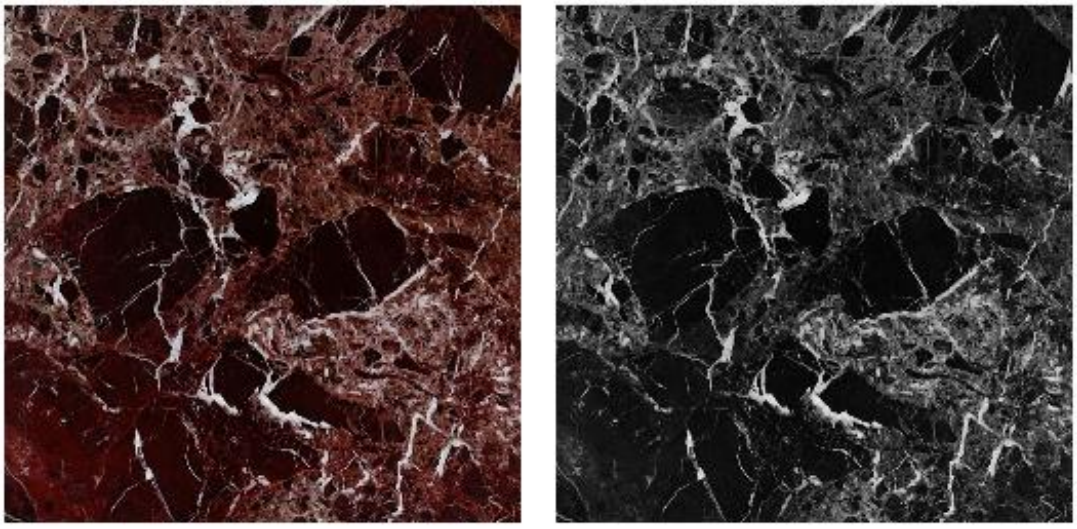
Renkli sayısal görüntüler bir pikselde üç farklı renk değerine sahiptirler. Her bir sayısal değerin 0-255 aralığında aldığı değere göre pikselin rengi değişmektedir. Burada yaşanan zorluk, (50, 150, 250) değerlerine sahip bir piksel mavi renkte, (50, 250, 150) değerlerine sahip bir piksel açık yeşil renkte, (250, 150, 50) değerlerine sahip bir piksel ise koyu pembe renkte olacaktır. Dikkat edilirse aynı sayısal değerlerin sadece yerleri değiştiğinde renkler birbiri ile ilişkisi olmayacak şekilde değişmektedir. Aynı sayısal değerlere sahip ancak farklı renkleri temsil eden piksellere sayısal işlemler uygulayarak sonuç almaya çalışmak bu nedenle mümkün değildir (Mutlaka renk vurgusu yapılacaksa duruma göre piksellerin sadece R değeri, ya da G değerleri ile işlem yapılabilir). Bu nedenle renkli bir görselin gri seviyeye dönüştürülmesi hemen bütün görüntü işleme çalışmalarının ilk adımıdır. Renkli bir görsel, her bir pikselindeki

3 farklı renk değerleri (R, G, B) tek bir renk değerine düşürülerek gri seviyeye dönüştürülebilir. Bunun için bir yöntem üç renk değerinin ortalamasını alıp tek bir renk değeri elde etmektir.

Daha sık kullanılan ikinci bir yöntem ise RGB değerlerinin parlaklık değerlerini içeren bir eşitlikten yararlanmaktır (Eşitlik 1). Kırmızının 0.2989, yeşilin 0.5870, mavinin 0.1140 aydınlık değerleri bulunmaktadır. Renkli görüntüdeki üç bileşenin piksel değerleri kendilerine ait olan bu aydınlık değerler ile çarpıldıktan sonra bu değerler toplanır çıkan sonuç gri seviyeli görüntünün piksel değeridir (Saravanan, 2000).

$$\text{Gri (piksel)} = (0.2989 \times R) + (0.5870 \times G) + (0.1140 \times B) \quad (3.1)$$

Renkli görselin her bir (x, y) koordinatından okunan R, G ve B değerleri eşitlik (1) kullanılarak tek bir sayısal değere dönüştürüldükten sonra yine aynı (x, y) koordinatına yazıldığında görsel gri seviyeye dönüşmüş olmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Renkli ve gri seviye Elazığ vişne mermeri görselleri

3.2.2 Eşik uygulama ve ikili (Binary) görüntü

Sayısal görüntüler işleme tabi tutulurken genelde bir pikselde üç sayısal veri saklayan renkli görsellerin bir sayısal veri saklayan gri seviyeye dönüştürüldüğünden yukarıdaki bölümlerde söz edilmişti. Bazı durumlarda ise 0-255 aralığında değişen gri seviye görsellerinin sadece 0 ve 1 (aslında 255) verisini saklayan piksellerden oluşan ikili (binary) görsellerine dönüştürmek gerekebilir. Bu durumda bir eşik değer

belirlenip, bu eşik değerin altında sayısal değere sahip piksellere 0, diğer piksellere ise 255 değeri atanarak görsel yeniden oluşturulur. Bu tip uygulamalar genellikle plaka okuma, tane sayma, ya da kenar bulma işlemlerinden önce sadeleştirme amaçlı uygulanmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Gri seviye görsel ve eşik uygulanmış ikili forma dönüştürülmüş hali

İkili görüntü elde etme işlemlerinde en büyük problem eşik değerinin (hangi değerden öncesinin 0 sonrasının 1 olacağının) tespit edilmesidir. Bunun için de Otsu yöntemi gibi yöntemler geliştirilmiştir. Otsu metodu görüntünün histogram değerlerine göre hesap yapan bir metottur. Otsu metodu, gri seviye görüntüler üzerinde uygulanabilen bir eşik tespit yöntemidir. Bu metot kullanılırken görüntünün arka plan ve ön plan olmak üzere iki renk sınıfından oluştuğu varsayımı yapılır. Daha sonra tüm eşik değerleri için bu iki renk sınıfının sınıf içi varyans değeri hesaplanır. Bu değerin en küçük olmasını sağlayan eşik değeri, optimum eşik değeridir (H. Atasoy, 2022).

3.2.3 Aydınlatma ve karartma (Ton değişimi)

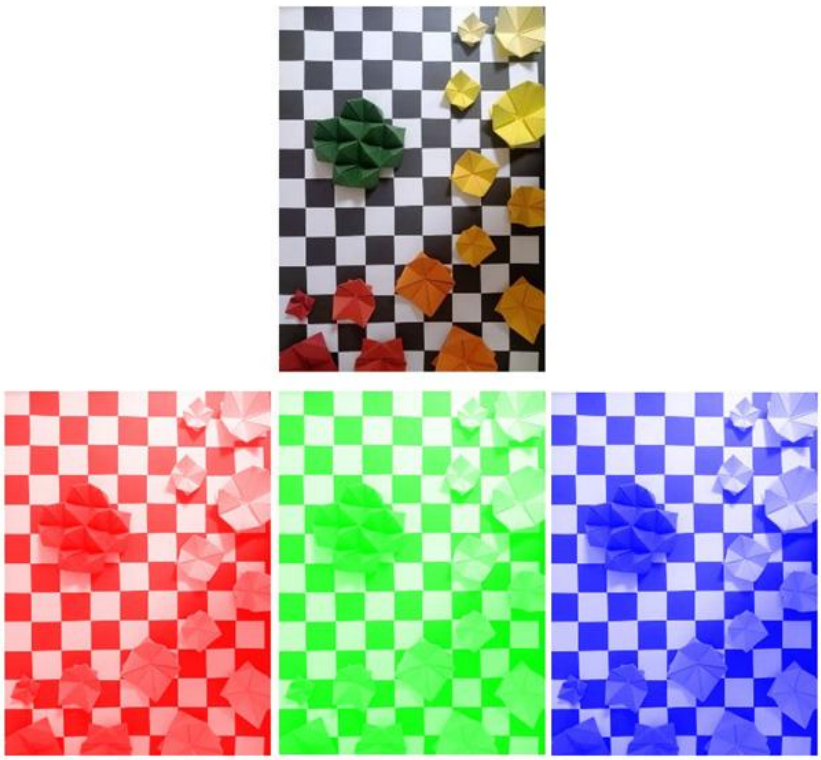
Sayısal görüntülerin bazı durumlarda daha açık ya da daha koyu hallerinin elde edilmesi gerekebilir. Sonraki işlem adımları için bir tür hazırlık işlemi olan bu işlem için gri seviye bir görüntünün aydınlatılması için, piksellerin sayısal değerlerinin belli oranda artırılması (255 değerine yaklaştırılması), karartılması için ise piksellerin sayısal değerlerinin belli oranda azaltılması (0 değerine yaklaştırılması) yeterli olacaktır. Şekil 3.10'da ortada sayısal bir görüntü, solunda piksel sayısal değerleri belli oranda azaltılarak karartılmış hali, sağda ise piksel sayısal değerleri belli oranda artırılarak elde edilmiş aydınlatılmış hali verilmiştir.



Şekil 3.10 Ortadaki sayısal görüntünün koyu hali solda açık hali sağda verilmiştir

3.2.4 Renk Filtreleri

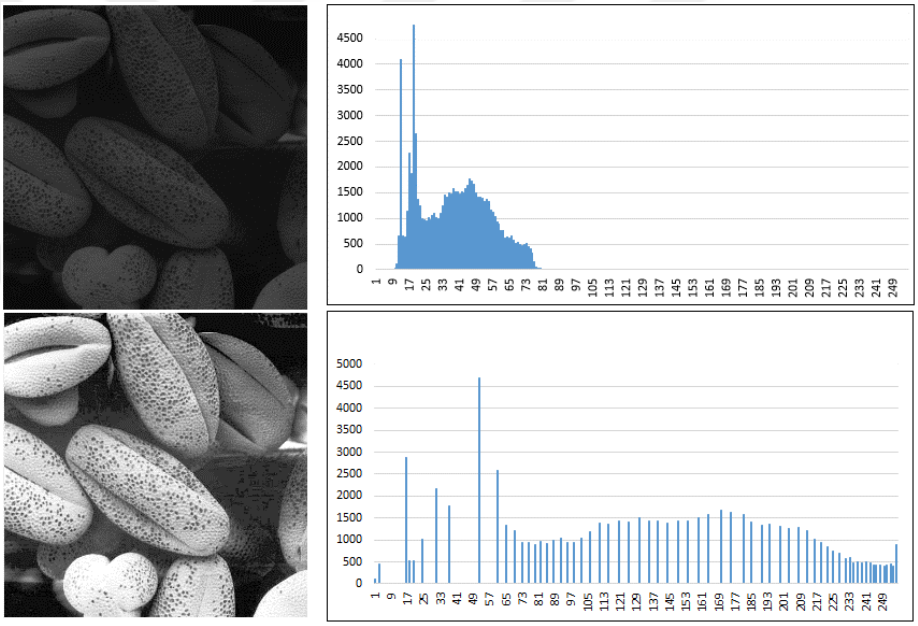
Renkli bir görüntü her bir pikselinde 0-255 aralığında değişen birbirinden farklı renk değerleri ile (R, G, B) ifade edilirler. Bir pikselde tek bir renk değeri var ise ya da aynı pikseldeki üç renk değeri de aynı ise görsel gri görüntüye döner. Bir görsele ait renkli görüntüdeki hücrelerin gri değer karşılığı eşitlik (1)'de verilen formül benzeri formüller ile hesaplanabilir. Bir piksel için gri seviye değeri X olsun. Aynı piksele (255, X, X) değeri girilirse kırmızı filtre, (X, 255, X) değeri girilirse yeşil filtre, (X, X, 255) değeri girilirse mavi filtre uygulanmış olur. Bu durum ile ilgili örnek görsel Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11 Renkli bir görsel ve renk filtreleri

3.2.5 Histogram eşitleme

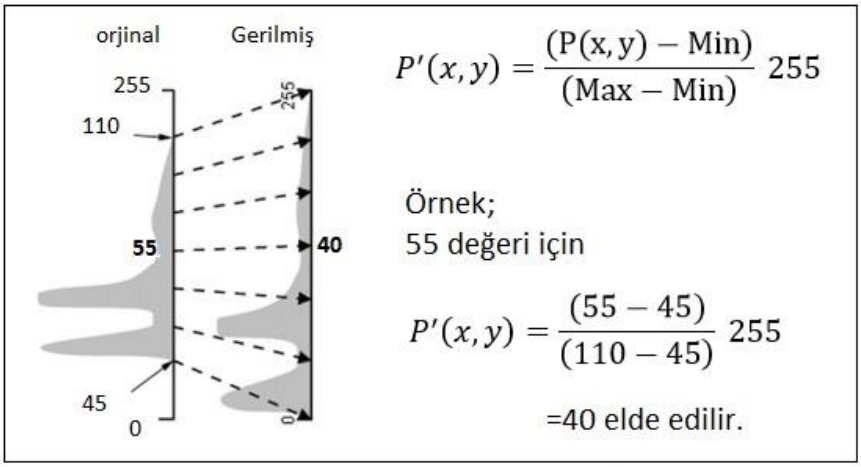
Görsel elde edilirken ışık ve diğer koşulların uygun olmaması durumunda net olmayan görseller elde edildiği durumlar olabilir. Bu tip görsellerin renk histogramları incelendiğinde renklerin belli bir yerde toplandıkları, genelde de koyu tarafta yığılma olduğu, diğer renklerin ise hiç olmadığı görülür. Bu tip durumlarda görselin renk değerleri matematiksel işlemlere tabi tutularak hemen her tondaki renk değerine sahip olması sağlanır. Bu işleme histogram eşitleme adı verilmektedir. Bu işlemden sonra ortaya çıkan görsellerin renk histogramlarında hemen tüm renklerden biraz olduğu gözlenecektir. Histogramın 0-255 aralığına eşitlenmesi, yayılması görselin daha net görülmesini sağlamaktadır. Şekil 3.12'de bir görsel ve histogramı ile, histogram eşitleme işlemi uygulandıktan sonraki hali ve histogramı verilmiştir.

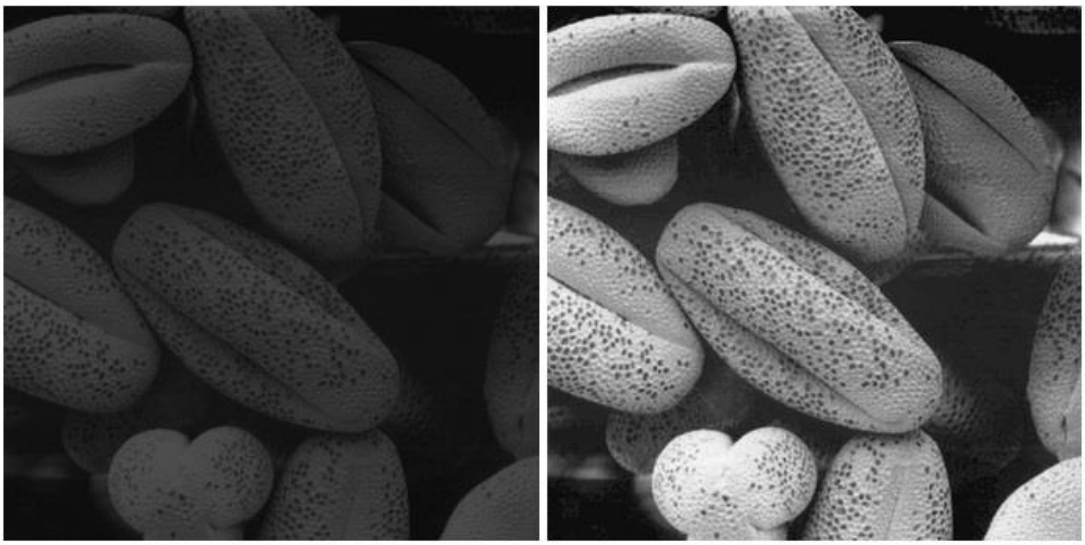


Şekil 3.12 Histogram eşitleme uygulanan görsel ve histogramları

3.2.6 Kontrast germe

Kontrast germe yöntemi de Histogram eşitlemeye benzer bir işlemdir. Renk değerleri dar bir aralıkta dağılan bir görselin değerlerini 0-255 aralığına germe işlemine kontrast germe denir. Bunun için önce görsel gri seviyeye çevrilip en küçük ve en büyük değerleri elde edilir (Örneğin 45 ve 110). Daha sonra germe formülü ile her bir pikselin yeni değeri elde edilir. Örnek şekil ve uygulanan formül şekil 3.13'de verilmiştir.





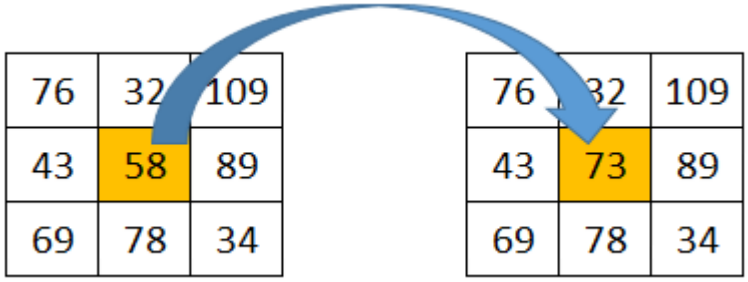
Şekil 3.13 Kontrast germe işlemi ile histogramın gerilmesi

3.2.7 Filtre işlemleri

Filtreleme, orijinal bir görüntüyü mevcut durumundan gürültülerini gidererek daha iyi bir duruma getirmek için kullanılan önemli tekniklerden birisidir. Filtre işlemlerini kabaca görüntüyü oluşturan her bir pikselin kendi komşuları ile işleme tabi tutarak o pikselin değerinin yeniden elde edilmesi olarak tanımlayabiliriz. Filtreleme işlemlerinin temel amacı görüntüdeki fiziksel özellikler arasındaki ayrımı belirginleştirerek görüntü hakkında yorum yapılabilmesini kolaylaştırmakta olup filtreleme işlemleri, görüntüyü daha açık hale getirme, koyulaştırma veya kontrastını artırma gibi işlemleri gerçekleştirmek için kullanılmaktadır (Rao, 2007). Bu yol ile bazen görüntüler netleştirilir, keskinleştirilir, döndürülür ya da kenarları belirginleştirilebilir.

