



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇELİK KALIPLARDA GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE HASAR ANALİZİ

TOLGACAN BOLAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Uğur Kesen

EŞ-DANIŞMAN

Doç. Dr. Garip Genç

İSTANBUL, 2022



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇELİK KALIPLARDA GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE HASAR ANALİZİ

TOLGACAN BOLAT

(523518018)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Uğur Kesen

EŞ-DANIŞMAN

Doç. Dr. Garip Genç

İSTANBUL, 2022

İÇİNDEKİLER

.....	İİ
ÖZET	İİ
ABSTRACT	İV
KISALTMALAR.....	Vİ
ŞEKİL.....	Vİİ
1. GİRİŞ.....	1
1.1. LİTERATÜR TARAMASI	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
2.1. GÖRÜNTÜ NEDİR?.....	13
2.1.1. PİKSEL NEDİR?.....	14
2.1.2. ÇÖZÜNÜRLÜK.....	15
2.1.3. GÖRÜNTÜ İŞLEME NEDİR?	15
2.1.4. ANALOG GÖRÜNTÜ İŞLEME	16
2.1.5. ANALOG GÖRÜNTÜYÜ DİJİTALE DÖNÜŞTÜRME.....	16
2.1.6. ÖRNEKLEME.....	17
2.1.7. NİCEMLEME	17
2.1.8. GRİ GÖRÜNTÜ	18
2.1.9. RENKLİ GÖRÜNTÜ	19
2.1.10. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	21
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
4. SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR.....	38

ÖZET

ÇELİK KALIPLARDA GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE HASAR ANALİZİ

Üretim ve sanayi sektörünün temel yapıtaşı malzemelerinden biri olan çelik birçok farklı alanda etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Kalıp, otomotiv, inşaat, makine imalatı çelik kullanım alanlarına örnek gösterilebilir. Bu kadar yaygın olan çelik kullanımında, kullanılmadan önce kullanılacağı alana göre dikkat edilmesi gereken faktörler mevcuttur.

Günümüz sanayisinde maliyet, özellikle üretimde önemli bir yer tutmaktadır. Bu sebeple alınan çeliğin maliyetinin minimum verimliliğin maksimum olması önemlidir. Maliyetin önünde ise daha önemli bir faktör olan dayanıklılık yer almaktadır. Otomotiv, inşaat, kalıpcılık gibi ciddi malzeme dayanıklılığı gerektiren sektörler için önemli bir malzeme olan çelik, üretim sürecine dahil olmadan önce birtakım testlerden geçer. Çekme-Basma, Darbe gibi karakterizasyon testleri bu test örneklerinden bazılarıdır.

Testlerin başarı oranlarının yanı sıra maliyetleri ve bekleme süreleri üretim sürecini olumsuz etkilemektedir. Testlerden başarılı geçen bazı maddelerde ise görünmeyen veya fark edilmeyen ufak çatlakların zamana bağlı olarak çelikte deformasyona sebebiyet vermesi üretimin aksamasına ve yarım kalmasına neden olmaktadır. Özellikle kalıpcılık sektöründe çeliğin durumu üretilecek malzeme için hayati önem taşımaktadır. Çelik kalıbın Yapılacak olan testlerin verimini arttırmak, maliyetini düşürmek ve süreyi kısaltmak amacıyla görüntü işleme ile çelik kalıpların dayanıklılık analizi projesinin etkili olacağı düşünülmektedir.

Bu projede görüntü işleme yöntemi kullanılarak düşük maliyet ile, deformasyonun boyutunu analiz etmek, numerik veriler ışığında dayanım ve hasar analizi yapılacaktır. Bu durum sadece proje başlangıç aşamasında önem arz etmemektedir. Aynı zamanda bakım zamanları gelen çelik yapıların çatlak ve deformasyon oranlarını göstererek bakımın hangi boyutta yapılması gerektiği konusunda bilgi vermesi amaçlanmıştır.

Bu projede fotoğraf kalitesinin iyi olması önemlidir bu sebeple özel çekilmiş fotoğraflar kullanılacaktır. Kullanılan fotoğraflar Python, Matlab gibi yazılımlarda görüntü işleme kütüphanesi kullanılarak testler yapılacaktır. Belirlenen çatlakların boyutları kontrastların

düşürölmesi ile koyuluk alanları ortaya çıkartılarak alan hesabı yapılacaktır. Yapılan bu alan hesapları çatlağın derinliği hakkında bilgi verecek ve bu sayede bize hasarı numerik olarak ifade edebilecektir. elik kalıplar referans alınarak yapılan bu projede kullanılan yazılım geliştirilip birçok sektör alanında farklı alışmalarda da kullanımın kapısını aralanması amalanmıştır.



ABSTRACT

DAMAGE ANALYSIS IN STEEL MOLDS WITH USING IMAGE PROCESSING METHOD

Steel, which is one of the basic building block materials of the production and industrial sector, is used effectively in many different areas. Mold, automotive, construction, machinery manufacturing are examples of steel usage areas in these areas. In the use of steel that is so common, there are factors that should be considered before it is used, depending on the area to be used.

In today's industry, cost has an important place especially in production. For this reason, it is important that the cost of the steel purchased is maximum and the minimum productivity. In front of the cost is durability, which is a more important factor. Steel, which is an important material for industries requiring serious material durability such as automotive, construction, molding, goes through a number of tests before being included in the production process. Characterization theses such as Pull-Press and Impact are some of these test examples.

In addition to the success rates of the tests, costs and waiting times negatively affect the production process. In some materials that pass the tests successfully, small cracks that are not visible or noticed cause deformation in the steel due to time, causing production to be interrupted and halted. Especially in the molding sector, the condition of the steel is of vital importance for the material to be produced. It is thought that the strength analysis project of steel molds with image processing will be effective in order to increase the efficiency of the tests to be made, to reduce the cost and to shorten the time.

In this project, using image processing method, analyzing the size of the deformation at low cost, strength and damage analysis in the light of numerical data will be done. This situation is not only important in the initial phase of the project. At the same time, it is aimed to give information about the size of maintenance by showing the crack and deformation rates of steel structures whose maintenance times have arrived. In this project, it is important to have good photo quality, so specially taken photos will be used. The photos used will be tested by using image processing library in software such as

python and matlab. The size of the cracks determined will be reduced by reducing the contrast and the area calculation will be made by revealing the dark areas. These area calculations will give information about the depth of the crack and thus will be able to express the damage numerically to us. The software used in this project, which was made with reference to steel molds, was developed and it was aimed to open the door to use in different studies in many sectors.



KISALTMALAR

Matlab : Matrix Laboratory

CNN : Convolutional Neural Network

RCNN : Region Based Convolutional Neural Network

ML : Machine Learning

SDD : Software Design Description

SNR : Signal Noise Ratio

LSTM : Long Short Term Memory

RDT : Rapid Diagnostic Test

ŞEKİL

Şekil 1. Sober filtresi önerilen çalışmanın akış şeması	3
Şekil 2. Otsu metot uygulanmış çatlak analiz sonuçları	3
Şekil 3. Mod ve frekans kullanılan 3 fazlı görüntü işleme yöntemi akış şeması	5
Şekil 4. CNN tabanlı görüntü işleme yönteminin genel görünümü	6
Şekil 5. İşlem sonucunda ortaya çıkan hasar tespit görüntüleri	7
Şekil 6. Yansıyan dalga yöntemi ile hasar tespitinin örnek şablonu	7
Şekil 7. CNN kullanılarak elde edilen hasar görüntülerinin analizinin akış şeması.....	8
Şekil 8. Araç kutusu çalışma prensibi	9
Şekil 9. Matlab arayüzü	12
Şekil 10. Köşe tespit algoritması akış şeması.....	13
Şekil 11. Görüntü oluşumu.....	14
Şekil 12. Farklı piksel ölçülerinde aynı görüntünün görünümü	14
Şekil 13. Pikseller üzerinde yapılan işlemlerin gösterimi	15
Şekil 14. Analog sinyalin dijitale dönüştürülmesi.....	16
Şekil 15. Örnekleme ve Nicemleme işlemleri sonrası görüntü	17
Şekil 16. Örnekleme yapılan $f(x, y)$ sonrası oluşan analog görüntü.....	17
Şekil 17. Nicemleme işlemi.....	18
Şekil 18. Gri Görüntü	18
Şekil 19. 3 farklı bandın bir araya gelerek renkli görüntüyü oluşturması	19
Şekil 20. 3 bandın matris olarak görünümü.....	19
Şekil 21. RGB görüntünün yapay renklendirilmesi.....	20
Şekil 22. RGB doğal görüntü ve her bir bandın gri ton görüntüsü.....	20

Şekil 23. RGB doğal görüntüdeki bant birleşim yerlerinin değiştirilmesi sonucu oluşan görüntüler.....	21
Şekil 24. Dijital Görüntü Oluşumu.....	21
Şekil 25. Birinci test parçasının orijinal görüntüsü	22
Şekil 26. Kesilip alınan hasarlı aranın görüntüsü	22
Şekil 27. <i>Imresize</i> komutu kullanılan görüntünün görünümü	23
Şekil 28. <i>Imadjust</i> komutu sonrası örnek görüntüsü	23
Şekil 29. <i>Vislabel</i> fonksiyonu sonrası hasarlı bölge görünümü	24
Şekil 30. <i>Colormap</i> komutu ile renklendirilmiş örnek görüntüsü.....	24
Şekil 31. Belirli çalışma sonrasında hasar görmüş kalıp parçası.....	25
Şekil 32. Kalıp parçasının hasarlı olan bölgesi.....	26
Şekil 33. Resmin gri görüntüsü	26
Şekil 34. İncelenen görüntüdeki hasarların numaralandırılması	27
Şekil 35. Hasar alanının gösterimi.....	27
Şekil 36. Renklendirilmiş hasar alanı	28
Şekil 37. Üçüncü test parçasının orijinal görüntüsü	29
Şekil 38. Üçüncü test örneğinin hasarlı alan görüntüsü	29
Şekil 39. Üçüncü test görüntüsünün hasarlarının numaralandırılmış görüntüsü.....	30
Şekil 40. Üçüncü test örneğinin renklendirilmiş görüntüsü	30
Şekil 41. Dördüncü test örneğinde işaretlenmiş hasar görüntüsü.....	31
Şekil 42. Test edilecek işaretlenmiş alan görüntüsü.....	32
Şekil 43. Dördüncü test örneğinin hasarlı alan görüntüsü.....	32
Şekil 44. Hasar alanın hasarlarının numaralandırılmış görüntüsü.....	33
Şekil 45. Dördüncü test örneğinin hasar alanının renklendirilmiş görüntüsü	33
Şekil 46. Beşinci test parçasının görüntüsü	34

Şekil 47. Beşinci test örneğinin hasar alanlarının görünümü	35
Şekil 48. Beşinci test örneğinin hasarlı alanının numaralandırılmış görüntüsü	35
Şekil 49. Beşinci test örneğinin hasarlı bölgesinin renklendirilmiş görüntüsü	36



1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve artan çalışmaların ışığında, günümüzde ve iş dünyasında zaman kavramı daha da önem arz etmiştir. Zamanın son derece önemli olduğu ve hata payının azalmakta olduğu günümüzde görüntü işleme Metal, İnşaat gibi sektörlerde etkin rol üstlenmiştir.

Kalıpların darbeye maruz kalan kısımları çelik geri kalan kısımları maliyet düşünlerek metal kullanılarak yapılmaktadır. Kullanılacak çelik malzeme alındığında sağlamlığının kontrol edilmesi önemlidir. Aksi takdirde saha kullanımına uygun olmayan çeliğin meydana getirebileceği sorunlar üretim tarafını aksatıp, zaman kaybı yaşatabilir veya çalışanlara fiziksel bir hasar verebilir.

Bu tez çalışmasında görüntüsü alınmış çelik materyalin Matlab aracılığı ile görüntü işleme tekniği kullanılarak işlenmesi ve işlenme sonucunda görüntünün gri skalasının çıkarılması amaçlanmıştır. Çıkarılan gri skalada çatlak veya darbe sonucu oluşmuş alanlar beyaz görünecektir. Bu beyaz alanları matris formatına getiren Matlab ile çatlak alan oranının hesaplanıp darbe analizi yapılması amaçlanmıştır. Çıkarılan oranlar neticesinde iki farklı materyalden alınmış görüntü arasında çatlak oranları karşılaştırılabilecektir. Gri skaladan sonra çatlakların daha alan büyüklüğüne göre renk haritası çıkartılacaktır.

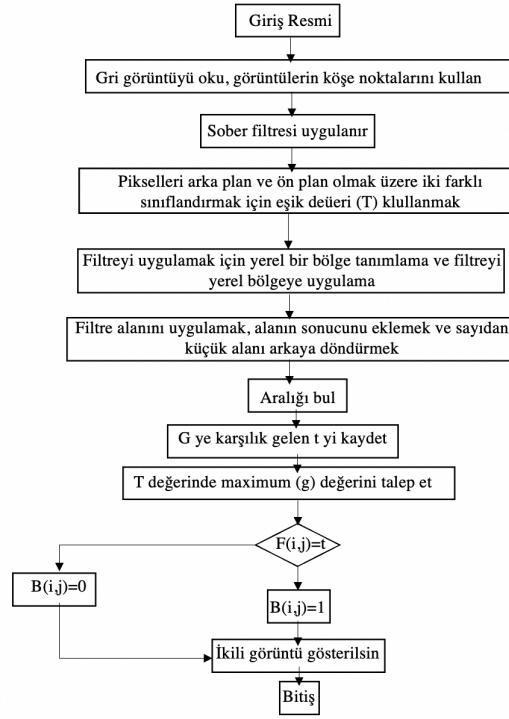
1.1. Literatür Taraması

Çelik, demir elementi ile genellikle %0,2 ila %2,1 oranlarında değişen karbon miktarının bileşiminden meydana gelen bir alaşımdır[1]. Birçok farklı alanda kullanılırlar ve içindeki karbon miktarlarına göre sınıflandırılırlar ve bu sınıflandırmaya göre çeşitlere ayrılırlar. Çeliğin mukavemeti ihtiva ettiği karbon miktarına göre değişmektedir. Çeliğin dayanımının belirlenmesi için genellikle tahribatlı deneyler ile gerçekleştirilir. Bu noktada özellikle belirtilmelidir ki bu testler standartlara göre hazırlanmış numuneler kullanılarak gerçekleştirilir. Çelik kullanılarak üretilen kalıp, kiriş gibi yapılar maruz kaldığı yüklemeler (yorulma, sürünme gibi) nedeniyle belli bir kullanım ömrü sonrası mukavemetlerini kaybederler. Ancak, zaman zaman bu yapılarda henüz kullanım ömrünü tamamlamadan önce hasar tespit edilmektedir. Beklenmeyen bu hasarlar çeşitli kazalara neden olabilmektedir. Proje başlangıcında birçok kaynak incelenmiştir. Yapılan

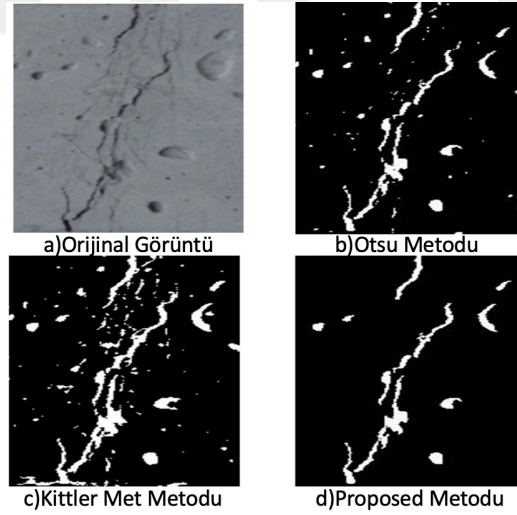
çalışmalar sonucunda akademisyenlerin ve bazı firmaların bu konuya benzer çalışmalar yaptıkları görülmüştür. Günümüzde kullanılan birden fazla hasar analizi metodu bulunmaktadır.

Abdeljaber v.d.'nin öne sürdüğü hasar tespit yöntemi ivme ölçer ağı ile yapının titreşim verilerini anlamlı endekslere çevirerek hasarın durumu, yerini ve ciddiyetini belirlemeyi amaçlamışlardır. Titreşim teknikli çalışmalar sinyal ve model tabanlı olarak iki farklı konuda sınıflandırılabilirler. Bu çalışmanın amacı, Evrişimli Sinir Ağları (CNN'ler) kullanarak makine öğrenimi tabanlı parametrik olmayan yöntemlerin belirtilen dezavantajlarını ve sınırlamalarını ele almaktır. CNN'ler son zamanlarda önemli bir performans boşluğu ile en son teknoloji performansları elde ettiklerini ve büyük görüntü arşivlerinde nesne tanıma gibi “Derin Öğrenme” görevleri için fiili standart haline geldiğini söylemişlerdir [2].