3.2.7.1 Ortalama filtresi

Ortalama filtresinde görüntüyü oluşturan pikselin renk değeri, kendisine komşu tüm piksellerin renk değerlerinin ortalaması ile yer değiştirilerek elde edilir. Böylece görseli oluşturan piksellerin kendi komşuları ile olan farkı azaltılarak keskinlik azaltılmış olur. Renk değeri 58 olan bir piksel, kendi komşularının ortalaması olan 81 değerine dönüştürülür. Şekil 3.14'de bir piksele uygulanan medyan filtresi ve Şekil15'de medyan filtresi uygulanan örnek görselin filtreden önceki ve sonraki görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.14 Ortalama filtresi

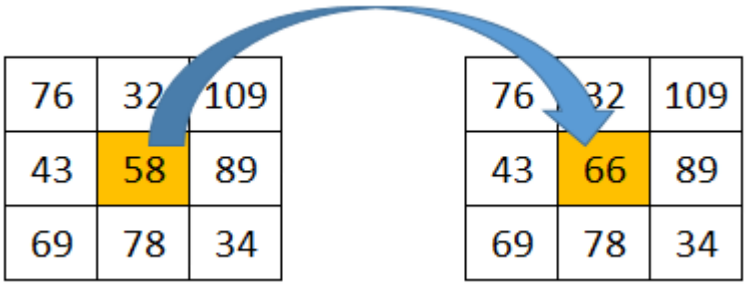


Şekil 3.15 Ortalama filtresi uygulaması

3.2.7.2 Medyan (Ortanca) filtresi

Medyan filtresi ortalama filtresine çok benzer şekilde görüntüyü oluşturan pikselin kendisine komşu piksellerin ortanca değeri ile yer değiştirmesi esasına dayanan bir filtre türüdür. Bunun için komşu piksellerdeki renk değerleri büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe sıralanıp ortanca değeri bulunur ve merkezdeki pikselin renk değeri olarak atanır. Ortanca filtresi de ortalama filtresi gibi görüntüdeki keskinlikleri azaltmak amacıyla uygulanır. Aksoy'a göre (2021), sıralama işlemi sayesinde görüntüdeki keskin kenarların, ortalama filtreye göre daha iyi korunmaktadır. Şekil

3.16’da bir piksele uygulanan medyan filtresi ve Şekil 3.17’de medyan filtresi uygulanan örnek görselin filtreden önceki ve sonraki görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.16 Medyan filtresi



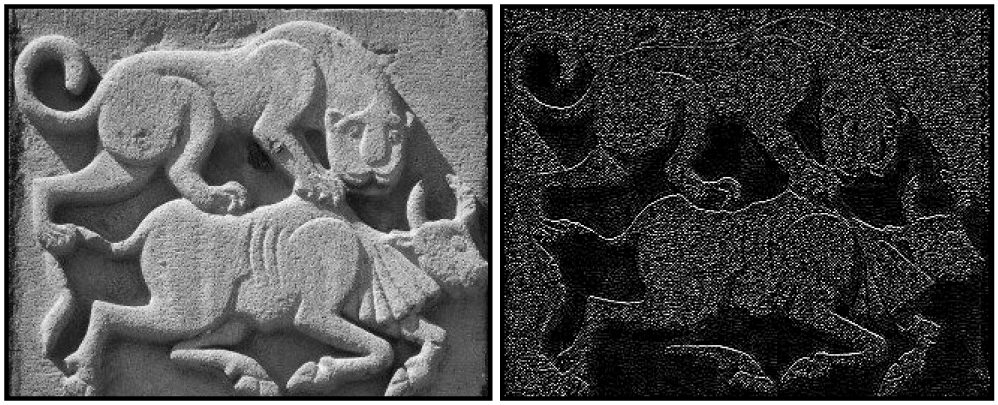
Şekil 3.17 Medyan filtresi uygulaması

3.2.7.3 Laplas (Laplacian) filtresi

Laplacian operatörü, görüntü netleştirme, sınır algılama ve sınır hatlarını belirleme işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Görüntülerin sadeleştirilip sınırlarının keskinleştirilmesi, belirginleştirilmesi için kullanılır (Aksoy, 2021). Şekil 3.18’de Laplacian filtresi için sıklıkla uygulanan çekirdek matrisi (Çayıroğlu, 2021) ve Şekil 3.19’da Laplacian filtresi uygulanan örnek görselin filtreden önceki ve sonraki görüntüleri verilmiştir.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Şekil 3.18 Laplacian filtre çekirdek matrisi



Şekil 3.19 Laplacian filtre uygulaması

3.2.7.4 Sobel filtresi

Sobel filtre görüntülerdeki objelerin sınırlarını tespit etmek için kullanılan bir filtreleme yöntemidir, sınır belirlemede kullanılan en popüler filtreleme yöntemlerinden birisidir. Sobel filtreleme yöntemi ile görüntü üzerinde hem yatay hem de dikey olarak sınır belirleme yapılabilmektedir (Aybar, 2008). Sobel filtresi ile görüntülerdeki kenarlar tespit edilip içleri silinerek tane sayma ve geometrik hesaplamalar yardımı ile açı, ölçekleme, boyutlandırma gibi ek işlemler için hazırlık yapılabilmektedir.

Şekil 3.20'de yatay ve düşey Sobel filtreleri ve Şekil 3.21'de Sobel filtreleri uygulanmış bir örnek görsel verilmiştir.

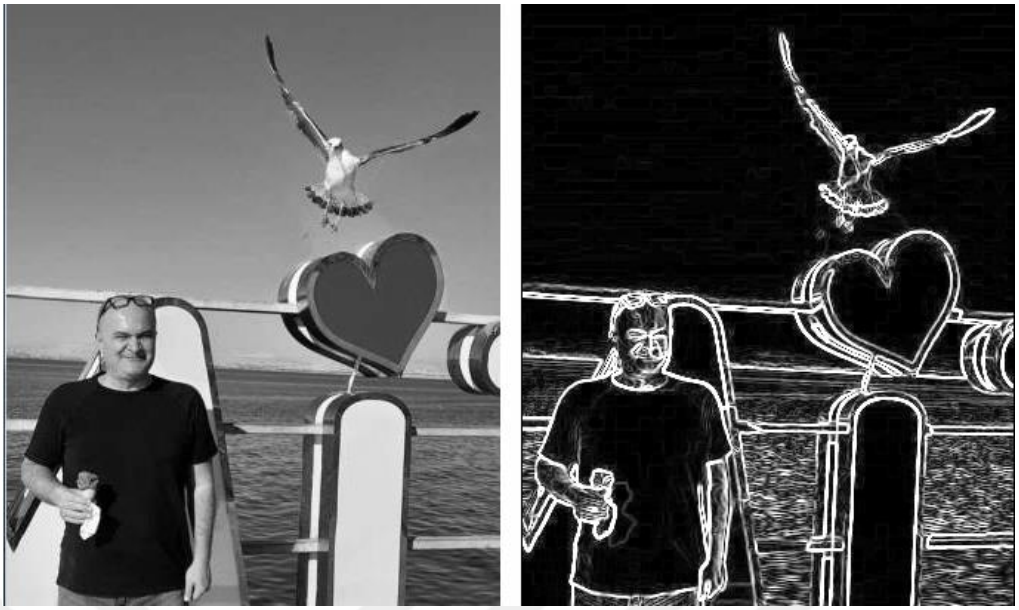
Sx

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

Sy

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

Şekil 3.20 Sobel yatay ve düşey filtreleri



Şekil 3.21 Sobel filtreleri uygulaması

3.3 Diğer Görüntü İşleme Yöntemleri

Görüntü işleme yöntemleri burada anlatılmayacak kadar çok ve çeşitlidir ve yukarıdaki bölümlerde verilen görüntü işleme yöntemlerinden başka daha bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu konu ile ilgili literatür her geçen gün zenginleşmektedir. Özellikle görüntü ayırt etme, sınıflandırma gibi işlemlerde birden fazla görselin kıyaslanması ve sınıflandırılmasının istendiği durumlarda farklı yöntem ve teknikler devreye girmektedir.

Görüntü sınıflandırma işlemlerinde görüntüler belirli bir kritere göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırma işlemlerinde, sınıflandırmanın dayandığı kriter hedef ya da sonuç, görüntülere ait bilgiler ise girdi adını almaktadırlar. Hedef ya da sonuç değeri çoğunlukla iyi/kötü, açık/koyu, benekli/düz, ihracat/iç piyasa gibi sözel değerler ile ifade edilmektedirler. Bu nedenle genelde analizler öncesinde bu sözel değerlerin sayısal değerlere dönüştürülmeleri de gerekmektedir.

Sınıflandırma işlemlerinde görüntülere ait hemen tüm istatistik veriler değerlendirilmektedirler. Bu istatistik veriler;

- Görüntülere ait piksel sayısı
- En büyük renk değeri

- En küçük renk değeri
- Renklerin sayısal değerlerinin aritmetik ortalaması
- En çok tekrarlanan (Mod) renk değeri,
- Ortanca (Medyan) renk değeri,
- Görüntüyü oluşturan renk değerlerinin standart sapma değeri,
- Varyans değeri,
- Renk değerlerinin histogramının basıklık değeri
- Ve yine aynı histogramın çarpıklık değeri

gibi büyüklükler girdi değişkeni olarak değerlendirilebilirler.

3.4 Görüntü İşleme Yöntemlerinin Uygulanması

Görüntü işleme yöntemleri uygulanırken en önemli adım görüntülerin elde edilmesi adımıdır. Bu adımda görüntülerin sabit, koşulları değişmeyen bir ortamda ve aynı görüntü elde etme cihaz ya da yöntemi ile elde edilmeleri çok önemlidir. Görüntülerde oluşacak ışık yansıması, gölge, leke vb. kusurlar çok ciddi hatalara neden olabilmektedir. Bu nedenle girdi görüntülerinin elde edilmesi süreci çok önemlidir. Yapılacak işin niteliğine ve gereksinimlerine göre değişmekle birlikte genelde birden fazla görüntü iyileştirme yöntemleri kullanılarak görüntüler sonraki adımlara hazır hale getirilirler. En yaygın yöntem renkli görsellerin gri görseller haline dönüştürülmeleri, ya da yine renkli görsellerin farklı renk uzayları kullanılarak renklerinin belirginleştirilmeleridir.

Kenar/köşe bulma ya da tane sayma gibi işlemler görseller üzerinde birden çok görüntü işleme yöntemini uygulamayı gerektirirken sınıflandırma gibi işlemlerde daha çok sayısal modeller kullanılmaktadır. Görüntü işleme yöntemleri ile sınıflandırmada görseller belirli bir standart ya da uzman kararına göre önce insan gözü ve aklı ile sınıflandırırlar, ardından aynı sınıflandırmayı, insan gözü/kararı olmadan yapabilecek bir model geliştirilmeye çalışılır. Modelleme aşamasında genelde yapay zeka, bulanık mantık, YSA gibi esnek hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Modellerde, görsellere ait istatistik bilgiler **girdi**, uzman tarafından sınıflandırılan görsellere ait istatistik bilgiler **hedef** olarak ifade edilebilirler.

Görüntü işleme ile sınıflandırma uygulaması işlem adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

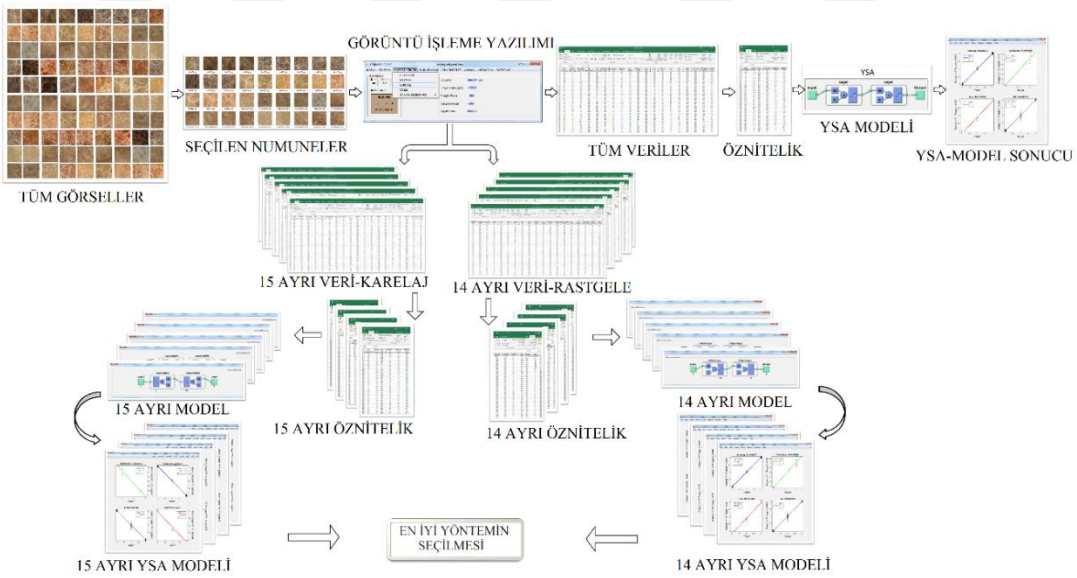
- Görsellerin uygun koşullarda elde edilmesi
- Görsellerin ayıklanarak eşit koşullarda olmayanların elenmesi
- Görsellerin klasik yöntemlerle (uzman görüşü) sınıflandırılması (iyi/kötü, büyük/küçük, açık/koyu gibi)
- Sınıflandırılan görsellerin sözel sınıflarının sayısallaştırılması (iyi=1 kötü=0 gibi)
- Görsellere ait istatistik bilgilerin toplanması
- Bu istatistik bilgiler ile sınıf bilgileri arasındaki ilişki düzeyi hesaplanarak görsellere ait hangi istatistik bilgisinin sınıflandırma sonucuna ne oranda etki ettiğinin tespit edilmesi
- Etkisi olmayan büyüklüklerin elenmesi, etkisi olanların girdi verisi olarak saklanması
- YSA benzeri bir model kurularak girdi ve hedef bilgileri yardımı ile modelin oluşturulması
- Sınıflamanın model aracılığıyla gerçekleştirilmesi
- Model tarafından yapılan sınıflandırmanın uzmanlar tarafından yapılan sınıflama ile kıyaslanarak kabul ya da reddedilmesi
- Reddedilmesi durumunda, kabul edilene kadar model girdilerinin ya da modelin yenilenmesi

Bu tez çalışmasında da yukarıdaki akım şemasına uygun bir çalışma yapılarak YSA modeli oluşturulmuş ve mermer ürünlerinin sınıflandırması yapılmıştır. Buna ek olarak, işlem zamanını kısaltmak için farklı görüntü (veri) alma yöntemleri önerilerek her bir önerilen yöntem için ayrı ayrı YSA modeli oluşturularak doğrulukları sınanmış ve önerilen yöntemlerin mermer sınıflandırma işlemini ne oranda kısalttıkları ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalar takip eden bölümde açıklanmıştır.

4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmanın bu bölümünde yapılan çalışmalar sunulacaktır. Buna göre, önce seçilen doğal taşa ait görseller elde edilmiş, ardından görseller ayıklanarak numune örnek havuzu oluşturulmuştur. Daha sonra bu görseller görüntü işleme yazılımı ile işlenerek piksellerindeki renk değerleri elde edilip program tarafından yaratılan dosyalara yazılmıştır. Daha sonra öznitelik çıkarma yöntemi ile verilerden, seçim sonucunu etkileme özelliği olan parametreler tespit edilerek veri tabanı yeniden düzenlenmiştir. Ardından bu veriler ile YSA modeli oluşturulup, mermer seleksiyonunu yapabilecek bir YSA modeli geliştirilmiştir.

Başarı ile çalışan bu modelin ardından 15 ayrı karelaj ve 14 ayrı rastgele veri alma yöntemi ile; görüntü işleme yazılımı ile piksel okuma, öznitelik çıkarma, model oluşturma ve sonuç üretme adımları 29 kez ayrı ayrı yeniden yapılmış ve her bir model için korelasyon değerleri elde edilmiştir. Çalışmanın basitleştirilmiş akım şeması Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Yapılan çalışmaların şematik gösterimi

4.1 Mermerin Seçilmesi

Görüntü işleme yöntemleri ve YSA ile mermer renk seleksiyonu işlemi gibi bir çalışma için son yıllarda mermer pazarında en çok tercih edilen ve Diyarbakır bölgesi firmalarına ait mermer işleme tesislerinde en çok üretimi yapılan Emperador ticari ismi ile anılan mermer, çalışma konusu olarak seçilmiştir.

Emperador; ticari değeri olan ve açık bejden koyu kahverengiye değişen renkler gösteren tektonik özellikli bir kayaçtır. Bu kayaç aralarında belli açılar bulunan yanal atımlı fay sistemleri arasında rijit özellikli kireçtaşlarının belli bir düzen içinde rotasyona uğrayarak parçalanmaları ve farklı büyüklükte kırılan parçaların kalsit çimento ile çimentolanmaları şeklinde oluşmaktadır (Kalkan, 2019).