Mahgoub v.d. çalışmasında beton yapıların çatlaklarını görüntü işleme yöntemi ile tespit etmek için yeni bir yöntem öne sürmüşlerdir. 3 aşamalı olan bu yöntemin ilk aşamasında resimdeki gürültü kirliliğini sober filtresi kullanarak ayıklamak olduğunu belirtmişlerdir. Sober filtresi ile tüm pikseller ön ve arka plan olarak ayrılmıştır. Bölge alanı kullanarak alan oranı belirli sayıdan küçükse pikseli arkaya veya öne almıştır. Son aşamada da gürültüsünden ayıklanan görüntüler için Otsu yöntemi kullanılmış ve büyük çatlakların net ve doğru şekilde tespit edilmesi amaçlanmıştır. Kullanılan algoritmanın akış şeması şekil 1.'deki gibi gösterilmiştir [3].



Şekil 1. Sober filtresi önerilen çalışmanın akış şeması[3].



Şekil 2. Otsu metot uygulanmış çatlak analiz sonuçları[3].

Bu çalışma sonucunda görüntülerin resimden analizi için yeni bir yöntem sunmuşlardır. Sunulan bu yöntem ile sober ve alan filtresi gibi birden fazla filtre kullanılarak Otsu yöntemi ile çatlakları net bir şekilde tespit etmişlerdir. Diğer yöntemlerden farklı olduğunu bu yöntemin en büyük avantajının çatlakların net bir şekilde tespit etmek

olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışma sonucu şekil 2 'de görülmektedir. Çalışma görüntülerinden yorumlanacağı gibi elde edilen sonuçlar incelenen diğer yöntemlere göre daha açıktır [3].

Bir başka çalışma Xu v.d.'i tarafından yapılan çok tipli sismik hasar tanımlaması ve lokalizasyonu için CNN'lere göre daha hızlı sonuç alındığı sonucuna varılan daha hızlı bölge tabanlı evrişimsel sinir ağıdır (R-CNN). Bu sistem bir kameranın 90 derecede bir döndürme, dikey ve yatay işlemleri yaptırılarak basit bir Matlab programı ile bahsi geçen hasarların gerçek bölgeleri için interaktif bir etiketleme olanağı sunmuştur. Yapılan çalışmalarda %80 hassasiyetle çalıştığı sonucuna ulaşılmıştır [4].

Bao v.d. açık denizlerde titreşime dayalı hasar tespit yöntemleri önemli olduğundan herhangi bir el yapımı özellik çıkarımı gerekmeksizin belirli bir uyarı altında bir yapının ham gerinim tepkisi verilerinden hasara duyarlı özellikleri ortaya çıkartmak için tek boyutlu evrişimli sinir ağının kullanım olasılığını araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda CNN'nin hasar büyüklüğü ve küçüklüğü konusunda kusursuza yakın performansa sahip olduğunu elde etmişlerdir[5].

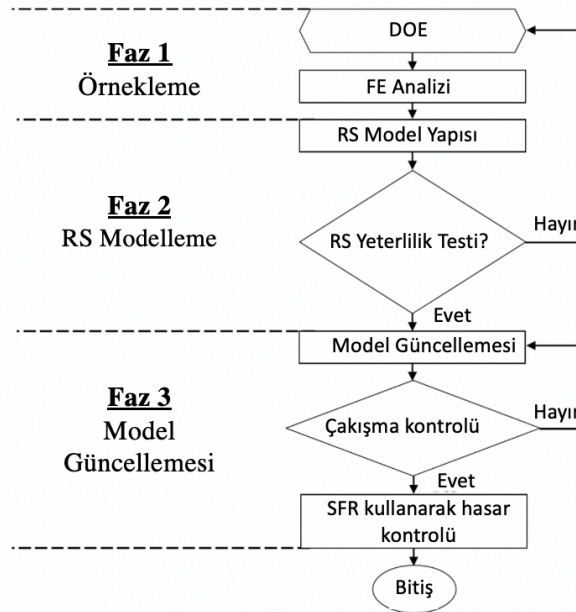
Avcı v.d. son zamanlarda gelişmekte olan makine öğrenmesi ve derin öğrenme olarak bilinen yöntemler ile standart hasar tespit analizlerinin gelişimine katkı sağlanmasını amaçlamışlardır. Bu çalışmada mevcutta kullanılan sistemlerin uzun zaman alması ve maliyetlerinin fazla olması sorununun üzerine gidilmiştir. Geleneksel makine öğrenimi algoritmaları, sabit sayıda özellik açısından veri temsili gerektirir. Bu nedenle, en karakteristik bilgiyi temsil eden belirli öznelikleri çıkarmak için verileri basitçe ön işleme tabi tutan bir "özellik çıkarma" adımına ihtiyaç vardır. Parametrik ve parametrik olmayan ML tabanlı SDD sistemlerinin büyük bir kısmı iki ortak görevi yerine getirir: özellik çıkarma ve eğitim. Daha sonra, sınıflandırma yaparak yapısal hasarın varlığını ve yerini belirlemek için eğitilmiş ML sistemi kullanılmış ve başarılı olmuştur[6].

Hu v.d.'nin yaptıkları çalışmada hasar derinliğine duyarlı, aktif emisyonu dayalı hasar tespiti için yeni bir deneysel prosedür geliştirmişlerdir. Düşük frekanslı sinyal direkt dalga ve yüksek frekanslı sinyal maksimum bileşenin genlikleri analiz edilerek iki yeni hasar indeksi önerilmiştir. Bir çelik levhanın hasar derinlikleri ile hasar indeksleri arasındaki ilişkiler, farklı sinyal-gürültü oranları (SNR) dikkate alınarak sayısal simülasyon yoluyla inceleme yapmışlardır. Hasar indekslerinin hasar derinliğine bağlı olduğunu tespit

etmişlerdir. Bunun yanı sıra indekslerin stabilizesini varyasyon katsayısı ile ayrıca test edip kullanılabilirliği teyit etmişlerdir [7].

Bao v.d. tarafından yapılmış olan bu çalışma konvansiyonel sinir ağı, uzun kısa zamanlı hafıza yöntemi ve CNN-LSTM yönteminin açık deniz tesislerindeki hasar analiz ve yer bulma konusundaki testi laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu makalede ayrıca hasar algılama kapasitesini geliştirmek için derin öğrenme ile önerilen rastgele hasar analiz (RDT) kullanmışlardır. Rastgele hasar analiz yöntemi derin öğrenmede ön veri işleme için fayda sağladığını belirtmişlerdir. Önerilen bu kombinasyon yöntemi ile yapılan çalışmalar sonucunda ortam gürültülü olsa bile yapısal hasar tespitinde üstün bir performansa sahip olduğunu ve ayrıca endüstriyel proses güvenliği ve operasyonel risk yönetiminde büyük potansiyelli uygulamaya sahip olduğu sonucuna varmışlardır [8].

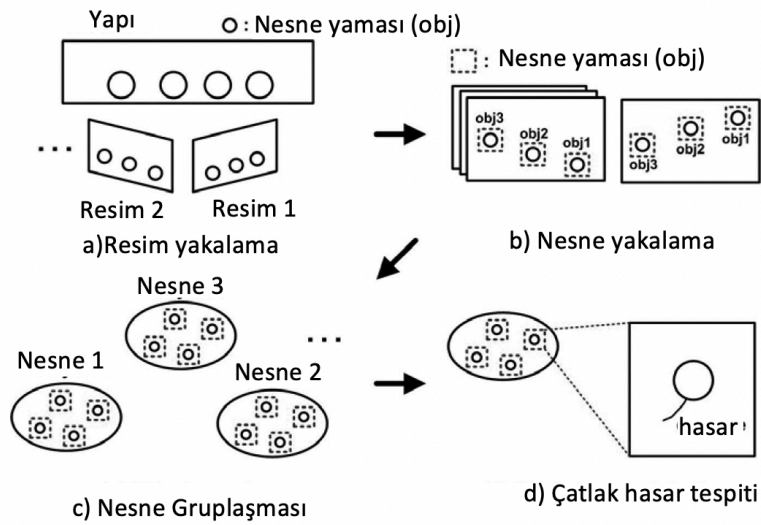
Sarehati Umar, Norhisham Bakhary, A.R.Z. Abidin (2017) frekans ve mod kullanarak hasar tespiti elde etme metodolojileri üzerine çalışma yapmışlardır. Tepki yüzey (RSM) tabanlı hasar tespit yöntemlerinin çoğu frekans tabanlıdır ve uygulamalarını küçük yapılar ve simetrik hasarla sınırlandırılmıştır. Bu nedenle bu çalışma hem doğal frekansları hem de mod şekillerini kullanan yeni bir RSM yöntemi önermiştir. 3 fazdan oluşan bu yöntem şekil 3'teki gibidir [9].