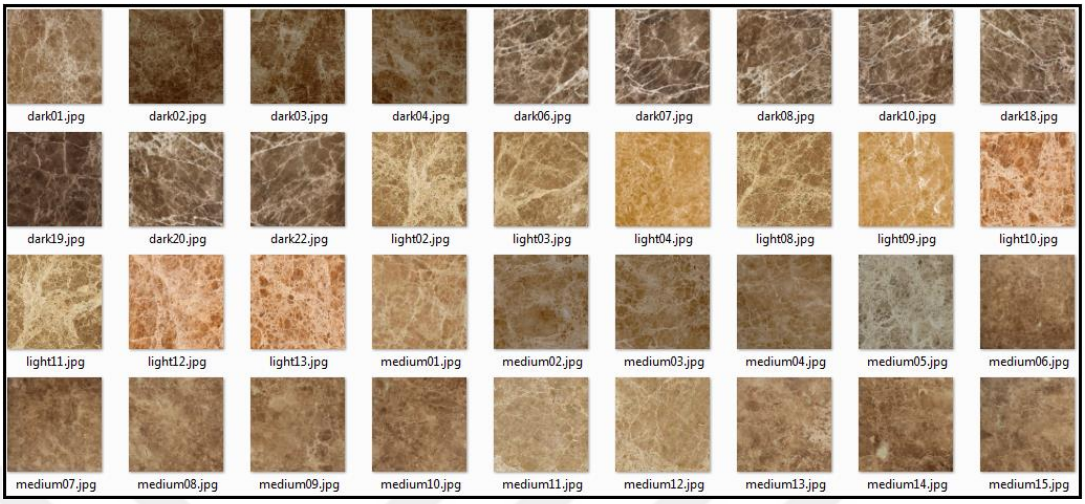
4.2 Numunelerin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Bu adımda son ürün haline getirilmiş (cilalanmış parlatılmış) Emperador mermer numuneleri ile ilgili görseller toplanmıştır. Bunun için Diyarbakır bölgesinde faaliyet gösteren mermer işleme tesislerinde çalışan Dicle Üniversitesi Maden mühendisliği bölümü mezunu mühendislerden büyük destek alınmış, Emperador mermerine ait yüze yakın görsel elde edilmiştir. Ancak toplanan görsellerin büyük bir bölümü aynı ışık koşullarında elde edilmediği için, değerlendirme dışı tutulmuşlardır. Ayrıca, aynı taşın seleksiyonu olmayan, farklı blok ya da ocaklara ait mermerlerin görselleri de elenmiştir. Böylece, sadece aynı ocağın, aynı taşın ve eşit koşullarda elde edilmiş, gölgesiz, parlaması olmayan görseller seçilerek 36 adet numune görsel elde edilmiştir. Bu numuneler 10 cm x10 cm boyutlarında el numuneleri şeklinde standardize edilmiş olup, bütün numuneler mermer işleme aşamalarının tümünden geçerek son olarak abrasifler ile cilalanma işlemi sonrasından alınmıştır.

Sonraki aşamada yıllardan beri Emperador mermeri üretimi ve işlemesi yapan fabrikalarımızdan birisinde üretim sorumlusu olarak çalışanlar ve söz konusu mermerin seleksiyonunu işletmede yıllardan beri yapmakta olan uzman çalışanlar bu 36 adet görseli değerlendirerek tıpkı iş yerlerinde olduğu gibi açık, orta ve koyu şeklinde sınıflandırmışlardır. Böylece uzman sınıflandırması adımı gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Bunun sonucunda 36 adet görsel numunemiz 9 adet light (açık renk), 15 adet medium (orta) ve 12 adet dark (koyu renk) şeklinde elde edilmiştir. Görsellerin tamamı daha sonra 300 x 300 piksel boyutunda kesilerek eşit boyutlara getirilmiş ve görüntü işleme için hazır hale getirilmişlerdir. Pikseller üzerinde yapacağımız istatistik analizler açısından görsellerin eşit boylarda olmaları büyük önem taşımaktadır. Görsellerin

tümü Şekil 4.2'de verilmiştir. Görsel isimlerinin bir sırayı takip etmemesinin nedeni, aralardaki uygun olmayan numunelerin silinmesinden kaynaklanmaktadır.

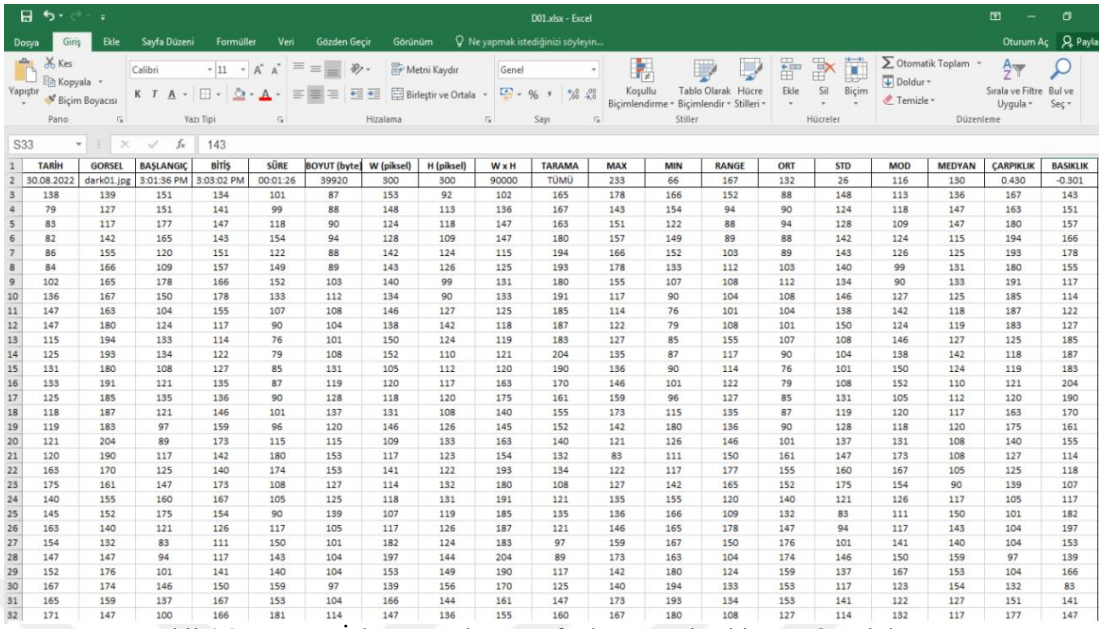


Şekil 4.2 Veri tabanındaki görseller

4.3 Görüntü İşleme Yazılımı ve Verilerin Elde Edilmesi

Emperador numunelerine ait görseller, bir görüntü işleme yazılımı yardımı ile işlenmişlerdir. Söz konusu görüntü işleme yazılımı, tez danışmanı tarafından önceki yıllarda geliştirilmiş ve farklı çalışmalarda (Akkoyun, 2010; Careddu ve Akkoyun, 2016; Kalkan, 2019) değişik amaçlar için kullanılmıştır.

Yazılım tez çalışması için yeniden tasarlanarak taraması yapılan görsel ile ilgili olarak şu işlemleri yapabilir hale getirilmiştir; Yazılım yeni bir MS Excel dosyası açarak, dosya içine, işlemin yapıldığı tarih ve işlem başlangıç saatini kaydetmektedir. Ardından MS Excel dosyasına görseldeki tüm piksellerin renk değerlerini tek tek kaydetmekte ve görsel dosya adı, boyutu, eni, boyu, en büyük renk değeri, en küçük renk değeri, ortalama, standart sapma, Mod, Medyan, çarpıklık ve basıklık değerlerini kaydedip işlem bitiş zamanını da yazarak dosyayı kapatmaktadır. Böylece her tarama için yazılım tarafından bir dosya yaratılmaktadır. Şekil 4.3'de görüntü işleme yazılımı tarafından yaratılan bir Excel dosyası verilmiştir.



	TARİH	GORSEL	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	SÜRE	BOYUT (byte)	W (piksel)	H (piksel)	W x H	TARAMA	MAX	MIN	RANGE	ORT	STD	MOD	MEDYAN	ÇARPIKLIK	BASIKLIK
2	30.08.2022	dark01.jpg	3:01:36 PM	3:03:02 PM	00:01:26	39920	300	300	90000	TÜMÜ	233	66	167	132	26	116	130	0.430	-0.301
3	138	139	151	134	101	87	153	92	102	165	178	166	152	88	148	113	136	167	143
4	79	127	151	141	99	88	148	113	136	167	143	154	94	90	124	118	147	163	151
5	83	117	177	147	118	90	124	118	147	163	151	122	88	94	128	109	147	180	157
6	82	142	165	143	154	94	128	109	147	180	157	149	89	88	142	124	115	194	166
7	86	155	120	151	122	88	142	124	115	194	166	152	103	89	143	126	125	193	178
8	84	166	109	157	149	89	143	126	125	193	178	133	112	103	140	99	131	180	155
9	102	165	178	166	152	103	140	99	131	180	155	107	108	112	134	90	133	191	117
10	136	167	150	178	133	112	134	90	133	191	117	90	104	108	146	127	125	185	114
11	147	163	104	155	107	108	146	127	125	185	114	76	101	104	138	142	118	187	122
12	147	180	124	117	90	104	138	142	118	187	122	79	108	101	150	124	119	183	127
13	115	194	133	114	76	101	150	124	119	183	127	85	155	107	108	146	127	125	185
14	125	193	134	122	79	108	152	110	121	204	135	87	117	90	104	138	142	118	187
15	131	180	108	127	85	131	105	112	120	190	136	90	114	76	101	150	124	119	183
16	133	191	121	135	87	119	120	117	163	170	146	101	122	79	108	152	110	121	204
17	125	185	135	136	90	128	118	120	175	161	159	96	127	85	131	105	112	120	190
18	118	187	121	146	101	137	131	108	140	155	173	115	135	87	119	120	117	163	170
19	119	183	97	159	96	120	146	126	145	152	142	180	136	90	128	118	120	175	161
20	121	204	89	173	115	115	109	133	163	140	121	126	146	101	137	131	108	140	155
21	120	190	117	142	180	153	117	123	154	132	83	111	150	161	147	173	108	127	114
22	163	170	125	140	174	153	141	122	193	134	122	117	177	155	160	167	105	125	118
23	175	161	147	173	108	127	114	132	180	108	127	142	165	152	175	154	90	139	107
24	140	155	160	167	105	125	118	131	191	121	135	155	120	140	121	126	117	105	117
25	145	152	175	154	90	139	107	119	185	135	136	166	109	132	83	111	150	101	182
26	163	140	121	126	117	105	117	126	187	121	146	165	178	147	94	117	143	104	197
27	154	132	83	111	150	101	182	124	183	97	159	167	150	176	101	141	140	104	153
28	147	147	94	117	143	104	197	144	204	89	173	163	104	174	146	150	159	97	139
29	152	176	101	141	140	104	153	149	190	117	142	180	124	159	137	167	153	104	166
30	167	174	146	150	159	97	139	156	170	125	140	194	133	153	117	123	154	132	83
31	165	159	137	167	153	104	166	144	161	147	173	193	134	153	141	122	127	151	141
32	171	147	100	166	181	114	147	136	155	160	167	180	108	127	114	132	117	177	147

Şekil 4.3 Görüntü İşleme yazılımı tarafından yaratılan bir Excel veri dosyası

4.4 YSA Modelinin Oluşturulması

4.4.1 Yapay zeka ve YSA

Yapay Zeka, insan zekâsına özgü bazı özelliklerin (Örneğin algılama, öğrenme, düşünme, sonuç çıkarma, ayırt etme, sınıflandırma, sıralama, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarım yapma ve karar verme gibi) benzerlerini bilgisayar ortamında geliştirme çabasıdır. Bulanık mantık, Yapay sinir ağları, Genetik algoritma (GA), uzman sistemler, örüntü tanıma gibi dallar YZ'nin alt dallarıdırlar.

Bilgisayar ile YZ yaratma yöntemlerinden biri olan YSA, insan beynindeki sinir hücre ve ağlarının çalışma şekilleri esas alınarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Geleneksel algoritmalar ve programlama teknikleri kullanarak çözmenin çok zor, çok zaman alan, ya da karmaşık olduğu problemleri çözmenin bir yoludurlar ve bir YSA, yapay sinir hücresi (nöron), bağlantılar ve öğrenme algoritması olmak üzere üç yapıdan oluşmaktadır. Ayrıca bir YSA'da girdi katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katman bulunmaktadır. Girdi katmanı dışarıdan verilerin girildiği katmandır ve bu katmandaki her bir nöron bir parametre temsil etmektedir. Bu yüzden girdi katmanında özellik sayısı kadar nöron bulunmaktadır. Bir diğer katman gizli katmandır. Gizli katman, girdi katmanından aldıkları verileri işleyerek çıkış katmanına göndermekle görevlidir ve gizli denmesinin sebebi, dış ortamdan bağlantısız şekilde işlem görmesidir. Gizli katmanda yer alacak nöron sayısı uzman tecrübesine bağlı

olarak değişmektedir ve bu sayı sistemin performansı için önemlidir. Son olarak sınıfların belirlendiği katman olan çıkış ya da çıktı katmanı bulunmaktadır. Çıktı katmanı bilgilerin dışarıya aktarılması işlevini görmektedir (Temiz, 2018).

YSA modelleri günümüzde doğrudan kod yazılarak uygulanabildikleri gibi YSA algoritmalarına sahip gelişmiş yazılımlar aracılığıyla da yapılabilmektedirler. Bu konuda günümüzde en yaygın kullanılan YSA modelleri Matlab yazılımı arayüzü ile yapılmaktadır. Tezin ikinci bölümünde ayrıntılı olarak verildiği gibi mermer seleksiyonu konusunda da birçok çalışma YSA tabanlı olup çoğunlukla Matlab arayüzü kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Öktem ve diğ. (2021), Karaali (2021), Elmas (2022), Ershad (2011), Önder (2019), Turan (2018), Temiz (2018), Torun ve diğ. (2019), Kemaloğlu (2017).

Bu çalışmada da Matlab ara yüzünü kullanan bir YSA modeli geliştirilerek Emperador mermerine ait numuneler kullanılarak bir sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. YSA modeli öncesi yapılması gereken ilk işlem girdileri tespit etmektir. Bunun için verileri girdi katmanına hazırlamak için özellik çıkarma ya da öznitelik vektörü tanımlama işlemini yapmak gerekmektedir.

4.4.2 Özellik çıkarma (öznitelik seçimi)

Özellik çıkarma aşaması YSA öncesinde verilerin girdi katmanı için hazırlanması aşamasıdır. Girdi verilerinden hangilerinin çıktı verileri üzerinde gerçekten etkili oldukları ve eğer etkili iseler ne oranda etkili oldukları üzerine bir çalışmadır. Görüntü işleme özelinde ise işaret ve görüntünün veri boyutuna indirgendiği ve girdi verilerini tanımlayıcı anahtar özelliklerinin tespit edildiği, eğer gerekli ise normalizasyona tabi tutulduğu aşamadır.

Özellik çıkarma görüntü tanıma ve sınıflandırmanın en önemli kısmı olup, bir anlamda modelin başarımında anahtar rolü oynar. Bu önemin fark edilmesinden sonra öz nitelik çıkarımı üzerine çalışmalarda büyük artış olmuştur (Türkoğlu, 2002). Veri setinin karmaşıklığına ve girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkilerin karmaşıklığına göre farklı özellik çıkarma teknikleri vardır; aralarında doğrusal ilişkilerin olduğu veri setlerinde

en yaygın özellik çıkarma yöntemi Spearman ve Pearson korelasyon yöntemleridir (Emanet ve diğ., 2021; Öğündür, 2019).

X ve y gibi iki değişken arasında bir ilişki olup olmadığını görmenin en basit yolu x-y grafiğini çizip dağılımlarına bakmaktır. Düz bir hat üzerinde toplanan veriler, değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olduğunu gösterir. Ancak grafik yöntemi bazen x ve y arasındaki ilişkiyi göstermekte zayıf kalır. Emin olmak için en iyi yöntem korelasyon katsayısını r(x,y) hesaplamaktır. Korelasyon katsayısı eşitlik (1)'de verildiği gibi bir eşitlik ile hesaplanır (Toprak ve diğ., 2004);

$$r_{(X,Y)} = \frac{1}{N}\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu_X)(Y_i-\mu_Y)}{S_X\, S_Y} \qquad (4.1)$$

Burada;
r korelasyon katsayısı
N örnek sayısı
μ_X X değişkenlerinin ortalaması
μ_Y Y değişkenlerinin ortalaması
S_X X değişkenlerinin Standart sapması
S_Y Y değişkenlerinin Standart sapması

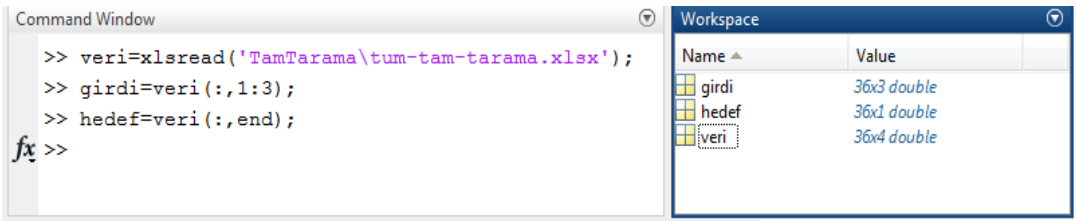
r (X,Y) değeri -1 ile +1 arasında bir değer alır. Değerin 0 olması X ve Y değişkenleri arasında bir ilişki olmadığını gösterir. Değerin +1'e yaklaşması değişkenler arasında güçlü bir ilişki olduğunu, -1'e yaklaşması ise aynı güçlü ilişkinin ters yönde (birisi artarken diğeri azalacak şekilde) olduğunu göstermektedir. Buna rağmen yüksek korelasyon katsayısı her zaman bir sebep sonuç ilişkisi olarak yorumlanmamalıdır. Bazı durumlarda gözden kaçan üçüncü bir değişken nedeni ile korelasyon katsayısı yüksek çıkabilir. Değişkenler arasında fonksiyonel bir ilişki var ise de korelasyon katsayısı yüksek çıkacaktır (Toprak ve diğ., 2004). Yine çok yaygın bir uygulama olarak; korelasyon katsayısı 0.30'dan küçük ise ilişkinin zayıf, 0.30-0.70 arasında ise ilişki orta düzeyde, 0.70'den büyük ise ilişkinin yüksek düzeyde olduğu söylenebilir (Büyüköztürk ve vd. 2012).

Bu çalışmada da görsellerden yazılım yardımı ile elde edilen veriler ve uzman görüşü ile tespit edilen sonuçlar korelasyon ile değerlendirilip öznitelik çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Emperador numunelerine ait sınıflamada üretim tesislerinde dark, medium ve light terimleri kullanılmaktadır. Bu sözel sınıfların, işlemler öncesinde sayısal değerlere dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu nedenle gri formda siyah=0, beyaz=255 olduğu ve koyudan açığa gidildikçe sayısal değerin büyümesinden dolayı, dark için 1, medium için 2 ve light için 3 değeri seçilmiş ve uygulanmıştır. Öznitelik çıkarma işleminin ardından ise YSA modeline geçilmiştir.

4.4.3 YSA modelinin oluşturulması

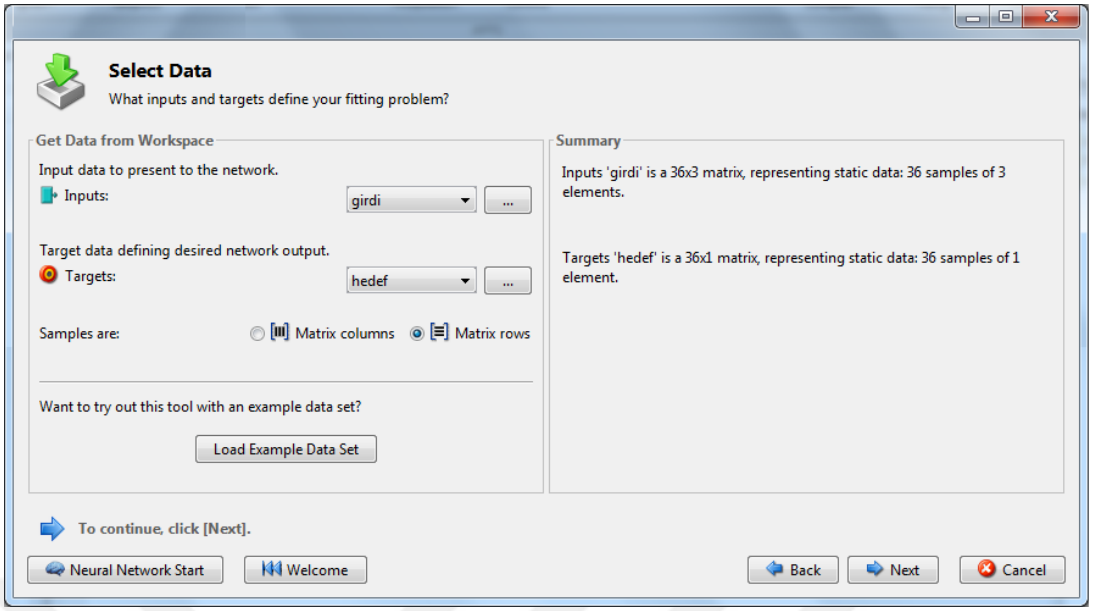
Emperador mermer numunelerine ait görseller, eşit boyutlara getirilip, daha önce geliştirdiğimiz yazılım tarafından tüm pikselleri taranıp veri setleri oluşturulduktan sonra görsellerin piksel değerlerine ait Ortalama, Mod ve Medyan değerleri **girdi**; uzmanlar tarafından belirlenen sınıflanmış değerler (dark, medium ve light ya da 0, 1, ve 2) ise **hedef** değerler olacak şekilde veri setleri hazırlanmıştır.

Veri setleri hazırlandıktan sonra tüm veriler ‘veri’, ‘girdi’ ve ‘hedef’ değişken adları ile YSA modeli oluşturulacak profesyonel yazılım ara yüzü kullanılarak, yazılıma ait kodlar kullanılarak aktarılmışlardır (Şekil 4.4).

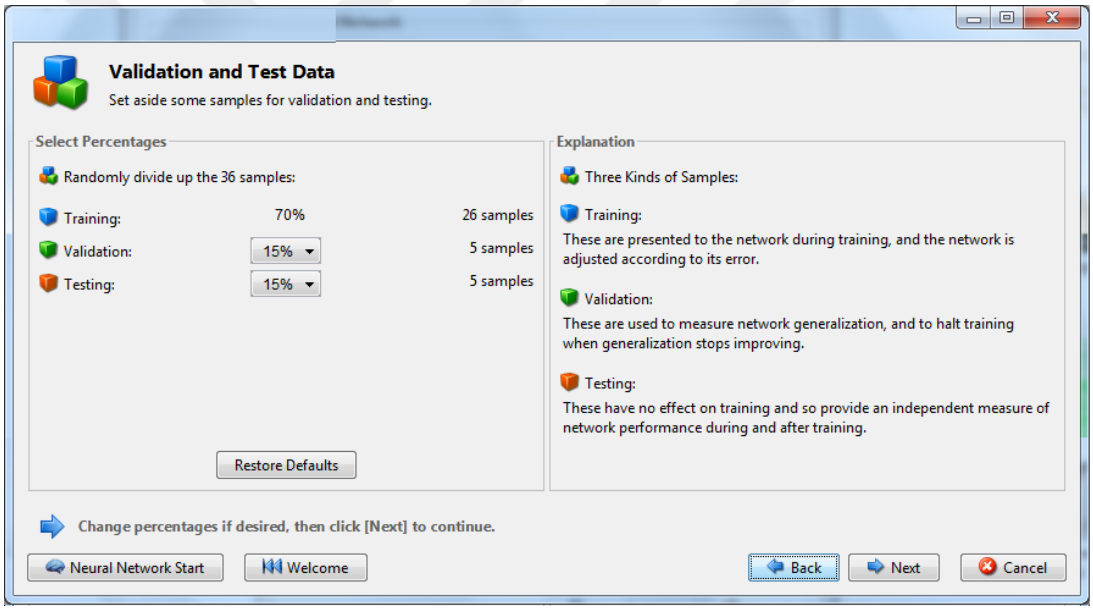


Şekil 4.4 Verilerin profesyonel yazılıma aktarılması

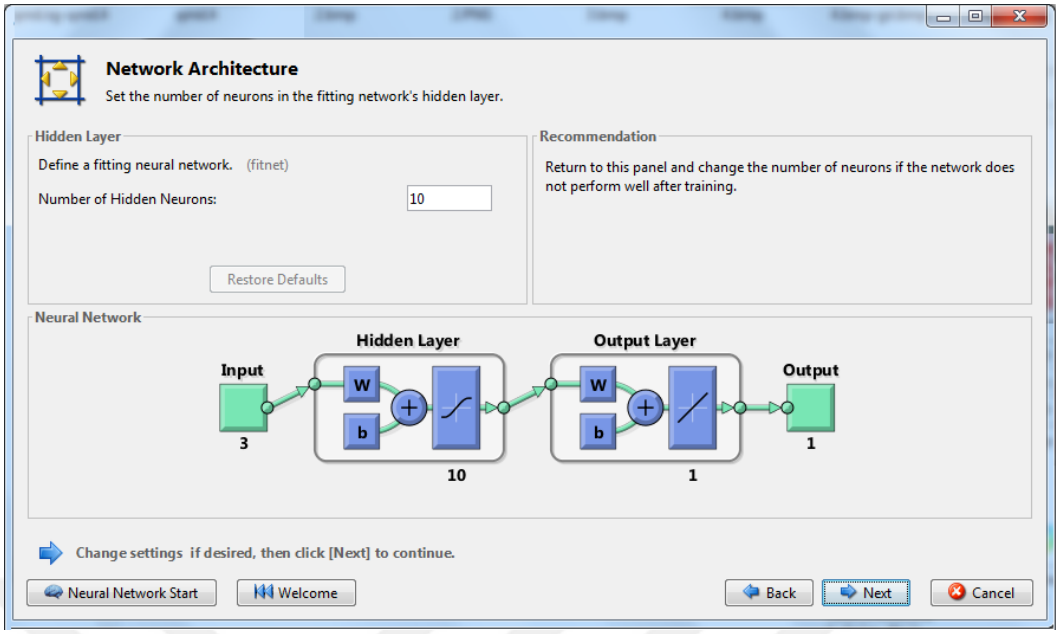
Sonraki adımda YSA ara yüzü açılarak veriler tanıtılmış (Şekil 4.5), veri setlerimiz training (eğitim), validation (doğrulama) ve testing (sınama) aşamaları için program tarafından bölümlere ayrılmıştır (Şekil 4.6). Ardından ağ yapısı oluşturulmuş (Şekil 4.7), veriler kullanılarak eğitilmiştir (Şekil 4.8) ve sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.9).



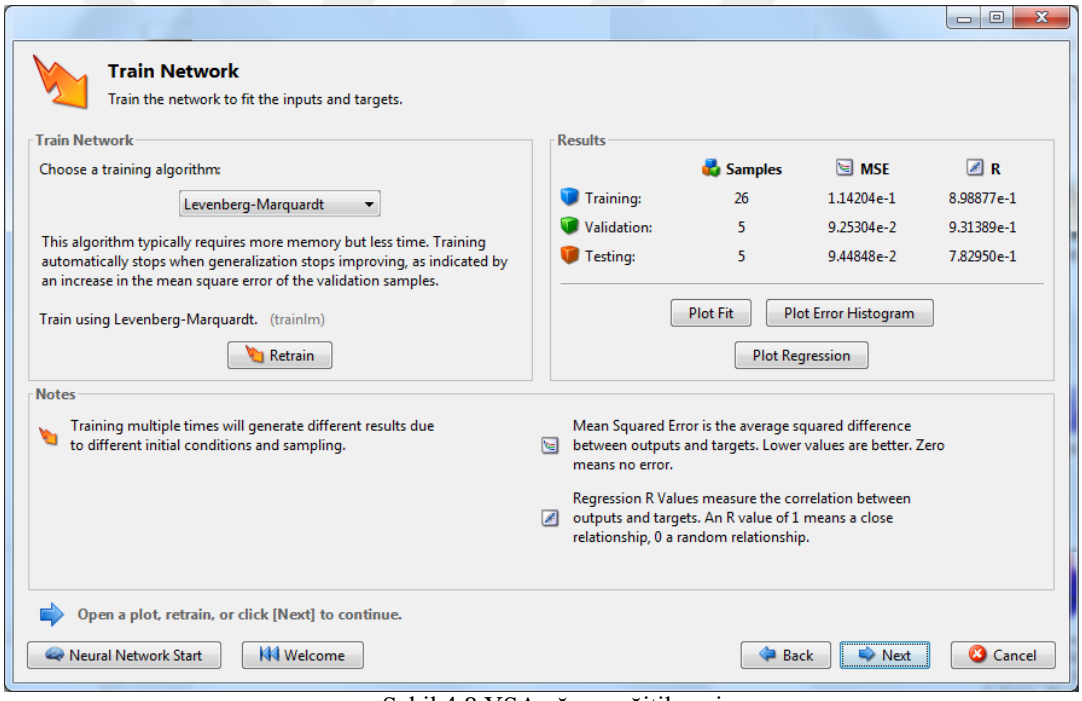
Şekil 4.5 Verilerin YSA ara yüzüne tanıtılması



Şekil 4.6 Verilerin training, validation ve testing bölümlerine ayrılması



Şekil 4.7 YSA ağ yapısının oluşturulması



Şekil 4.8 YSA ağının eğitilmesi

Yapay sinir ağları modellemesi için kurulan YSA modelleri kapsamında çok katmanlı (neural network fitting tool), ileri beslemeli ve geri yayılım algoritmalı (feed forward back propagation) ağ modeli kullanılmıştır. Eğitim için, diğer algoritmalara göre daha hızlı sonuçlar üreten (Ceryan ve diğ., 2013) "Levenberg–Marquardt" öğrenme algoritması seçilmiş, 1 nörondan oluşan giriş katmanı, 10 nörondan oluşan gizli katman ve 1 nörondan oluşan çıkış katmanına sahip bir YSA modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model parametreleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 YSA model yapısı

Girdi Parametre Sayısı	3
Çıkış Parametre Sayısı	1
Gizli Tabaka Sayısı	1
Gizli Nöron Sayısı	10
Aktivasyon Fonksiyonu	Sigmoid
Eğitim Algoritması	Levenberg–Marquardt
Eğitim Verisi Oranı	%70
Doğrulama Verisi Oranı	%15
Test Verisi Oranı	%15

4.5 Önerilen Süre Kısaltma Yöntemleri

Mermer işleme tesislerinde bant üzerindeki mermer numunelerinin insan çalışanlar yerine YSA destekli makineler tarafından ayırt edilebilmeleri için, önümüzdeki birinci engel kalite seleksiyonunun sadece renk-desen özelliklerine bağlı olmamasıdır. Bir diğer engel ise görselin renk verisinin alınması, modele yüklenmesi ve modelin sonuç üretmesi için geçen sürenin, işletmelerdeki olağan iş akışına uymayacak derece yavaş olmasıdır. Bu çalışmada veri alma aşamasını hızlandıracak yeni fikirler tartışılmıştır.

4.5.1 Rastgele seçilen piksellerden veri alma

Veri alma aşamasında süreyi kısaltmak için önerilen birinci yöntem görsele ait piksellerin satırlar ve sütunların tümünü tarayarak her bir pikseldeki renk değerinin okunması şeklindeki mevcut veri okuma yöntemi yerine, görsel üzerindeki rastgele seçilen piksellerden veri alınması yöntemidir. Böylece tüm pikseller (bu çalışmada her bir görselde 90 bin piksel) yerine daha az sayıda pikselin renk değerinin okunması süreyi azaltacaktır. Bu bakış açısı ile görüntü işleme yazılımında değişiklikler yapılarak rastgele veri alacak şekilde yeniden düzenlenmiş ve denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde karşılaşılan ilk sorun, iki ayrı rastgele veri alma işleminin aynı piksele denk gelme riskidir. Çok düşük gibi görünen bu riskin özellikle yüksek sayıdaki taramalarda sıkça ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bu sorunu aşmak için rastgele seçilip verisi alınan piksel, görsel üzerinde hiç olmayan bir renge boyanarak sonraki adımlarda o renk değeri geldiğinde verinin okunmaması sağlanmıştır.

Bir diğer sorun 300x300=90,000 adet pikselden oluşan bir görselden rastgele kaç adet piksel okunursa sağlıklı bir YSA modeli kurulabileceğinin bilinmemesidir. Başka bir değişle, 90 bin pikselden kaç tanesi rastgele seçilerek renk verisi okunursa bu okunanlardan elde edilecek veri, tüm pikselleri temsil edebilecektir? Bu sorunu çözmek için aynı görsel numuneleri, 14 farklı oranda (%1, 2, 3, 4, 5, 10, …%80 ve %90) rastgele taranarak veri toplanmış ve her biri tek tek YSA modelinde denenmiştir.

4.5.2 Hatlar-kareler çizilerek veri alma (karelaj)

Veri alma aşamasında süreyi kısaltmak için önerilen diğer yöntem, görsel üzerinde belli bir hat üzerindeki piksellerin renk değerlerinin veri olarak alınması şeklindedir. Bu yöntemde görsel üzerine kareler çizildiği için yönteme karelaj yöntemi adı verilmiştir.

Buna göre 300x300 boyutlarındaki görselin eni ve boyu aynı sayıda aralıklara bölünüp hatlar çizilip o hatlar üzerindeki pikseller okunarak veriler elde edilmiştir. Yöntem uygulanırken birinci yöntemdeki benzer sorunlar yaşanmış; yatay ve düşey hatların kesişme noktalarında mükerrer veri alma hataları gözlenmiş, bunun üzerine –yine ilk yöntemde yapıldığı gibi- verisi alınan piksel, görsel üzerinde hiç olmayan bir renge boyanarak sonraki adımlarda o renk değeri geldiğinde verinin okunmaması sağlanmıştır. Kaç adet hattan veri toplandığında sağlıklı bir YSA modeli için yeterli olacağının anlaşılabilmesi için 15 farklı karelaj (2, 3, 4, 5, 8, 10, …, 80 ve 90) okuması yapılmıştır.

4.6 Önerilen Yöntemler İle YSA Modeli

36 adet Emperador mermer numunesine ait görselinin her biri 14 farklı rastgele piksel okuma yöntemi kullanılarak işlenerek 504 adet veri dosyası elde edilmiştir. Bunun sonucunda, her bir rastgele piksel okuma yöntemi için 14 ayrı veri seti elde edilmiş ve Bölüm 4.4.3.'de anlatılan model, her bir rastgele durum için oluşturulup çalıştırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Aynı şekilde 36 adet Emperador mermer numunesine ait görselinin her biri 15 farklı karelaj ile piksel okuma yöntemi kullanılarak işlenerek 540 adet veri dosyası elde edilmiştir. Bunun sonucunda, her bir rastgele piksel okuma yöntemi için 15 adet veri

seti elde edilmiş ve Bölüm 4.4.3.'de anlatılan model, her bir rastgele durum için oluşturulup çalıştırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

5. ELDE EDİLEN BULGULAR

5.1 Tüm Yüzey Taraması

Bir önceki bölümde ayrıntısı ile açıklandığı şekilde yapılan çalışmalar sonucunda, önce mermer numunelerinin tüm yüzeyleri taranmıştır. Taramayı yapan görüntü işleme yazılımı ölçtüğü tüm özellikleri kendi oluşturduğu MS Excel dosyalarına yazıp işlem sonunda dosyayı kapatmaktadır. Dosya adı taranan numune adı olmaktadır. Örnek olması açısından M08 adındaki görselin tarama sonuçları Tablo 5.1'de verilmiştir. Burada verilen özet tablo olup veri tablosunda ek olarak 90bin (300x300) piksele ait renk değerlerini içeren veri bulunmaktadır.