Şekil 3. Mod ve frekans kullanılan 3 fazlı görüntü işleme yöntemi akış şeması [9].

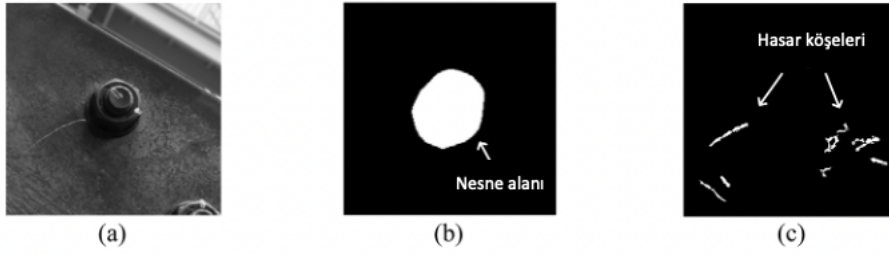
Yeun v.d. metal köprülerdeki çeliklerin görsel muayenesinin zor yapılması ve bu durumun onu inceleyen kişinin bilgisine bağımlı kalınmasından yola çıkarak bu durumu görüntü işleme yöntemi kullanarak otomatikleştirmeyi önermişlerdir. Bu görüntü işleme yöntemi köprülerde bulunan cıvataların yanındaki çatlakları analiz edip, ön işleme gerek duymadan onları yorumlamak için önerilmiştir. Bir başka çalışmada 2001 yılında ABD Federal Karayolları İdaresi'nin Tahribatsız Değerlendirme Doğrulama Merkezi (NDEVC) tarafından yürütülen çalışma, her 2 yılda bir düzenli olarak planlanan denetimlerin rutin ve derinlemesine görsel denetimlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini araştırmıştır. Bu çalışma birden fazla gözlemci için kullanıldığında sonuçların tutarsız olduğu gözlemlenmiştir[10].

Bu durumla ilgili olarak birçok çalışma önerilmiştir. Önerilen çalışmalar köprüyü gören kameralardan görüntü alıp bu görüntüler üzerinden hasarı tespit etmek üzerine dayalıdır fakat bu çalışmada önerilen görüntü havuzundan hasar meydana gelebilecek olası noktaların incelenmesiyle başlamasıdır. Şekil 4 'te bu çalışmanın aşamaları görülmektedir.



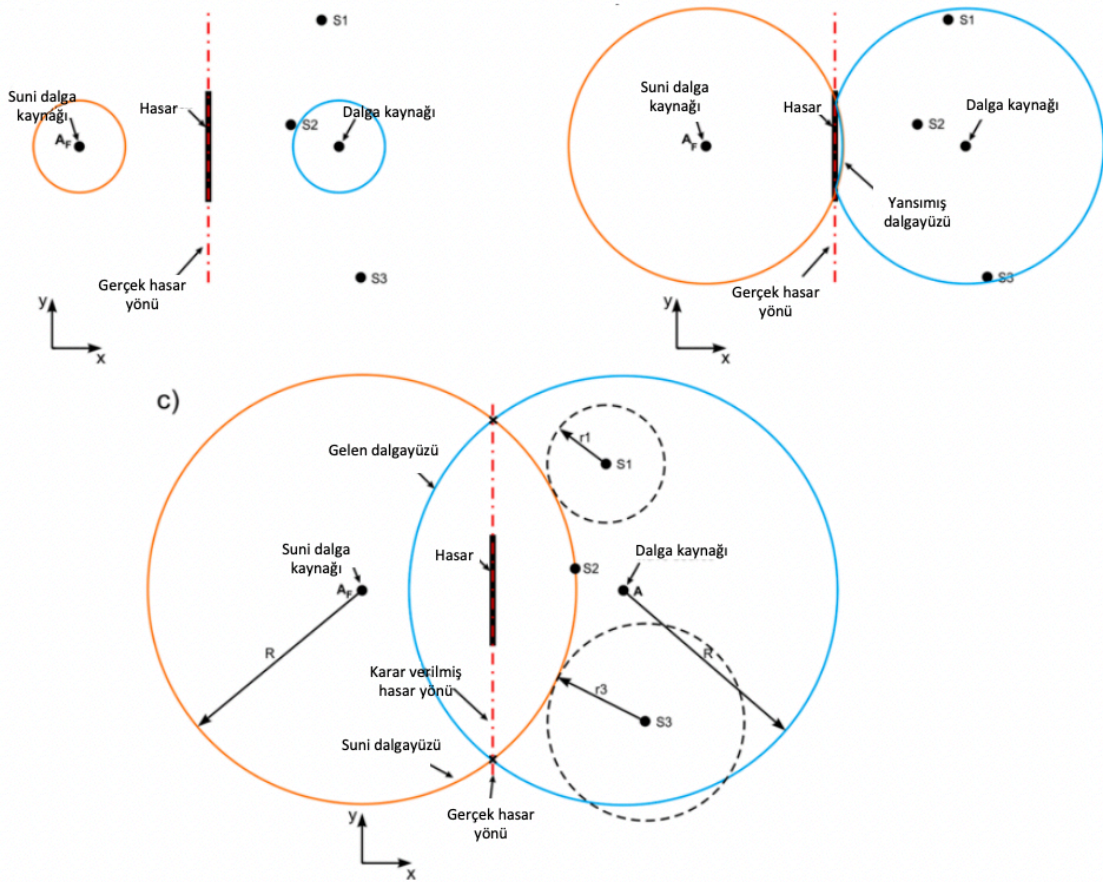
Şekil 4. CNN tabanlı görüntü işleme yönteminin genel görünümü[10].

Görüldüğü gibi şekil 4'te farklı açılarda görüntüler toplanmıştır. Bunun üzerine toplanılan görüntülerin çatlama elverişli olan kısımları nesneleştirilmiştir. Nesneleştirilen resimlerde aynı objeler gruplandırılır ve gruplandırılan nesneler üzerinde hasar analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilmiş hasar analiz sonucu görüntüler şekil 5'te gösterilmiştir.



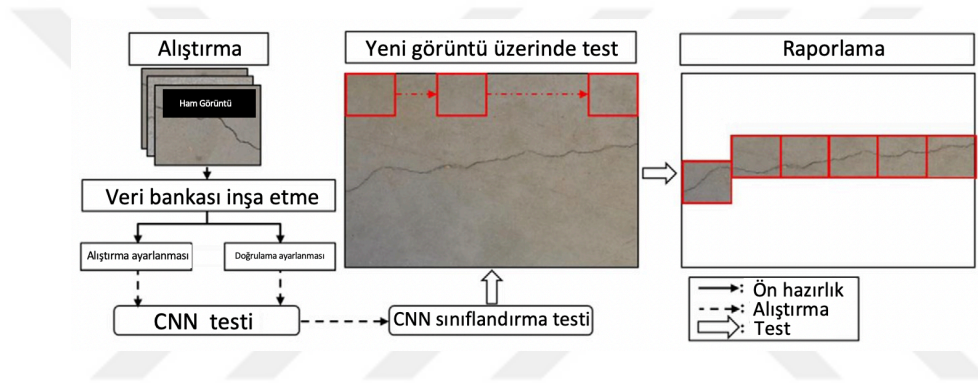
Şekil 5. İşlem sonucunda ortaya çıkan hasar tespit görüntüleri[10].

Zima,B. (2011) elastik dalga yayılımı kullanılarak yapılan ve fazlaca piezo elektrik dönüştürücü kullanarak maliyeti arttırıp küçük çatlaklarda düzgün çalışabilen yönteme karşı yansıyan dalga cephesinin yeniden oluşması ile hasar tespiti isimli çalışmayı yapmıştır. Şekil 6 'da ki gibi kurulan sistemde iki farklı dalga kaynağı tarafından gönderilen dalgalarda meydana gelecek kırınımlar hesaplanarak hasarın olduğu düzlem belirlenmiş ve hasar tespiti yapılmıştır[11].