Tablo 5.1 Bir numuneye ait veriler

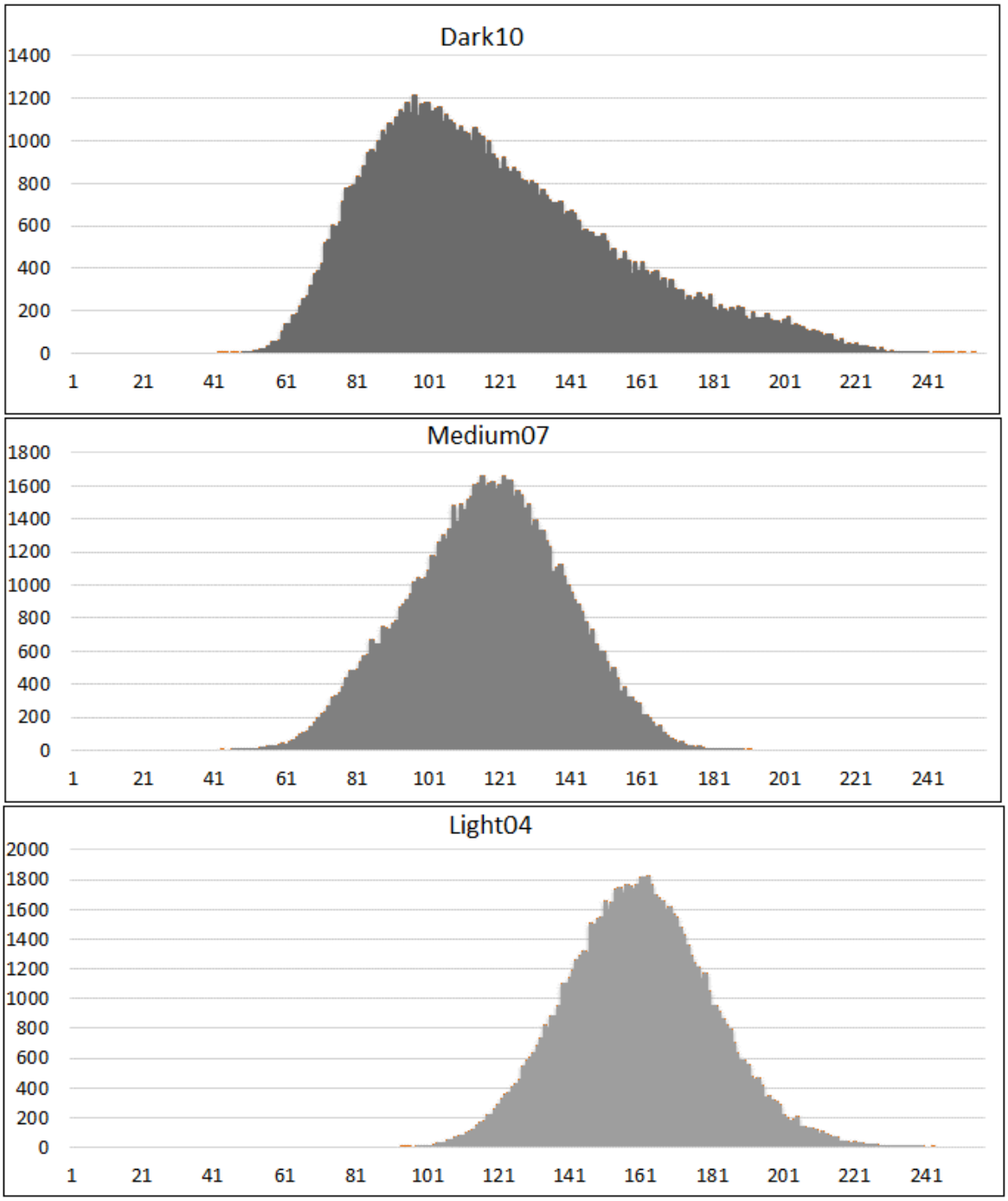
ÖZELLİK	**DEĞERİ**
TARİH	28.03.2022
GORSEL ADI	medium08.jpg
BAŞLANGIÇ SAATİ	3:55:26 PM
BİTİŞ SAATİ	3:57:19 PM
GEÇEN ZAMAN	00:01:53
DOSYA BOYUTU (byte)	41841
GENİŞLİK (piksel)	300
YUKSEKLIK (piksel)	300
TOPLAM PİKSEL SAYISI	90000
TARAMA TÜRÜ	Tüm Pikseller
EN BÜYÜK	239
EN KÜÇÜK	51
FARK	188
ORTALAMA	128
S.SAPMA	20
MOD	125
MEDYAN	128
ÇARPIKLIK	0.114
BASIKLIK	-0.261

Benzer şekilde, tüm numunelere ait yüzeyler görüntü işleme yazılımı ile taranıp veriler elde edilmiştir. 36 adet numuneye ait tüm yüzeylerin taranması ile elde edilen veriler aşağıda Tablo 5.2'de verilmiştir. Tablo oluşturulurken tarama tarihi, başlangıç saati, bitiş saati ve görsel boyutları gibi tümünde aynı olan bazı veriler çıkartılarak tablo özetlenmiştir.

Tablo 5.2 Tüm yüzey taraması sonuçları

GORSEL ADI	Süre (dakika)	En Büyük	En Küçük	Fark	ORT.	S. Sapma	Mod	Medyan	Çarpıklık	Basıklık
dark01.jpg	00:01:26	233	66	167	132	26	116	130	0.430	-0.301
dark02.jpg	00:01:43	177	8	169	76	22	74	75	0.143	-0.352
dark03.jpg	00:01:45	175	9	166	88	26	77	86	0.173	-0.593
dark04.jpg	00:01:32	157	18	139	91	22	105	93	-0.230	-0.624
dark06.jpg	00:01:59	249	55	194	120	34	102	115	0.718	0.056
dark07.jpg	00:01:50	251	43	208	115	36	98	108	0.833	0.233
dark08.jpg	00:01:40	251	51	200	120	35	95	114	0.709	0.016
dark10.jpg	00:01:37	253	41	212	119	35	96	113	0.710	0.024
dark18.jpg	00:01:46	251	13	238	120	35	103	115	0.637	0.085
dark19.jpg	00:01:46	193	20	173	76	23	62	71	1.047	0.992
dark20.jpg	00:01:47	253	22	231	119	37	101	112	0.719	0.067
dark22.jpg	00:01:44	248	42	206	112	29	99	106	0.857	0.620
Ortalama	**00:01:43**	**224**	**32**	**192**	**107**	**30**	**94**	**103**	**0.562**	**0.018**
medium01.jpg	00:01:39	219	83	136	153	19	148	152	0.070	-0.193
medium02.jpg	00:01:40	175	17	158	113	18	111	114	-0.246	-0.021
medium03.jpg	00:01:37	172	22	150	111	18	108	111	-0.148	-0.162
medium04.jpg	00:01:45	173	40	133	111	16	112	112	-0.173	0.040
medium05.jpg	00:01:46	211	41	170	140	23	151	143	-0.545	-0.014
medium06.jpg	00:01:46	203	44	159	115	22	115	115	0.109	-0.352
medium07.jpg	00:01:48	190	59	131	116	22	121	117	-0.087	-0.335
medium08.jpg	00:01:53	239	51	188	128	20	125	128	0.114	-0.261
medium09.jpg	00:01:49	233	51	182	125	21	128	125	0.090	0.007
medium10.jpg	00:01:47	222	63	159	118	19	115	118	0.058	-0.233
medium11.jpg	00:01:47	251	66	185	158	23	151	155	0.574	0.633
medium12.jpg	00:01:37	248	52	196	156	24	147	153	0.471	0.140
medium13.jpg	00:01:50	239	62	177	136	23	135	135	0.146	-0.204
medium14.jpg	00:01:46	227	41	186	114	24	113	113	0.229	-0.146
medium15.jpg	00:01:39	236	53	183	123	20	127	123	0.051	-0.237
Ortalama	**00:01:45**	**216**	**50**	**166**	**128**	**21**	**127**	**128**	**0.048**	**-0.089**
light02.jpg	00:01:52	251	16	235	161	41	181	163	-0.196	-0.643
light03.jpg	00:01:44	245	52	193	148	30	128	145	0.281	-0.692
light04.jpg	00:01:41	242	93	149	159	20	162	159	0.141	0.008
light08.jpg	00:01:49	250	10	240	144	39	130	141	0.175	-0.529
light09.jpg	00:01:54	255	99	156	169	22	161	166	0.664	0.914
light10.jpg	00:01:29	244	15	229	158	35	191	159	-0.182	-0.872
light11.jpg	00:01:30	251	8	243	160	40	202	163	-0.224	-0.779
light12.jpg	00:01:33	250	44	206	161	33	182	163	-0.215	-0.741
light13.jpg	00:01:30	244	28	216	161	35	187	165	-0.354	-0.760
Ortalama	**00:01:40**	**248**	**41**	**207**	**158**	**33**	**169**	**158**	**0.010**	**-0.455**
Genel Ortalama	**00:01:43**	**227**	**42**	**185**	**129**	**27**	**127**	**127**	**0.210**	**-0.145**

Elde edilen bulgular ile her üç sınıfa ait renk değerlerinin dağılımlarını histogram şeklinde görüp yorumlayabilmek için her sınıfı temsilen birer veri dosyası seçilerek histogram grafikleri çizilmiştir. Histogramlar, temsil ettikleri gri renk değerlerine boyanarak kıyaslanmaları kolaylaştırılmaya çalışılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Üç renk sınıfına ait renk değerlerinin histogram dağılımları

5.2 Öznitelik Çalışması Bulguları

Mermer yüzeylerinin tüm yüzeylerinin taranması ile elde edilen veriler kullanılarak bir öznitelik çıkarım çalışması yapılmıştır. Buna göre görüntü işleme yazılımının elde ettiği tüm parametreler ile (girdiler) Dark, Medium ve Light şeklinde sınıflandırması yapılan seleksiyon değerleri (hedefler) arasında korelasyon çalışması yapılmış ve elde edilen korelasyon değerleri Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.3 Girdi verileri ve hedef arasındaki korelasyon

GİRDİ DEĞERİ	**Korelasyon (Pearson, r)**
BASIKLIK	-0.39
ÇARPIKLIK	-0.56
EN BÜYÜK	0.27
EN KÜÇÜK	0.16
FARK	0.14
MEDYAN	0.81
MOD	0.84
ORTALAMA	0.77
S. SAPMA	0.09

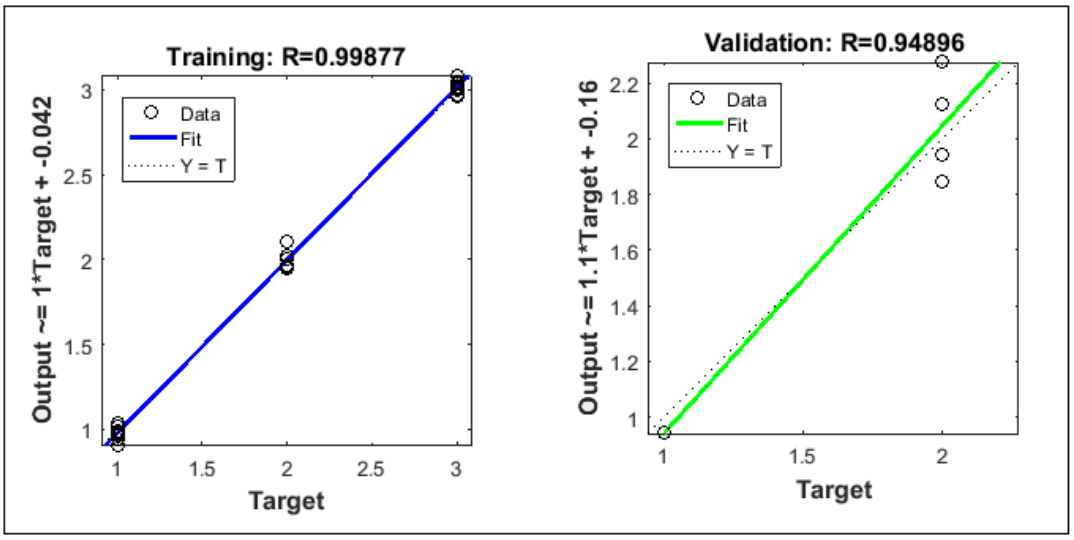
Tablo 5.3'de verilen Pearson korelasyon katsayılarına bakarak; girdi görsellerine ait renk değerindeki standart sapmanın Emperador mermerinin renk seleksiyonu seçimi ile hemen hiç ilişkisi olmadığı, mermer üzerinde en büyük renk değeri, en küçük renk değeri ve en büyük ile en küçük renk değeri arasındaki farklar ile ilgili girdilerin de sonuç üzerinde hemen hiç etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Yine aynı tablodan girdi görsellerinin renk değerlerinden oluşan histogramların basıklık ve çarpıklık değerlerinin de (histogramın basıklığı kabaca dağılımın heterojen olduğunu, çarpıklığı ise ortalamadan ne kadar sağa ya da sola saptığını göstermektedir) sınıflandırma için hedef değerler ile önemli bir ilişkilerinin olmadığı, var olan ilişkinin de negatif (ters yönde) olduğu belirlenmiştir.

Buna karşın korelasyon katsayıları sırasıyla 0.84, 0.81 ve 0.77 olarak hesaplanan girdi renk değerlerinin ortalama, Medyan (Ortanca) ve Mod (Histogramın tepe değeri, en sık tekrarlanan değer) parametrelerinin hedef üzerinde önemli etkilerinin olduğu tespit

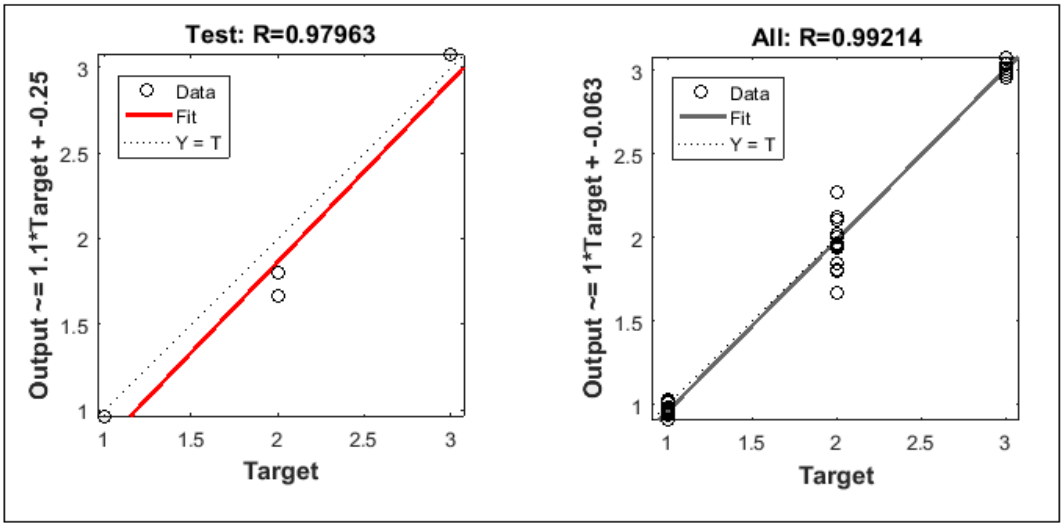
edilmiştir. Bu tespit ile bu üç parametre girdi değişkenlerinin öznitelik parametreleri olarak değerlendirilmeye alınmış ve öznitelik matrisinin oluşturulmasında kullanılmışlardır.

5.3 Tüm Yüzey Taraması İçin YSA Modeli

36 adet numunenin her birisi için tüm yüzeylerinin taranması ile elde edilen veriler ayıklanarak öznitelik çalışması sonucunda elde edilen Mod, Medyan ve Ortalama parametreleri seçilmiş ve bu değerlerden oluşan matris girdi, dark, medium ve light değerleri ise hedef olarak belirlenerek YSA modeli oluşturulup çalıştırılmıştır. Model sonuçları Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.2 Tam yüzey taraması YSA modeli-training ve validation sonuçları



Şekil 5.3 Tam yüzey taraması YSA modeli-test ve genel sonuçları

Profesyonel yazılım kullanılarak oluşturulan YSA modelinin test edilmesi için bir çalışma yapılmıştır. Buna göre elimizdeki 36 veriden her bir renk sınıfı için rastgele 5'er adet toplamda 15 veri seçilmiş ve modele tekrar beslenerek modelin ürettiği sonuçlar ile gerçek seleksiyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile ilgili bilgiler aşağıda Tablo 5.4'de verilmiştir.

Tablo 5.4 YSA modelinin test sonuçları

Ortalama	Mod	Medyan	Gerçek değer	YSA-model sonucu	Hata
88	77	86	1	1.0024	-0.0024
115	98	108	1	1.0279	-0.0279
120	95	114	1	1.0227	-0.0227
76	62	71	1	1.0032	-0.0032
112	99	106	1	1.0498	-0.0498
113	111	114	2	1.8329	0.1671
116	121	117	2	2.3062	-0.3062
158	151	155	2	2.1232	-0.1232
136	135	135	2	2.038	-0.038
123	127	123	2	2.016	-0.016
161	181	163	3	2.9906	0.0094
144	130	141	3	2.8705	0.1295
169	161	166	3	2.9659	0.0341
161	182	163	3	2.9908	0.0092
161	187	165	3	2.9937	0.0063

5.4 Rastgele Veriler ile YSA Modeli

Mermer renk seleksiyonunda işlem süresini kısaltmak için önerdiğimiz rastgele veri alma yöntemlerine göre veriler toplanmıştır. Buna göre, 36 numunenin tamamı, 14 farklı oranlarda rastgele veri alma yöntemi ile görüntü işleme yazılımı tarafından taranmış ve veriler elde edilmiştir. Bu veriler daha sonra öznitelik parametreleri göz önünde bulundurularak daraltılmış ve 14 farklı rastgele oran için YSA modelleri oluşturulmuştur. YSA modellerinden elde edilen sonuçlar aşağıda Tablo 5.5'de toplu olarak verilmişlerdir.

Tablo 5.5 Rastgele veriler ile YSA modeli

Numune No	YSA-Korelasyon
R-1	0.736
R-2	0.768
R-3	0.802
R-4	0.793
R-5	0.833
R-10	0.813
R-20	0.855
R-30	0.855
R-40	0.862
R-50	0.921
R-60	0.927
R-70	0.959
R-80	0.975
R-90	0.987

5.5 Hat-Karelaj Verileri ile YSA Modeli

Bir sonraki adımda, yine mermer renk seleksiyonunda işlem süresini kısaltmak için önerdiğimiz hatlar-kareler üzerinden veri alma yöntemlerine göre veriler toplanmıştır. Buna göre, 36 numunenin tamamı, 15 farklı sayıdaki hat üzerinden veri alma yöntemi ile görüntü işleme yazılımı tarafından taranmış ve veriler elde edilmiştir. Bu veriler daha sonra öznitelik parametreleri göz önünde bulundurularak daraltılmış ve 15 farklı hat-karelaj için YSA modelleri oluşturulmuştur. YSA modellerinden elde edilen sonuçlar aşağıda Tablo 5.6'da toplu olarak verilmişlerdir.

Tablo 5.6 Hat-karelaj verileri ile YSA modeli

Numune No	YSA-Korelasyon
K-2	0.765
K-3	0.765
K-4	0.775
K-5	0.787
K-8	0.799
K-10	0.793
K-15	0.777
K-20	0.772
K-30	0.909
K-40	0.929
K-50	0.897
K-60	0.937
K-70	0.944
K-80	0.954
K-90	0.953

Mermer görüntüleri üzerinde belirli oranlarda rastgele veri toplandığında rastgele değeri alınan verinin yüzdesini ifade etmektedir. Örneğin R-10 verisi tüm yüzeyin %10'u oranında veri alındığının ifadesidir. Ancak hat-karelaj yöntemi ile veri toplama yönteminde bu oranlar belli değildir. Örneğin K-10 ifadesi, yaklaşık 10 adet kare oluşacak şekilde hat geçirildiğini ifade ederken toplanan verinin yüzdesi hakkında bilgi vermemektedir. Bu eksikliği doldurmak için hesaplama yapılarak her bir hat-karelaj işleminin toplam verinin oransal değeri aşağıda Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 Hat-karelaj işlemlerinde veri oranları

İşlem	Toplam Veriye Oranı (%)
K-2	1.3
K-3	2.6
K-4	3.9
K-5	5.3
K-8	10.4
K-10	13.0
K-15	19.4
K-20	25.6
K-30	40.1
K-40	50.6
K-50	69.3
K-70	84.8
K-80	90.7
K-90	97.3

Farklı oranlarda rastgele veri toplama ile hat üzerinden karelaj ile veri toplama yöntemleri birlikte değerlendirildiklerinde Tablo 6'daki gibi bir durum karşımıza çıkmaktadır. Tablo 5.8'de rastgele ve karelaj verileri, korelasyon değerleri en büyükten en küçüğe olacak şekilde ve karışık olarak dizilmişlerdir.

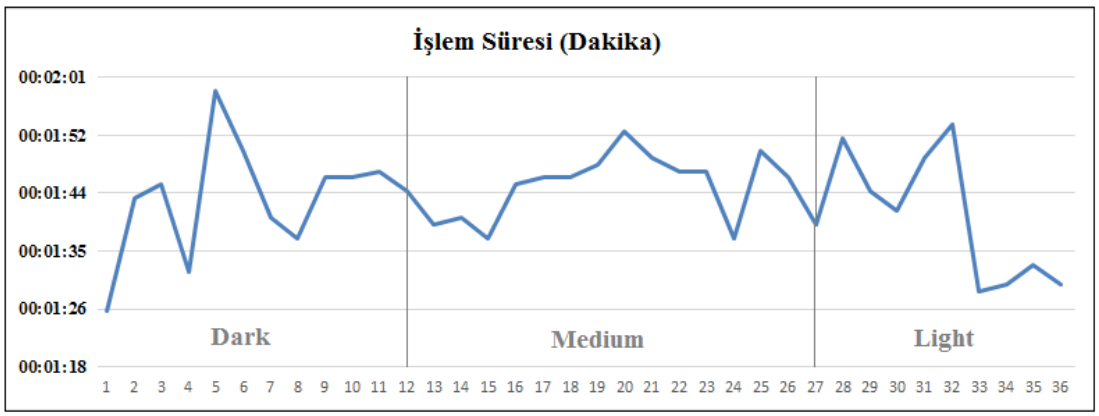
Tablo 5.8 İki yöntem sonuçları birlikte

Numune No	**YSA-Korelasyon**
R-90	0.987
R-80	0.975
R-70	0.959
K-80	0.954
K-90	0.953
K-70	0.944
K-60	0.937
K-40	0.929
R-60	0.927
R-50	0.921
K-30	0.909
K-50	0.897
R-40	0.862
R-30	0.855
R-20	0.855
R-5	0.833
R-10	0.813
R-3	0.802
K-8	0.799
K-10	0.793
R-4	0.793
K-5	0.787
K-15	0.777
K-4	0.775
K-20	0.772
R-2	0.768
K-3	0.765
K-2	0.765
R-1	0.736

5.6 İşlem Süreleri ile İlgili Bulgular

Çalışmanın temel amacı görüntü işleme yöntemleri ile mermer renk seleksiyonunu işletme koşullarında uygulayabilmek için süre ile ilgili çalışmalar yapmak olduğu için çalışmanın bu bölümünde bulgular, diğer bölümlere göre daha ayrıntılı olarak sunulmuşlardır. Öncelikle, mermer yüzeylerini tam olarak taradığımızda ortaya çıkan

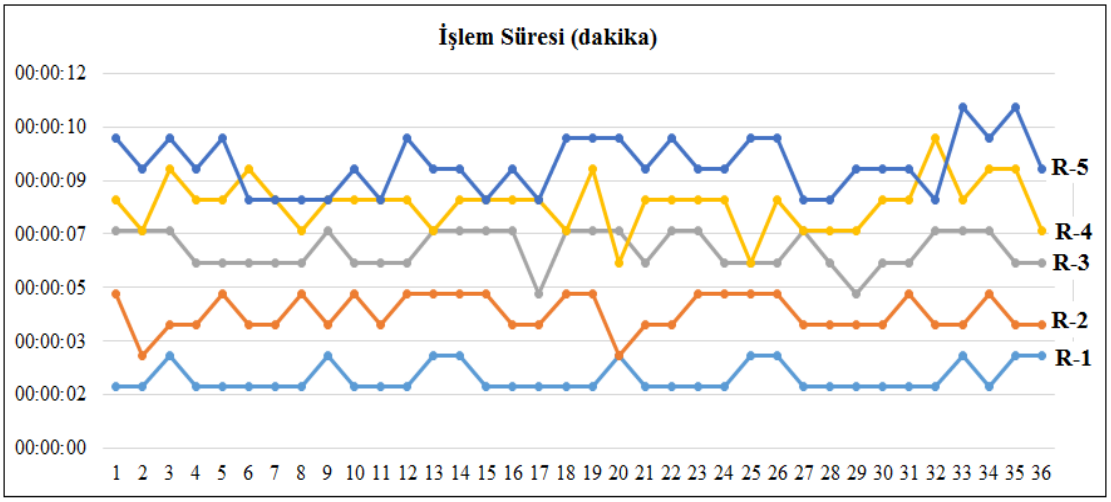
işlem süresi değerleri ile ilgili bulgular, 36 numune için seleksiyonları da ayrıca gösterilerek Şekil 5.4'de verilmiştir.



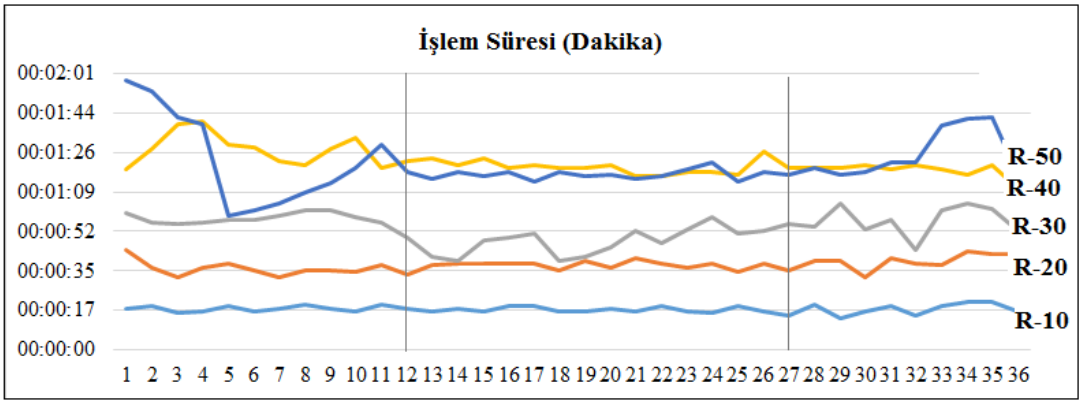
Şekil 5.4 Tüm yüzey taraması için tarama süresi

5.6.1 Rastgele veriler ile işlem süresi

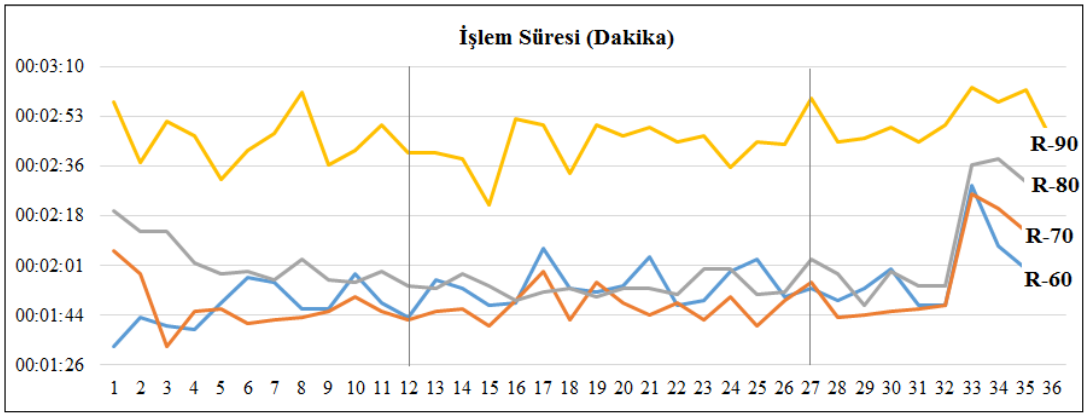
Benzer şekilde görüntü işleme yazılı yardımı ile mermer numuneleri üzerinden tüm yüzeyin farklı oranlarında rastgele veriler alınarak elde edilen veriler ile ilgili de işlem süreleri elde edilmiştir. Rastgele %1-5 aralığındaki veriler Şekil 5.5'de, %10-50 aralığındaki veriler Şekil 5.6'da, %60-90 aralığındaki veriler Şekil 5.7'de sunulmuştur.



Şekil 5.5 Rastgele veri alma yöntemine göre tarama süreleri (R 1-5)

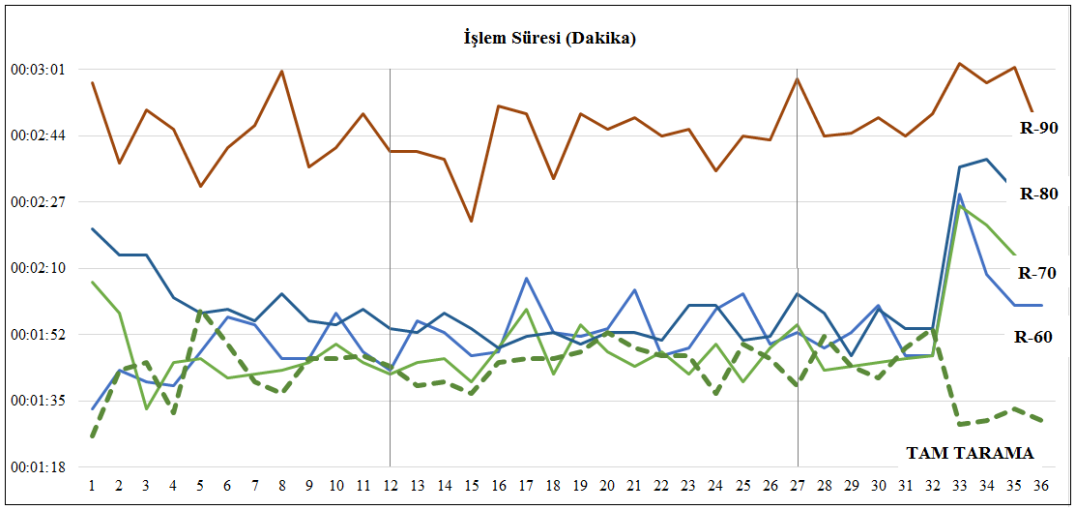


Şekil 5.6 Rastgele Veri Alma Yöntemine Göre Tarama Süreleri (R 10-50)



Şekil 5.7 Rastgele Veri Alma Yöntemine Göre Tarama Süreleri (R 60-90)

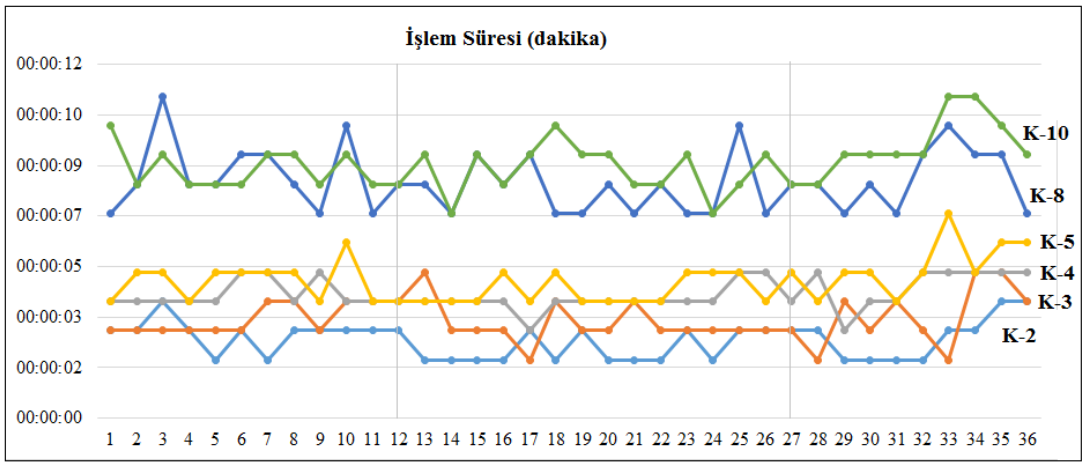
Mermer numunelerden rastgele veri alınması yöntemi ile toplanan veriler incelendiğinde belirli bir rastgele oranından sonra, işlem süresinin tüm yüzeyin taranmasına ait işlem süresinden daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. Bu durumu ayrı bir grafikte göstermenin uygun olacağı düşünülerek Şekil 5.8 hazırlanmıştır. Konu ile ilgili değerlendirme sonuçlar bölümünde yapılacaktır.



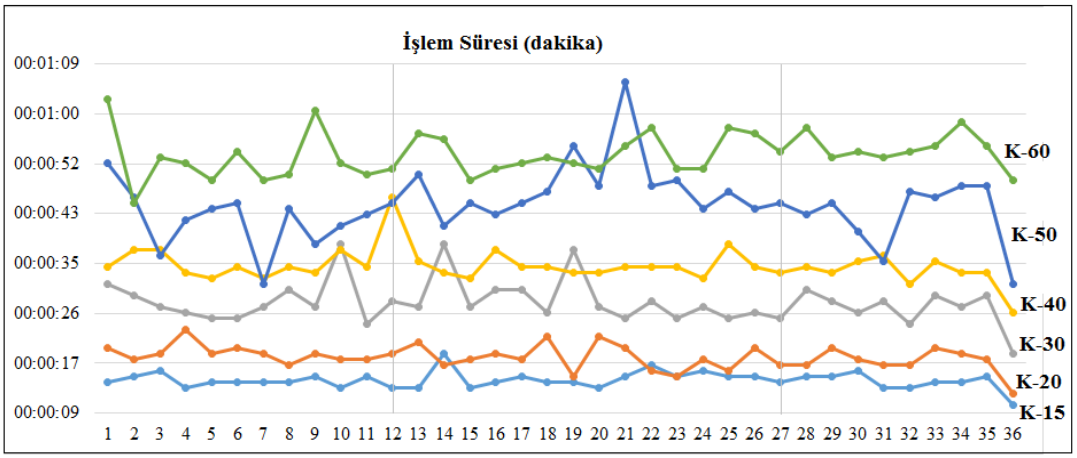
Şekil 5.8 Bazı rastgele veri alma süreleri ve tam tarama süresi

5.6.2 Karelaj verileri ile işlem süresi

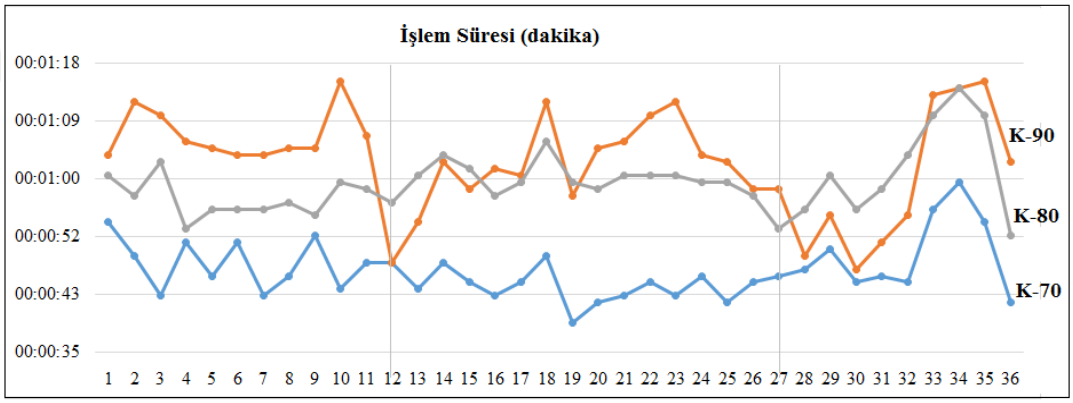
Önerilen veri alma yöntemlerinden birisi de mermer yüzeylerinden görüntü verisi alırken belirli hatları takip ederek veri toplanması yöntemi idi. Yüzey üzerinden geçirilen hat ya da oluşan karelaj sayısına göre işlemler isimlendirilmişlerdir. Bu yöntem uygulanarak elde edilen veriler ile yapılan çalışmalar sonucunda karelaj-2 den karelaj-10'a kadar olan işlem süreleri Şekil 5.9'de, karelaj-15 den karelaj-60 a kadar olan işlem süreleri Şekil 5.10'da, Karelaj-70, 80 ve 90 ise Şekil 5.11'de verilmişlerdir.