Şekil 6. Yansıyan dalga yöntemi ile hasar tespitinin örnek şablonu[11].

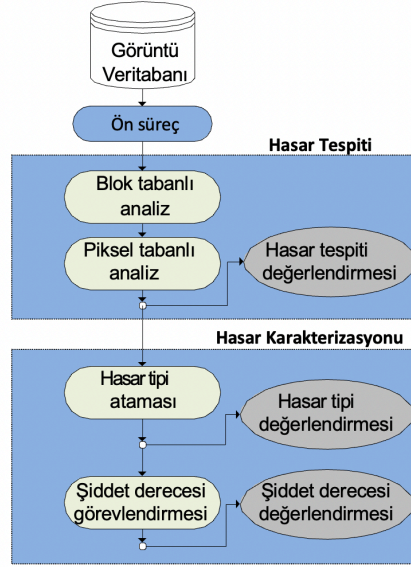
Jin Cha v.d. tarafından önerilen yöntem sivil alt yapılar için yapılan bir başka çalışmada ise görüntü analizlerinin kamera görüntülerinde değişen gölgeler ve aydınlatmalar kısacası dünya durumlarından kaynaklı görüntü işleme tekniklerinin yanıltıcı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu sorun için yeni bir yöntem önermişlerdir. Önerdikleri bu yöntemin evrimsel sinir ağı taşıyan vizyon tabanlı görüntü işleme tekniği olduğunu belirtmişlerdir. CNN'lere 256 pikselden 40K piksele kadar görüntüler öğretilmiştir. Eğitim için 320 ham görüntü kullanmışlardır. Şekil 7 'de görüldüğü gibi hasarlı olan bölgenin görüntüsü CNN tarafından taranmıştır. Taranan görüntüde hasarlı bölgeler rapor edilmiştir. Geri kalan kısımlar rapor edilmemiştir. Bu durumda hasarlı alan net bir şekilde görülmektedir[12].



Şekil 7. CNN kullanılarak elde edilen hasar görüntülerinin analizinin akış şeması[12].

Oliveira, H. ve Correia, P.L. tarafından yapılan çalışmada Matlab kullanılarak yollarda bulunan çatlak bozulmaları ve bu çatlakların karakterlerini analiz edip değerlendirilmiştir. 84 üst yapı yüzey görüntüsü kullanılarak bir veri tabanı hazırlanmıştır. Bu veri tabanı çalışma sonucunda ortaya çıkan sonuçları karşılaştırmak için kullanılmıştır. Mevcutta var olan son teknolojilerin yanı sıra bu çalışma CrackIT adı verilen bir araç kutusu önermiştir [13].

Araç kutusunun çalışma prensibi şekil 8. 'de gösterilen sıralamayı izlemektedir. Ön işleme yapıldıktan sonra, model sınıflandırma ve piksel yoğunluğu normalleştirilmiştir. Bu aşamalar çatlak tespiti hesaplamasından önce kullanılmıştır. Hesaplanan çatlağın karakterizasyon bölümü ise çatlağın boyu, eni ve yapısına göre tipinin belirlenmesi ve bu tiplere sonrasında şiddet seviyesini elde etmişlerdir.



Şekil 8. Araç kutusu çalışma prensibi[14].

Teknolojinin gelişmesi ile test imkanları artmıştır. Yapay zekanın hız kazanması ve işlemlerin kolayca indirgenmesi ise birçok yeniliği ortaya çıkarmıştır. Bunlardan birisi de dijital görüntü işlemedir. Görüntü işleme bu tez projesinde çok fazla bölüme kullanılacaktır. Görüntü işlemenin geniş bir kullanım alanı vardır ancak çatlak ve benzeri çözünürlüğü yüksek resimlerde işlem süresi biraz uzun süreceğinden çok büyük pikseller için kullanımı çok tercih edilmemelidir. Fakat bu tez çalışmasında büyük pikseli içerikli bir fotoğrafın analizini kolay ve rahat yapması için yazılmış bir kod dizini mevcut olduğundan bu sorunu da aşacağı beklenmektedir.

Bu tez çalışmasına benzer bir proje Tümay Makine tarafından kullanılmaktadır. Tümay Makine çelik borular üretmekte ve bu boruları test etmektedir. Firma genellikle hidro test projesini kullanmaktadır. Tümay Makinenin bu projenin benzerini kullanmasındaki amaç çeliğe kaynak yapılmadan veya üretim esansında oluşabilecek olan hataları tespit etmek istemesidir. Bu işlem için boruyu x-ray cihazında görüntüledikten sonra görüntü sisteme aktarılıp hata tespit edilir. Bu durum operatöre ihtiyaç duyulmadan otonom bir şekilde hatanın bulunmasını sağlamıştır.

Bu tez projesinde ise yapılan bu çalışma kullanım öncesi çeliklerdeki çatlakları tespit etmek ve hasarın önün geçmektir. Bunun yanı sıra maliyet düşürüp, bakım sürelerinin minimuma indirgesidir. Projede x-ray cihazı yerine yüksek çözünürlüklü fotoğraflar kullanılacaktır. Kullanılan program Tümay Makinenin projesinde Matlab 'tir ve sonra C yazılım diline çevrilmiştir. Yazılım diline çevrilmesindeki amaç hexadesimal sayılar

kullanıldığından algılamanın daha rahat olmasından kaynaklıdır [15,16].

Özgenel tarafından sunulan çalışmada inşaat sektöründe kullanılan çelik alaşımlı beton kirişler üzerinde görüntü işleme yöntemi ile çatlak ve kusurlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Çelik ile başlayan bu tez çalışması ilerleyen zamanda geniş bir yelpazede ele alınabilecektir [17].

Günümüzde gelişmekte olan görüntü işleme ile yapılacak olan ‘Çelik Kalıplarda Görüntü İşleme Yöntemi ile Hasar Analizi’ projesi bu kapsamda yenilikçi ve alternatif çözümler üretmeye yönelik olacaktır. Kesme kalıplarının çalışma esnasında olası hasarlarının önceden tespiti ve kaza gerçekleşmeden önce yapılacak bakım onarım çalışmaları hem çalışanların olumsuz etkilenmelerini engelleyecek hem de olumsuz maliyetleri yok edecektir.

Günümüzde hatalı çelik kullanımı, inşaat sektöründe can kaybına sebebiyet verebilecek iken seri üretimde ise arızalanan makineler, kalıplar veya uzun süreli duruşları işaret etmektedir. Öncelikli olarak doğru çelik seçimi ve çeliğin hasarının oranını tespit edebilmek bu projenin temel amacıdır. Bunun yanı sıra doğru çeliği seçmek kalıbın yapısını ve sonucunda elde edilecek malzemeyi de etkilemektedir. Kalıp çeliğinin dayanıklılığı, hassasiyeti ve kırılmaması çıkarılacak ürün için önem arz etmektedir. Bunların yanı sıra maliyetin azalması beklenmektedir.

Literatür taraması sonucunda hasar analizi birden fazla yöntemle uygulanmıştır. Bu projeden elde edilmesi hedeflenen sonuçların literatüre katkı yapacağı değerlendirilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında dijital görüntünün işleme yöntemi ile hasar analizi yapılacaktır. Materyal olarak çalışma ortamından alınmış hasar görüntüleri yanı sıra Matlab kullanılmıştır. Bu çalışma iki aşamalı olarak yapılmıştır. İlk aşamada fotoğrafların dik bir açıdan düzgün bir şekilde çekilmesi, ikinci adım ise çekilen fotoğraflardan istenilen sonucu elde etmek için elde edilen fotoğrafların Matlab kullanılarak görüntü işleme ile matris formuna döndürerek matrislerin içinde kalan çatlak bölgelerin alanlarının hesaplanmasıdır.

- 1) Resimlerin kaliteli çekilmesi.

Resimlerin kaliteli bir makine veya cihaz tarafından çekilmesi gerekmektedir. Piksellerin matris formları için gerekli işlemdir.

- 2) Çekilen resimlerin piksel durumlarının işleme sırasında bozulma oranını kontrol edilmelidir.

Profesyonel makine ile çekilen fotoğraflar 6016x4000 piksel olarak alınır. Alınan bu fotoğrafların pikselliği çok yüksek olduğu için görüntü işleme sırasında işlemciyi zorlaması düşünülmektedir. Bu sebepten pikselin uygun duruma indirilmesi gerekmektedir.

- 3) Görüntülerin Matlab kullanılarak işlenmesi.

Çekilen görüntülerin alanlarının numerik verilerini elde edebilmek için görüntünün RGB 'ye çevrilmesi.

- 4) Çatlakların net görülebilmesi için renklendirilmesi.

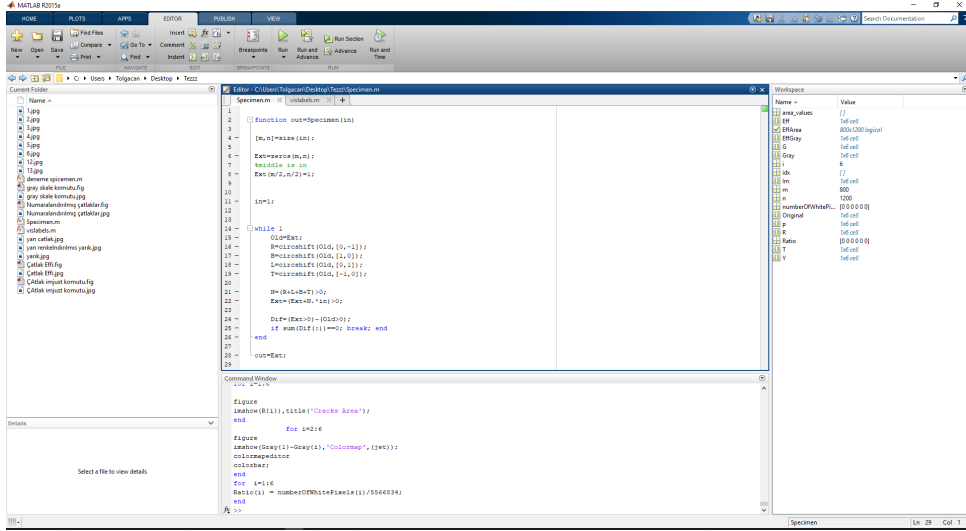
Resmi RGB 'ye dönüştürme esnasında belirlenen çatlakların netlik kazanması için CMYK renkleri ile derinliğe göre renklendirilmesi. Bu konuda çatlak olmayan alanlar mavi görülürken çatlak olan alan derinliğe bağlı olarak rengi kırmızıya dönecektir.

- 5) Çatlakların alan hesaplanması.

Matlab kullanılarak pikselleştirilen fotoğraflar üzerinde çatlaklar tespit edildikten sonra piksel alanları hesaplanarak çatlağın alanına ulaşılması hedeflenmiştir.

2.1. Matlab Nedir?

MATLAB, dünyamızı dönüştüren sistemleri ve ürünleri analiz etmek ve tasarlamak için mühendisler ve bilim adamları için özel olarak tasarlanmış bir programlama platformudur. Dil olarak kendine özgü bir dil kullanır. Genel tanımının yanı sıra birçok simülasyonun, devrelerin test edilip geri bildirim alınabilecek bir mühendislik uygulamasıdır. Temel mantığı görüntüler, simülasyonlar, güç devreleri vb. işlemleri matematiksel veriler eşliğinde işlemesi olarak adlandırılabilir [18].



Şekil 9. Matlab arayüzü

Qu vd. yapmış olduğu çalışmaya göre birden fazla yazarın çeşitli algoritmalar öne sürdüğünü belirtmiştir. Örnek olarak, Lee vd. tahribata gerek kalmayan bir algoritma, 2010 yılında ise Yamaguchi ve Hashimoto'nun süzülme modelini baz alarak bir çatlak algoritması, 2016 yılında ise Qu vd. sızma modelini dayalı bir algoritma önerdiklerini belirtmiştir[19]. Bu metotların yanı sıra köşe tespit etme algoritması da mevcutta kullanılan algoritmalar arasındadır.

Bu çalışmada köşe tespit algoritması matlab aracılığı ile kullanılmıştır. Görüntü alanındaki süreksizlikleri tespit etmek ve karakterize etmek için kullanılan algoritmada "f" görüntüsünün bir Gauss çekirdeği $g(:,t)$ tarafından evrişimini, ardından Laplace yanıtında sıfır geçişlerin saptanmasını içermektedir. Ancak bu tür kenar eğrilerinin yanlış sonuçları ortaya çıkabilir [20].

$$V^2(g(:,t)*f(.)) = 0$$

Daha net bir yaklaşım, maksimum olmayan bastırma kavramıdır. Burada kavramlar gradyan büyüklüğü ve yönünü yerel bir maksimum kabul ettiği noktalarıdır.

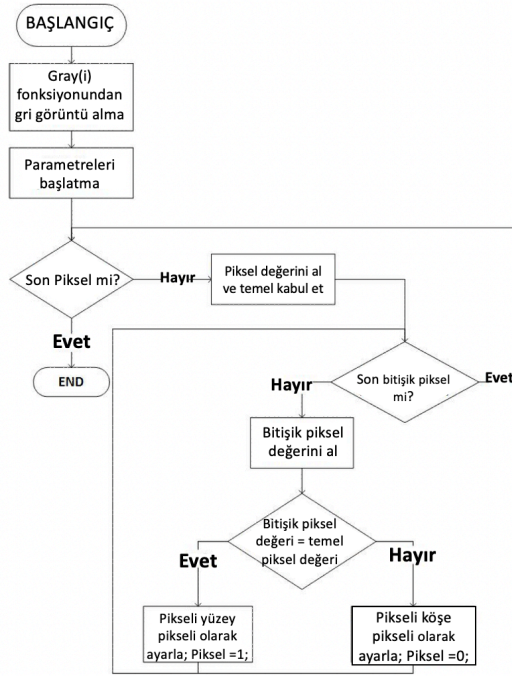
$$L_x^2 L_{xx} + 2 L_x L_y L_{xy} + L_y^2 L_{yy} = 0,$$

$$L_x^3 L_{xxx} + 3 L_x^2 L_y L_{xxy} + 3 L_x L_y^2 L_{xyy} + L_y^3 L_{yyy} < 0.$$

En basit tanımlamayla Gauss düzgünleştirilmiş adım kenarı aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$F(x) = \frac{I_r - I_l}{2} \left(\operatorname{erf} \left(\frac{x}{\sqrt{2}\sigma} \right) + 1 \right) + I_l$$

Matlab'te kullanılan köşe tespit çalışmasının algoritması Diaz vd. pas algılama için kullandıkları algoritma ile aynıdır[21].

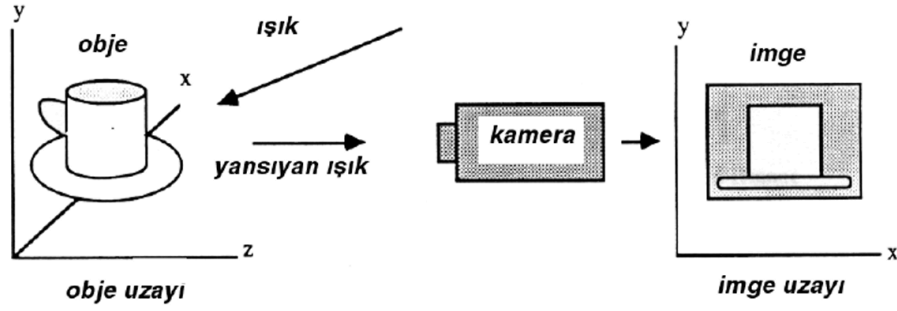


Şekil 10. Köşe tespit algoritması akış şeması[21].

Şekil 10'dan anlaşılacağı gibi gri görüntü fonksiyonundan orijinal görüntünün gri durumu alındıktan sonra pikseller içindeki değerler son piksele kadar kontrol edilir. Edilen pikseller değerlerine göre yüzey veya köşe olarak adlandırılır. Devamlı pikseller bittiğinde algoritma sonlanır ve hasarların tespit edilmesi sağlanır.