Şekil 5.9 Karelaj veri alma yöntemine göre tarama süreleri (K-2-10)



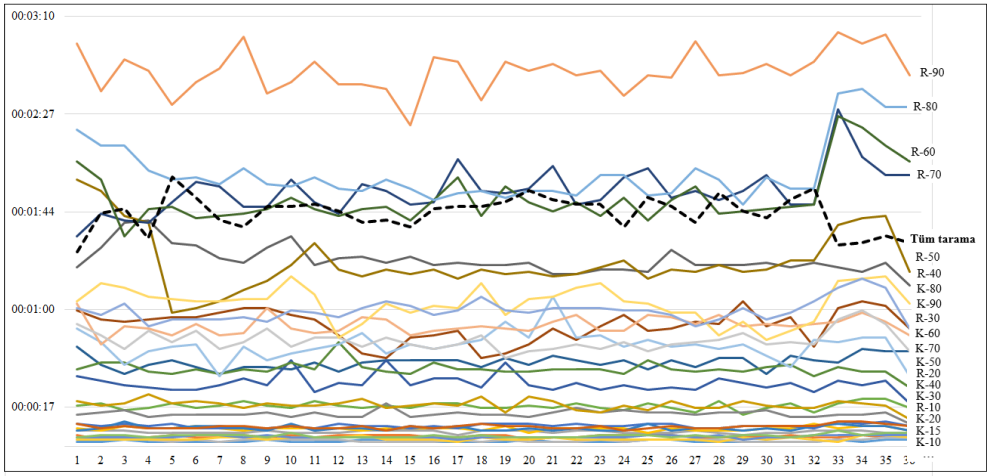
Şekil 5.10 Karelaj veri alma yöntemine göre tarama süreleri (K-15-60)



Şekil 5.11 Karelaj veri alma yöntemine göre tarama süreleri (K-70-90)

5.6.3 Önerilen yöntemlerin birlikte değerlendirilmesi

Uygulanan tüm yöntemler ve tüm yüzey taraması ile ilgili süre değişimlerini kıyaslayabilmek için birlikte görmek uygun olacaktır. Tüm yöntemler ve tüm yüzey taraması (grafikte kesik çizgi ile verilmiştir) birlikte Şekil 5.12'de verilmiştir. Şekildeki grafik, kıyaslama açısından önemli fikirler vermesine rağmen, özellikle süresi çok kısa olan örneklerin birbirine çok yakın sonuçları nedeniyle okuma güçlüğü içermektedir. Bu nedenle veriler ayrıca Tablo 5.9'da da verilmiştir.



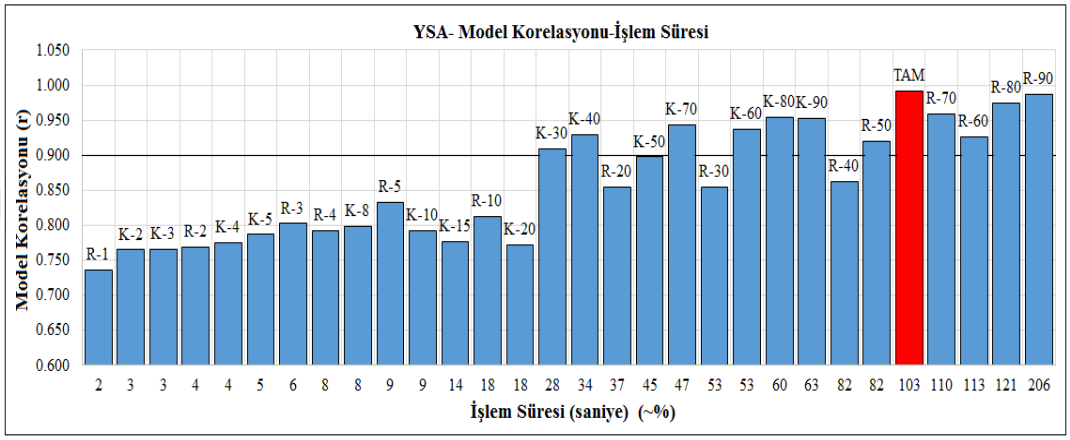
Şekil 5.12 Tüm yöntemlerin tarama süreleri

Tablo 5.9 Tüm örnekler için işlem süresi (dakika)

Örnek Adı	**Ortalama İşlem Süresi (Küçükten Büyüğe Sıralanmıştır)**
R-1	00:00:02
K-2	00:00:03
K-3	00:00:03
K-4	00:00:04
R-2	00:00:04
K-5	00:00:05
R-3	00:00:06
R-4	00:00:08
K-8	00:00:08
K-10	00:00:09
R-5	00:00:09
K-15	00:00:14
R-10	00:00:18
K-20	00:00:18
K-30	00:00:28
K-40	00:00:34
R-20	00:00:37
K-50	00:00:45
K-70	00:00:47
R-30	00:00:53
K-60	00:00:53
K-90	00:01:00
K-80	00:01:03
R-50	00:01:22
R-40	00:01:22
Tüm tarama	**00:01:43**
R-70	00:01:50
R-60	00:01:53
R-80	00:02:01
R-90	00:02:46

5.7 YSA Korelasyonları ve İşlem Sürelerinin Birlikte Değerlendirilmesi

Mermer numuneleri kullanılarak oluşturulan YSA modelleri önerilen her bir farklı karelaj ve rastgele oranında çalıştırılmış ve hem model korelasyon değerleri ve hem de işlem süreleri elde edilmiştir. Tüm yöntemler için korelasyon ve işlem süreleri ile tüm yüzey taramasına ait korelasyon ve işlem süresi değeri birlikte aşağıda Şekil 5.13'de verilmiştir.



Şekil 5.13 Model korelasyonu ve işlem süreleri

Önerilen tüm yöntemlerin ve tüm yüzey taramasının YSA-Model korelasyonu ve işlem süreleri ile ilgili bilgiler toplu halde Tablo 5.10'da verilmiştir. Tablo 5.10, işlem süresine göre küçükten büyüğe şeklinde düzenlenmiştir.

Tablo 5.10 YSA-model korelasyonu ve işlem süreleri

Yöntem Adı	**İşlem Süresi (saniye)**	**YSA-Model Korelasyonu**
R-1	2	0.736
K-2	3	0.765
K-3	3	0.765
R-2	4	0.768
K-20	18	0.772
K-4	4	0.775
K-15	14	0.777
K-5	5	0.787
R-4	8	0.793
K-10	9	0.793
K-8	8	0.799
R-3	6	0.802
R-10	18	0.813
R-5	9	0.833
R-20	37	0.855
R-30	53	0.855
R-40	82	0.862
K-50	45	0.897
K-30	28	0.909
R-50	82	0.921
R-60	113	0.927
K-40	34	0.929
K-60	53	0.937
K-70	47	0.944
K-90	63	0.953
K-80	60	0.954
R-70	110	0.959
R-80	121	0.975
R-90	206	0.987
TAM TARAMA	103	0.992

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında mermer üretimi yapılan bir işletme tesisinde aynı doğal taş türüne ait ürünlerin renk ve desen seleksiyonunu gerçekleştirmek için bir YSA modeli geliştirilmiş, söz konusu modelin veri toplama adımında süreyi azaltmak için yöntemler önerilmiş ve test edilmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular, bir önceki bölümde verilmiştir. Bu bölümde bu bulgulardan ortaya çıkan sonuçlar sunulacak ve tartışılacaktır. Buna göre;

1. Çalışmada Emperador ticari adı ile bilinen mermere ait 36 adet numune kullanılmıştır. Bu örneklerin görüntü işleme yazılımı ile işlenmeleri sonucunda tümü için ortalama renk değerlerinin 129 olduğu bulunmuştur.

2. Dark sınıfındaki numuneler için renk değeri ortalaması 107, Medium sınıf için 128 ve Light sınıfı numuneler için 158 olarak bulunmuştur.

3. En büyük (en açık) renk değerleri 255 (Light09) ve 253 (Dark10, Dark20) olarak iki farklı seleksiyon sınıfında ölçülmüştür. En küçük (en koyu) renk değerleri 8 (Light11) ve yine 8 (Dark02) olarak yine iki farklı seleksiyon sınıfında ölçülmüştür. En küçük ve en büyük renk değerlerinin, birbirinden uzak seleksiyon sınıflarından çıkabiliyor olması, Emperador mermerin açıktan koyuya değişken renk yapısının bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yapı da renk seleksiyonunu çok zor hale getirmektedir.

4. Mermer numunelerindeki renk değerlerinin standart sapmasına gelecek olursak, en küçük standart sapma 21 ile Medium sınıfında, en büyük standart sapma değeri ise 33 olarak Light sınıfında hesaplanmıştır. Dark sınıfı için 30 olarak hesaplanan standart sapma değeri tüm taşlar değerlendirildiğinde 27 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda renk değeri en az değişenin Medium, en çok değişenin ise Light sınıfı taşlar olduğu söylenebilir.

5. Mod değerleri açısından bakıldığında, Dark sınıfı numunelerinde en çok tekrarlanan renk değerlerinin ortalaması 94, Medium sınıfında 127 ve Light sınıfında 169 olarak bulunmuştur. Tüm numuneler değerlendirildiğinde en çok tekrarlanan renk değerlerinin ortalaması 127 olarak bulunmuştur. Buradan Emperador mermerlerinin 0-255 aralığında değişen gri renk bandında tam ortada bir yerde olduğu sonucu çıkarılabilir.

6. Mermer numunelerinden elde edilen renk değerleri Medyan (Ortanca) değerleri açısından incelendiğinde, Dark sınıfı ortalamasının 103, Medium sınfının 128 ve Light sınıfının 158 renk değeri etrafında toplandığı, genel ortalamanın ise 127 olduğu hesaplanmıştır. Yine bu değerlerden de Emperador mermerinin gri renk skalasının tam ortasında bir renk değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

7. Elde edilen renk değerlerinin çarpıklık değerleri hesaplandığında Dark sınıfı ortalamasının 0.562, Medium sınıfı ortalamasının 0.048 ve Light sınıfı ortalamasının 0.010 olduğu hesaplanmıştır. Tümünün ortalaması ise 0.210 olarak hesaplanmıştır. Özellikle Medium ve Light örneklerinin normal dağılıma çok yakın sonuçlar verdiği, sadece Dark numunelerinin çarpıklığının biraz sola doğru (pozitif) çarpık olduğu gözlenmiştir. Bu durumun, Dark sınıfındaki koyu renkli piksellerin, histogramı sola doğru çekmesinden kaynaklandığı değerlendirmesi yapılmıştır.

8. Elde edilen renk değerlerinin basıklık değerleri hesaplandığında Dark sınıfı ortalamasının 0.018, Medium sınıfı ortalamasının -0.089 ve Light sınıfı ortalamasının -0.455 olduğu hesaplanmıştır. Tümünün ortalaması ise –0.145 olarak hesaplanmıştır. Basıklık, bir dağılımın normal dağılıma kıyasla (normal dağılım basıklığı 0) daha basık (negatif değerler) ve daha dik (pozitif değerler) olup olmadığının bir ölçüsüdür. Bu bulgular incelendiğinde Dark ve Medium sınıfına ait renk değerlerinin normal dağılıma çok yakın seyir gösterdiği, Light sınıfının biraz basık olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

9. Öznitelik çıkarma işlemi kapsamında, mermer renk seleksiyonunda hangi özelliklerin daha etkili olduğu araştırılmış ve korelasyon katsayıları sırasıyla 0.84, 0.81 ve 0.77 olarak hesaplanan girdi renk değerlerinin Ortalama, Medyan ve Mod değerlerinin renk seleksiyonu üzerinde önemli etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışma ile Emperador mermeri için renk seleksiyonunda renk değerlerindeki değişimin (standart sapma), renkler arasındaki farkın büyüklüğünün, en büyük renk değerinin, en küçük renk değerinin, renk dağılımlarının çarpıklık ve basıklığının renk seleksiyonunda hiçbir katkısı olmadığı da ortaya konulmuştur.

10. Mermer numunelerinin tüm yüzeylerinin taranması ile elde edilen veriler ile yapılan YSA destekli sınıflama çalışması sonucunda 0.9921 gibi yüksek korelasyon değerleri ile sonuçlar elde edilmiş ve gerçekleştirilen YSA modelinin, bu mermer türünde renk seleksiyonu için başarı sağladığı sonucuna varılmıştır. Modeli test etmek için, seleksiyon sonucu bilinen gerçek veriler modele girdi olarak yüklenip model test edildiğinde de gerçek sonuçlara çok yakın sonuçlar elde edilerek modelin güvenilirliği kanıtlanmıştır.

11. Oluşturulan modelin güvenilirliği kanıtlandıktan sonra, önerilen yöntemler ile model yeniden kurulmuş ve rastgele veri alma yöntemi için 14, karelaj ile veri alma yöntemi için 15 kere model yeniden oluşturulup çalıştırılmıştır. Rasgele veri alma yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda tüm mermer yüzeyinin sadece %1'ine karşılık gelecek rastgele veri ile bile model sonucu korelasyon 0.736 olarak bulunmuştur. Bu değer %10 rastgele veri ile 0.8'i %50 rastgele veri ile 0.9'u geçmiştir. Sadece bu sonuçlara bakarak önerilen rastgele veri alma yönteminin Emperador numuneleri için kabul edilebilir korelasyon değerleri içinde bir renk seleksiyonu yapabileceği değerlendirmesi yapılmıştır.

12. Önerilen diğer bir veri alma yöntemi olan Karelaj yöntemi ile kurulan modeller sonucunda ise mermer numunelerine ait görsel üzerinden sadece iki hat geçirilmesi sonucunda elde edilen veriler ile oluşturulan YSA modelinde bile 0.765 korelasyon değerine ulaşılmıştır. Bu değerin, yüzeyden 20 adet hat geçirilmesi adımına kadar 0.7-0.8 aralığında değiştiği, ancak K-30 işleminde

0.909 değerine ulaştığı gözlenmiştir. Bunun sonucunda önerilen karelaj ile veri alma yöntemi ile sadece 30 hat geçirilerek Emperador numuneleri için kabul edilebilir korelasyon değerleri içinde bir renk seleksiyonu yapabileceği sonucuna varılmıştır. Yüzeyden 30 hat geçirilmesi ile veri toplama işlemi, oransal olarak toplam mermer yüzeyinin %40'ının veri olarak kullanılmasına karşılık gelmektedir.

13. Rastgele veri alma yöntemi ve karelaj yöntemi ile toplanan veriler ile yapılan YSA modelleri birlikte değerlendirildiklerinde en iyi korelasyon değerinin R-90 (0.987), R-80 (0.975), R-70 (0.959), ardından K-80 (0.954) ve neredeyse aynı korelasyon değeri ile K-90 (0.953) işlemlerinden elde edildikleri görülmektedir. Veri oranlarının yüksek olduğu bu işlem adımlarında yüksek korelasyon elde edilmesi beklenen bir sonuçtur.

14. Hemen bütün önerilen yöntemler için korelasyon değeri 0.7 ve üzerinde gerçekleşmiştir. Karelaj yönteminde karelaj sayısı arttıkça korelasyon değerinin arttığı gözlemlenmiştir ancak bazı değerlerde K-8 (0.799), K-10'dan (0,793), K-5 (0,787), K-15'den (0,777), K-4 (0,775) K-20'den (0,772) büyük korelasyon değeri ile sonuçlanmıştır. Bununla ilgili olarak, bu değerlerin birbirine çok yakın değerler olduğu ve Emperador gibi renk değişimlerinin çok ani ve fazla olduğu bir mermerde verinin hangi bölgeden alındığının çok önemli olduğu değerlendirmesi yapılmıştır.

15. Yine rastgele yönteminde de veri oranı arttıkça korelasyon değerinin arttığı gözlemlense de seriyi bozan birkaç örnek bulunmaktadır; R-5'in (0,833) R-10'dan (0,813), R-3'ün (0,802) R-4'den (0,793) büyük korelasyon değeri aldığı gözlenmiştir. Bu sonuçların, rastgele veri alma işleminin doğasına uygun olduğu değerlendirmesi yapılmıştır.

İşlem süreleri ile ilgili olarak;

16. Mermer örneklerinin tüm yüzeylerinin taranması ile elde edilen veriler ile yapılan veri toplama işleminin 1 dakika 29 saniye ile 1 dakika 56 saniye aralığında değiştiği, renk seleksiyonuna bağlı bir farklılığın olmadığı sonucuna varılmıştır.

17. Karelaj ile veri alma işleminde K-2 kodu ile verilen iş adımında işlem süresi sadece 2 saniye olarak bulunmuştur. Bu süre, K-5'de yaklaşık 5 saniye, K-10'da yaklaşık 9 saniye olarak ölçülmüştür. Karelaj sayısı arttıkça doğal olarak işlem süresi de artmış ve K-80 ve K-90'da işlem süresi 60 saniye civarına yükselmiştir.

18. R-1 olarak kodlanan ve tüm yüzeyin sadece %1'inin işlendiği işlem adımında veri toplama işlem adımı süresinin sadece 2 saniye olduğu görülmüştür. İşlem süresi, R-2'de 4 saniye, R-5'de 9 saniye, R-10'da 18 saniye olarak ölçülürken; bu değer R-60'da 1 dakika 53 saniye, R-80'de 2 dakika ve R-90'da 2 dakika 46 saniye olarak ölçülmüştür.