2.1. Görüntü nedir?

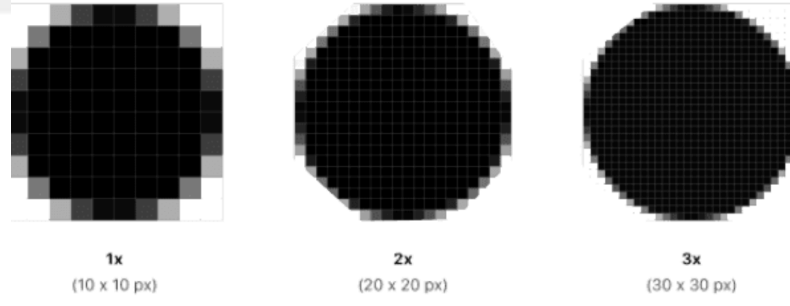
Görüntü temelinde imge vardır. İmge ise $f(x, y)$ fonksiyonu olup iki boyutludur. X ve y ise uzaysal koordinatlardır. Bir başka tanımla bu fonksiyon imgenin x, y deki gri seviyesi olarak tanımlanabilir. X ve y değerleri negatif değer almayacağı gibi fonksiyon kesikli ve sonlu ise görüntü meydana gelir [22].



Şekil 11. Görüntü oluşumu[22].

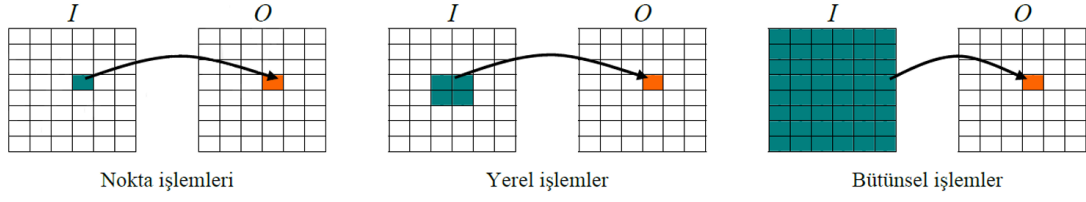
2.1.1. Piksel Nedir?

Bir görüntünün en küçük parçası olan üçlü nokta grubuna piksel denir. Dijital olan bir görüntünün iki boyutlu sayısal her karesine piksel denir. Pikseller bir araya gelerek resimleri oluşturur. Görüntüyü oluşturan pikseller üzerinden görüntü işleme yapılır. Bu işlemler nokta, yerel ve bütünsel işlemler olmak üzere üç ayrı bölümde toplanılabilir [23].



Şekil 12. Farklı piksel ölçülerinde aynı görüntünün görünümü[23].

- Nokta İşlemler: Çıktı görüntüsünün oluşması için girdi görüntüsünün bir pikseli üzerinde yapılan işlemlerdir.
- Yerel (Lokal) İşlemler: Bu işlemde görüntülerdeki gürültülerin yok edilmesi, kenarların belirlenmesi gibi işlemler için kullanılır. Birden fazla girdi pikselinin topluluğu çıktı girdisinden tek pikseli etkiler.
- Bütünsel İşlemler: Bütünsel işlemlerde girdi görüntüsünün bütün pikselleri üzerinden yapılan işlemler çıktı girdisinin tek pikselini etkilemektedir [23].



Şekil 13. Pikseller üzerinde yapılan işlemlerin gösterimi[23].

2.1.2. Çözünürlük

Bir görüntü veya imge içerisindeki piksellerin toplam miktarı çözünürlük değerini verir. Çözünürlük günümüzde teknolojik cihazların kalitelerini belirlemek için bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Çözünürlük görüntü piksel sayısının birim fiziksel boyutuna bölünmesi ile hesaplanır [24].

2.1.3. Görüntü işleme nedir?

Görüntü işleme, gelişmiş bir görüntü elde etmek veya ondan bazı yararlı bilgiler çıkarmak için bir görüntü üzerinde bazı işlemleri gerçekleştirme yöntemidir. Girdinin görüntü olduğu çıktının ise görüntü veya giren görüntüye ait bilgiler içerdiği sinyal işlemenin bir çeşididir. Günümüzde artan teknolojik çalışmalar eşliğinde görüntü işleme alanındaki çalışmalar günden güne artış göstermektedir. Mühendislik ve bilgisayar sistemlerinin temel disiplinini oluşturma yolunda ilerlemektedir.

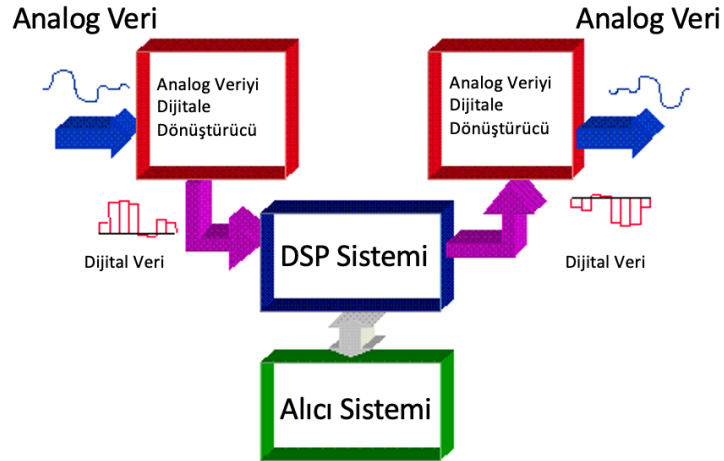
Görüntü işleme tekniği aşağıda bulunan 3 temel mantıkta ele alınabilir.

- Görüntü elde etme araçları aracılığıyla görüntünün içe aktarılması;
- Görüntüyü analiz etme ve manipüle etme;
- Görüntü analizine dayalı olarak sonucun değiştirilebileceği görüntü veya rapor çıktısı.

Görüntü işleme için kullanılan analog ve dijital görüntü işleme olmak üzere iki tür yöntem vardır. Çıktı ve fotoğraf gibi basılı kopyalar için analog görüntü işleme kullanılabilir. Dijital bir diğer adıyla sayısal görüntü işleme ise bilgisayar algoritmaları aracılığı ile görüntü işlenmesidir [23].

2.1.4. Analog Görüntü İşleme

Analog görüntü işleme sadece analog sinyaller üzerinde yapılmakta olan görüntü işleme yöntemidir. Analog olduğu için 2 boyutlu sinyaller üzerinden yapılmaktadır. Görüntülere elektrik sinyalleri ile müdahale edilebilir ve periyodik veya periyodik olmayanlar olarak ayrılabilir. Televizyon görüntüleri, fotoğraflar ve medikal görüntüler örnek olarak gösterilebilir. Televizyona görüntünün gelmesi elektriksel olarak yapılmaktadır. Analog görüntü işlemenin sayısal görüntü işlemeye göre birden çok dezavantajı bulunmaktadır. Görüntüdeki bozulmalar ve dış etkilere karşı korumasız durumdadır. Bu durumlar dijital görüntü işlemede giderilebilir durumlardır. Aynı zamanda analog sinyaller dijital sinyallere de dönüştürülebilir. Bu dönüşüm sistemi şekil 14.'te gösterilmiştir [23].

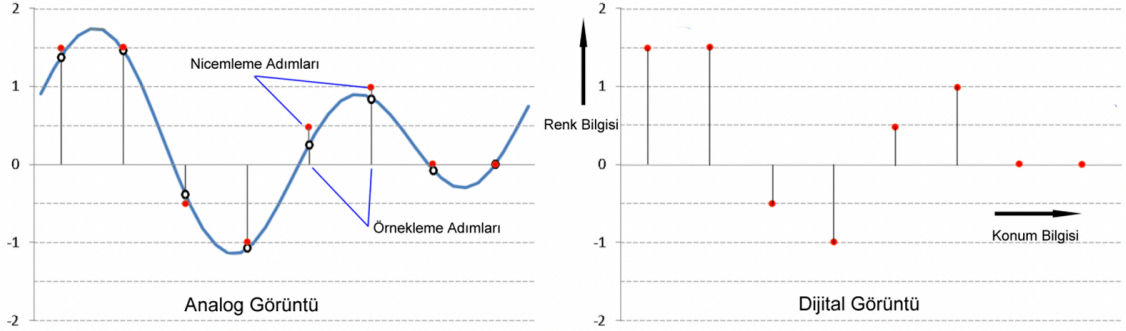


Şekil 14. Analog sinyalin dijitale dönüştürülmesi[25].

2.1.5. Analog Görüntüyü Dijitale Dönüştürme

Analog bir görüntüyü bilgisayar aracılığıyla işlemek için görüntünün sayısallaştırılması gerekmektedir. Sayısallaştırma işlemi için görüntünün piksellerinin konumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Konumlandırma yapan işleme örnekleme denir. Örnekleme işleminden sonra piksellerin renk genliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Renk genliğini belirlemek için kullanılan işlem nicemleme olarak tanımlanır. Daha basit bir deyimle $f(x, y)$ fonksiyonundan meydana gelen koordinatların sayısallaştırılması örnekleme, genlik değerlerinin sayısal değere sahip olması nicemleme olarak adlandırılmıştır. Şekil 15 'te grafiksel olarak görüntü

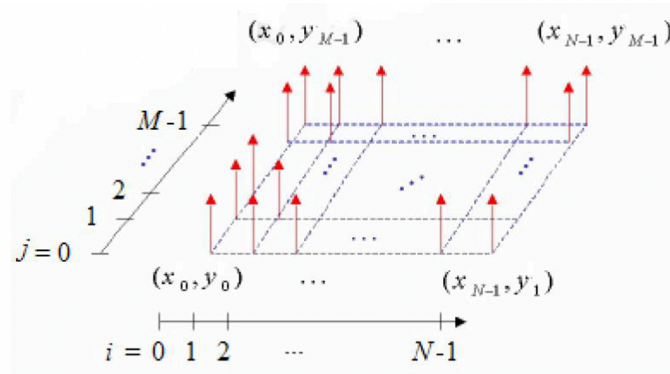
örnekleme ve nicemleme gösterilmiştir [23].



Şekil 15. Örnekleme ve Nicemleme işlemleri sonrası görüntü[23].

2.1.6. Örnekleme

Sayısal görüntünün tanımlandığı $f(x, y)$ fonksiyonunda görüntü oluşabilmesi için fonksiyonun kesikli ve sürekli olması gerekmektedir. Uzay ortamında belirtilen fonksiyonda x ve y ekseninde belirli değerler ile sınır oluşturulmalıdır. Oluşturulan bu sınırlandırma ile sürekli olan fonksiyondan ayırık zamanlı fonksiyona geçiş sağlanmalıdır. Ayırık zamanlı fonksiyon x ve y eksenine ile sınırlandırıldığından iki boyutludur. İki boyutlu ve sınırlandırma noktaları olan fonksiyon için sınırların m ve n olduğu varsayarsak $m \times n$ boyutlarında bir analog görüntü oluşturulmuş olur. Yapılan bu işlemle analog görüntü fonksiyonu örneklenmiştir. Örneklenen analog görüntü fonksiyonu ise dijital görüntüyü oluşturur [23].

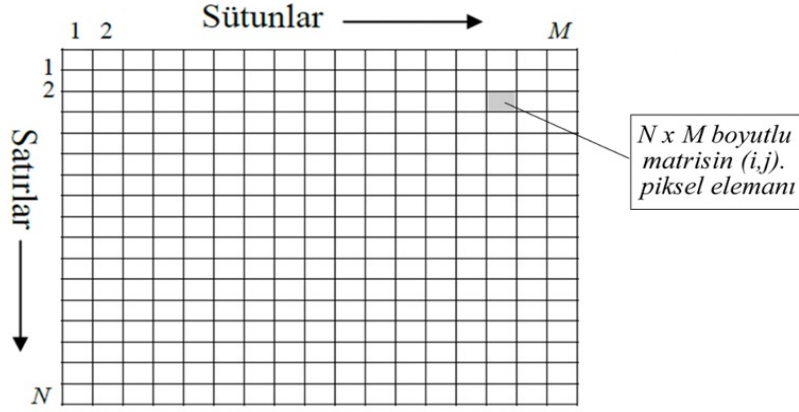


Şekil 16. Örnekleme yapılan $f(x, y)$ sonrası oluşan analog görüntü[23].

2.1.7. Nicemleme

Örnekleme işleminden sonra oluşan analog görüntü üzerinde renk genliğinin belirlenmesi

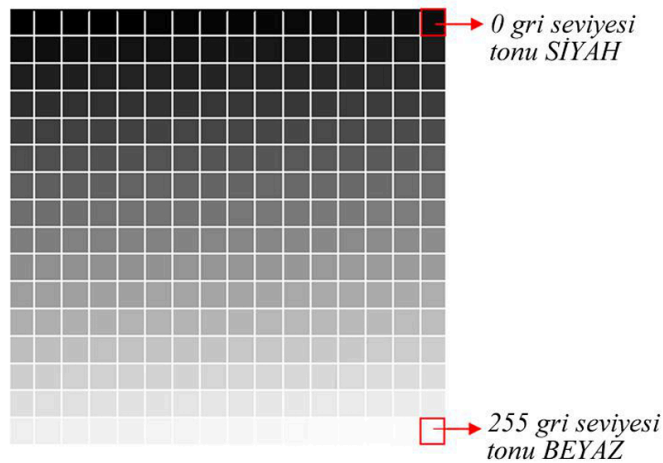
gerekmektedir. Nicemleme işlemi analog görüntü üzerinde bulunan piksellerin renk genliklerinin pozitif değer almasını sağlayan işlemdir. Pozitif değer alan pikseller sonucunda bilgisayarlar için işlenecek sayısal görüntü elde edilmiş olur [23].



Şekil 17. Nicemleme işlemi[23].

2.1.8. Gri Görüntü

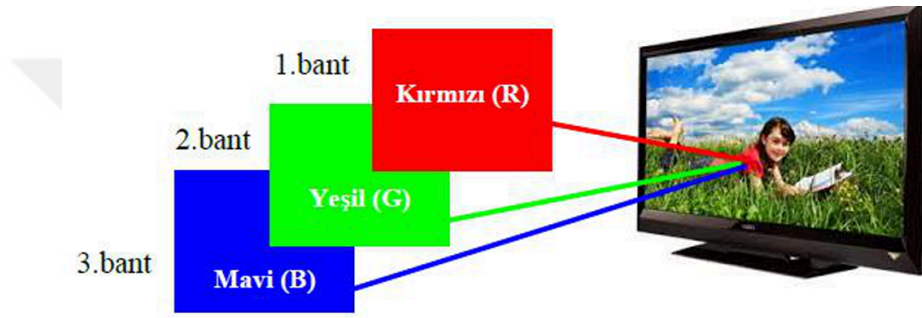
Nicemleme işlemi sonucunda oluşan görüntüdeki piksellerin almış olduğu pozitif değerler piksellerin gri seviyeleri (Gray Scala) olarak bilinir. Pozitif değerler birbirinden farklı olabilir. Birbirinden farklı olan bu değerlere göre piksellerin gri seviyeleri de belirlenmiş olur. Gri seviyede bulunan iki ana renk vardır. Şekil 18. 'de görüldüğü gibi 0 değeri alanlar siyah iken 255 değerinin alanlar beyazdır. Bu değerler arasında olan değerler ise gri tonu olarak adlandırılmaktadır [23].



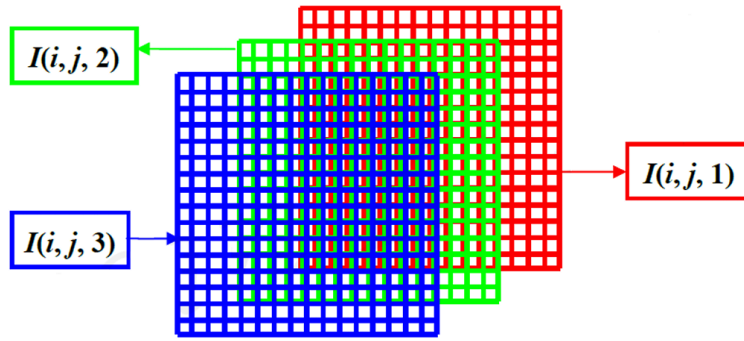
Şekil 18. Gri Görüntü[23].

2.1.9. Renkli Görüntü

Renkli görüntülerde $f(x,y)$ fonksiyonu $R(x, y)$, $G(x, y)$ ve $B(x, y)$ olarak gösterilir. Üç fonksiyon sırasıyla kırmızı bileşeni, yeşil bileşeni ve mavi bileşenidir. Bu üç bileşen gri seviyededir ve üst üste gelmeleri sonucunda renkli görüntüyü oluştururlar. R, G, B olarak bilinen fonksiyonların her birine bant adı verilmiştir. Şekil 19.'da 3 bantın üst üste gelerek oluşturduğu görsel görülmektedir. Şekil 20.'de ise renkli görüntünün matris olarak gösterimi görülmektedir [23].