19. İşlem süresi rastgele veri toplama oranına bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak burada ilginç bir sonuç ortaya çıkmaktadır; Belirli bir rastgele veri oranından sonra, tarama için gereken sürenin, yüzeyin tamamının taranması için gereken süreden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum üzerinde yapılan değerlendirme sonucunda bunun, rastgele veri toplamanın doğasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır, şöyle ki; rastgele veri toplama algoritması mermer yüzeyinde piksel koordinatlarını tamamen rastgele olarak seçip veriyi alırken, daha önce verisi alınan piksele tekrar uğrama olasılığı ve riski bulunmaktadır. Bu riski ortadan kaldırmak için yazılan program kodu nedeniyle daha önce verisi alınan piksele tekrar gelen program, o pikseli bırakıp tekrar bir rastgele koordinat belirlemektedir. Rastgele oranının az olduğu işlemlerde bu durum sorun teşkil etmez iken R-60 ve üzerindeki uygulamalarda, rastgele gelinen bir koordinata yeniden gelinme olasılığı çok artmakta ve yazılım yeninden ve yeniden boş, verisi alınmamış piksel arayarak vakit kaybetmektedir. Bu nedenle R-90 işleminde işlem süresi 3 dakikanın üzerine çıkmaktadır.

Çalışmanın temel hedefi olan önerilen yöntemlerin işlem süreleri ve bu yöntemler ile oluşturulan YSA modellerinin korelasyon değerleri birlikte değerlendirildiğinde ise şu sonuçlara ulaşılmıştır;

20. R-60, R-70, R-80 ve R-90 olarak isimlendirilen yöntemlerde ölçülen süreler, tam yüzey taramasında ölçülen süreden daha fazla olduğu için bu yöntemlerin uygun olmayacakları sonucuna varılmıştır.

21. Önerilen R-1, R-2, R-3, R-4, R-5, R-10 ve K-2, K-3, K-4, K-5, K-8, K-10, K-15 ile K-20 yöntemleri de oldukça düşük sürelerde işlem yapmalarına rağmen korelasyon değerleri 0.8 civarında hesaplandıkları için önerilmemişlerdir. Korelasyon değerinin 0.8 olması literatürde değişkenler arası ilişkinin varlığına delil olarak ifade edilse de, bu çalışmada önerilen diğer yöntemler ile daha yüksek korelasyon değerlerine ulaşıldığı için, sayılan yöntemler de uygun bulunmamıştır.

22. Korelasyon değerleri 0.90 ve üzerinde bulunan K-30, K-40, K-50, K-60, K-70, K-80 ve K-90 yöntemleri ile R-50 değerleri üzerinde düşünüldüğünde, korelasyon ve işlem süreleri birlikte değerlendirildiklerinde K-40 yönteminin 0.929 korelasyon değeri ve 34 saniye süre ile öne çıktığı görülmektedir.

23. K-40 yöntemi, 103 saniye süren (tam tarama) veri toplama işlemini, 34 saniyede gerçekleştirerek bu süreyi 69 saniye kısaltmakta, %33'e düşürmekte, başka bir deyişle, %67 oranında süre tasarrufu sağlamaktadır.

24. Çalışmada 300x300 piksel boyutlarında görsel numuneleri kullanılmıştır. Mermer işleme tesislerindeki mermer ürünlerinin gerçek boyutları, çalışmadaki numune boyutlarından çok daha büyüktür. Önerilen yöntem, gerçek çalışma koşullarında uygulandığında çok daha büyük süreleri orantısal ölçekte kısaltacaktır. Böylece bu çalışma ile görüntü işleme ile renk seleksiyonu uygulamasının mermer işleme tesislerinde süre kısıtları içinde sürekli akan bir bant ile uyumlu çalışması konusunda önemli bir ilerleme sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Abadi, M., S., E., Banihashemi, N. (2015). Automatic Classification Of Travertine Stones Based On Sum And Difference Histograms Algorithm. 2015 9th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing (MVIP).

Akkoyun, Ö. (2010). An Evaluation of Image Processing Methods Applied To Marble Quality Classification, 2010 2nd International Conference on Computer Technology and Development (ICCTD 2010), Kahire, Mısır.

Aksoy, B. (2021). Python ile İmgeden Veriye Görüntü İşleme ve Uygulamaları, Nobel Yayınları, Ankara.

Alajarin, J.M, Delgado, J.D.L. ve Balibrea, L.M.T. (2005). "Automatic System for Quality-Based Classification of Marble Textures", IEEE Transactions on systems, man, and cyberneticspart c: applications and reviews, 35(4).

Araújo Mar a, Mart nez Javier, Ord ñez Celestino ve Vilán José Antonio, (2010). "Identification of granite varieties from colour spectrum data". Sensors 10 (9): 8572–8584.

Ardalı, E. (2008). Classification Of Marble Textures Using Neural Networks and Image Processing Methods, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-elektronik Müh. ABD, FBE, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Avcı, D. and Sert, E. (2021). An Effective Turkey Marble Classification System: Convolutional Neural Network with Genetic Algorithm -Wavelet Kernel - Extreme Learning Machine, *Traitement du Signal,* Vol. 38, No. 4, August, 2021, pp. 1229-1235.

Aybar, E. (2008). Sobel İşleci Kullanılarak Renkli Görüntülerde Kenar Bulma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,* Cilt 8, Sayı 1, 2008, 205 - 217

Bianconi, F., Bello, R., González, E., Fernández, A. and Saetta, S., A. (2012). Automatic

Bişkin, O.T. (2011). Determination Of Qualitative And Quantitative Properties Of Natural Stones Using Signal and Image Processing Techniques, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-elektronik Müh. ABD, FBE, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Büyüköztürk, Ş, Kılıç Ç, E., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2012). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. (11. Baskı) Pegem Akademi Yayınevi. Ankara.

Canayaz ve Uludağ, (2020). Marble Classıfıcatıon Usıng Deep Neural Networks, *European Journal of Technique,* Cilt 10, Sayı 1, 52 – 63.

Careddu, N., and Akkoyun, Ö. (2016). An investigation on the efficiency of water-jet technology for graffiti cleaning. *Journal of Cultural Heritage,* Volume 19, May–June 2016, Pages 426-434.

Careddu, N., and Akkoyun, Ö. (2016). An Investigation On The Efficiency Of Water-Jet Technology For Graffiti Cleaning, *Journal of Cultural Heritage,* 19 (2016) 426–434

Cayıroglu, (2021). http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/GoruntuIsleme /Goruntu_Isleme_Ders_Notlari-5.Hafta.pdf, (Erişim Tarihi:28.03.2021)

Ceryan, N., Okkan, U., and Kesimal, A. (2013). Prediction of unconfined compressive strength of carbonate rocks using artificial neural networks. Environ. *Earth Sci.* 68:907-819.

Çelik, M. Y. (2004). Muğla Beyaz mermerinin Tane Boyut Dağılımının Görüntü Analiz Yöntemi ile Ölçülmesi, *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 13-14 Mayıs 2004 İzmir.

Doğan, H. ve Akay, O. (2010). "Using AdaBoost classifiers in a hierarchical framework for classifying surface images of marble slabs*". Expert Systems with Applications*, 37 (12): 8814–8821.

Dönmez, S., ve Sarı Dursun Y. (2005). Sayısal Görüntü Analizi Tabanlı Bir Yüzey Parlaklık Ölçüm Sistemi, Pamukkale Üniversitesi, *Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi,* Sayı 3, Cilt 11, Sayfa 401-405.

Elmas, B. (2022). Classification varieties of marble and granite by convolutional neural networks with transfer learning method. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 37:2 (2022) 985-1001

Emanet, S., Karatas, B., ve Gözde, D.Ö. (2021). Öznitelik Seçme Yöntemlerinin Makine Öğrenmesi Tabanlı Saldırı Tespit Sistemi Performansına Etkileri. *DUJE (Dicle University Journal of Engineering)* 12:5 (2021) Sayfa 743-755.

Ershad, S.F. (2011). "Color Texture Classification Approach Based on Combination of Primitive Pattern Units and Statistical Features". *The International journal of Multimedia & Its Applications 3* (3): 1-13.

Gökay, M. K., ve Gündoğdu, İ. B. (2001). Mermer Renklerinin Sayısal Analiz Yoluyla Sınıflandırılması ve Mermer İşleme Tesislerindeki Kullanılabilirliği Classification Of Marble Colours By Digital Analyses And Its Usage At Marble Factories. no. 40, *Bilimsel Madencilik Dergisi.*

Gürkan, Ç., ve Palandöken, M. (2021). SMARfacTory-Net: Mermerin Sınıflandırılması için Bilgisayarlı Görü, QR Kod ve Android Tabanlı Teknolojilerle Desteklenen Sistem Tasarımının Geliştirilmesi, *Journal of Computer Science,* ISSN: 2548-1304, Volume: IDAP-2021, Issue: Special, pp: 347-358

http://www.atasoyweb.net/Otsu-Esik-Belirleme-Metodu "Otsu Eşik Belirleme Metodu" , (Erişim Tarihi: 28.03.2022)

Huang, S., Zhong, S., and Chen, K. (2016). "A novel method of stone surface texture image recognition". IEEE Signal and Image Processing (ICSIP), *IEEE International Conference on,* 146–150.

Huang, S., Zhong, S. and Chen, K. (2016). A Novel Method of Stone Surface Texture Image Recognition. *IEEE International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP).* 146-150.

İşçimen, B. (2016). Balık Türlerinin Sınıflandırılmasında Görüntü İşleme Ve Öznitelik Çıkarma Yöntemleri. Mustafa Kemal Üniversitesi, FBE, Enformatik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Kalkan, S. (2019). Adıyaman Yöresindeki Emprador Tipi Mermerlerin Oluşumu Ve Özellikleri Üzerinde Tektonit Oluşumların Etkisi., Dicle Üniversitesi FBE Yüksek Lisans Tezi.

Karaali, İ., and Eminağaoğlu, M. (2020). A convolutional neural network model for marble quality classification, *SN Applied Sciences* 2:1733.

Karaali, İ. (2021). A Deep Learning Model for Marble Quality Classifıcation, Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar Müh. ABD, FBE, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Karakoç, M. (2012). "Görüntü İşleme, Teknolojiler ve Uygulamaları" Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 50, Uşak, Türkiye, Şubat 2012.

Karakuzulu, A. (2018). Kan Hücrelerinin Görüntü İşleme Teknikleriyle Tespiti, Sayılması Ve Sınıflandırılması. Mersin Üniversitesi FBE Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Kazdal, S. (2013). Beyin Tümörlerinin İleri Görüntü İşleme Ve Örüntü Tanıma Teknikleri Kullanılarak Bilgisayar Destekli Tespiti. Marmara Üniversitesi FBE, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Bilgisayar-Kontrol Eğitimi Programı Yüksek Lisans Tezi

Kemaloğlu, N. (2017). Traverten Plakaların Damar Yapılarına Göre Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Sınıflandırılması ve Kalite Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar Müh. ABD, FBE, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Luis-Delgado José D., Martinez-Alajarin J., and Tomás-Balibrea Luis-Manuel (2003). "Classification of marble surfaces using wavelets". *Electronics Letters* 39 (9): 714–715.

Mart nez-Alajar n Juan, Luis-Delgado José D. and Tomás-Balibrea Luis-Manuel (2005). "Automatic system for quality-based classification of marble textures". IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, *Part C (Applications and Reviews)* 35 (4): 488–497.

Öğündür, G. (2019). Öznitelik Seçimi (Feature Selection) Teknikleri, https://medium.com/@gulcanogundur/%C3%B6znitelik-se%C3%A7imi-feature-selection-teknikleri-5cd8cbab7706 [En son erişim: 28.03.2022]

Ökten, M., Akosman, Ş.A., Mora, Ö.T., ve Kılıç, V. (2021). Derin Öğrenme Tabanlı Mermer Yüzeylerinin Otomatik Sınıflandırılması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* Özel Sayı 26, S. 73-77, Temmuz 2021

Önder, A.S. (2019). OpenGL İle Gerçek Zamanlı Doğal Taş Tasnifi Ve Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Elektronik ve Haberleşme Müh. ABD, FBE, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Pençe, İ., and Çeşmeli Şişeci, M. (2019). Deep Learning in Marble Slabs Classification, *Techno-Science-Scientific Journal of Mehmet Akif Ersoy University,* 2:1, 21-26.

Prieto, B., Sanmart n, P., Silva Brenda de M., and Verdú, F. M. M. (2008). "An effective method for characterizing colour by contact measurement in granitic rocks". *Óptica Pura y Aplicada* 41 (4): 389–396.

Rao, D. D. (2007). "A Survey on Image Enhancement Techniques: Classical Spatial Filter,Neural Network, Cellular Neural Network, and Fuzzy Filter", Industrial Technology, 2006. ICIT 2006. *IEEE International Conference on Industrial Technology,* 2821-2826.

Rashid, M.K. (2019). Feature Detection and Classification of Pistachio by Using Image Processing., Gaziantep Üniversitesi, FBE Makine Mühendisliği ABD Yüksek Lisans Tezi.

Saravanan, C. (2000). Color Image to Grayscale Image Conversion, *2010 Second International Conference on Computer Engineering and Applications*, 19-21 March 2010, pp196-199, Bali, Indonesia.

Selver M. Alper and Akay, O. (2009). "Evaluating clustering methods forclassification of marble slabs in an automated industrial marble inspection system". *IEEE Electrical and Electronics Engineering,* 2009. ELECO 2009. International Conference on, II–115.

Sousa João M. C., ve Pinto João R. Caldas (2004). "Comparison of Intelligent Classification Techniques Applied to Marble Classification". *Image Analysis and Recognition*, 802-9.

Şener, T. (2021). Mermercilikte Yerbilişim Uygulamaları: İnli (Afyonkarahisar) Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi FBE Yüksek Lisans Tezi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta

Temiz, M. (2018). Doğal Taş Karolarının Görüntü İşleme ve Makine Öğrenmesi Teknikleri İle Sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalı, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

Topalova, I., and Tzokev, A. (2010). Automated Texture Classification of Marble Shades with Real-time PLC Neural Network Implementation. In: Neural Networks (IJCNN), *The 2010 International Joint Conference*. 1 –8.

Toprak, Z. F., Savcı, M.E., and Avcı, C. B. (2004). Comparison of the Dispersion Model Results Using Contour Map Method., *6th International Congress on Advances In Civil Engineering*, 6-8, October 2004, Bogazici Univ. Istanbul, Turkey.

Torun, Y., Akbaş, M. R., Çelik, M. A., and Kaynar, O. (2019). Development a Machine Vision System For Marble Classification, *IEEE 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU),* 24-26 April 2019.

Turan, E. (2018). Yerel İkili Örüntü Tabanlı Uç Öğrenme Yaklaşımı Kullanan Akıllı Örüntü Tanıma Sistemi İle Mermer Sınıflandırma Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Mekatronik Müh. ABD, FBE, Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Turhal, Ü. Ç., Aydın, S., ve Dener, G. (2015). Mermer Plakalarında Görüntü İşleme Teknikleri ile Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 1, 2015.

Türkmen, M. (2017). Mermer Levhaların Sınıflandırılmasında Başarımın İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar Müh. ABD, FBE, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Türkoğlu, İ, (2002). Durağan Olmayan İşaretler İçin Zaman-Frekans Entropilerine Dayalı Akıllı Örüntü Tanıma, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Westland, S. and Cheung W. (2015). RGB Systems. In Book: Handbook of Visual Display Technology (pp.1-6)

Yaman, Ö. (2015). Mermer Fabrikalarında Ürün Kalite Kontrolünün Görüntü Analiz Yöntemi İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Maden Müh. ABD, FBE, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Yılmaz, M. (2016). Görüntü İşleme Teknikleri İle Zirai Tuzaklardaki Böcek Adedi Tespiti, Maltepe Üniversitesi FBE Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	Yaser FIRAT
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	-

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi Maden İşletme A.B.D	2022
Lisans	Dicle Üniversitesi Maden Mühendisliği	2015
Lise	Mecidiye Anadolu Lisesi	2008

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2015-2016	IHG İnşaat Ltd.	Maden Mühendisi Daimi Nezaretçi
2016-2018	USO Blok Bims Ltd.	Maden Mühendisi Daimi Nezaretçi
2018-2020	Özarslanlar İnş.Ltd.	Maden Mühendisi Daimi Nezaretçi
2020-2021	Avem İnşaat Mak.	Vardiya Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce C1
Farsça C1
Arapça B1
İtalyanca B1

Yayınlar

1. Ferhenga Zaravên Teknîkî (Teknik Terimler Sözlüğü)-2014

2.Surfer ile Jeolojik Modelleme(Bitirme Tezi)-2015

Özel İlgiler

Edebiyat Instagram blogger'ı (#kiyidakosedebiyat), satranç, ekonomik analiz, kitap okuma-analiz.
Yurtdışı gezileri yapma.(İtalya-İspanya-Fas-İran-Filistin-İsrail-Almanya)

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜTEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Yaser Fırat		
Öğrenci No	19807204		
Ana Bilim Dalı	Maden İşletme		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof.Dr. Özgür Akkoyun		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Görüntü İşleme Yöntemleri ve Mermer Üretimine Uygulanması		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	80		
Raporlama Tarihi	17.01.2023		
Benzerlik Oranı (%)	18		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 80 sayfalık kısmına ilişkin, 17/01/2023 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 18 olarak tespit edilmiştir.
Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
☐Kaynaklar hariç
☐Alıntılar hariç/dâhil
☒Diğer (Her şey dahil) :

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Yaser Fırat
Tarih:18.01.2023
İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Prof.Dr. Özgür Akkoyun Tarih:18.01.2023	İmza:
Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof.Dr. Mustafa Ayhan Tarih:18.01.2023	İmza: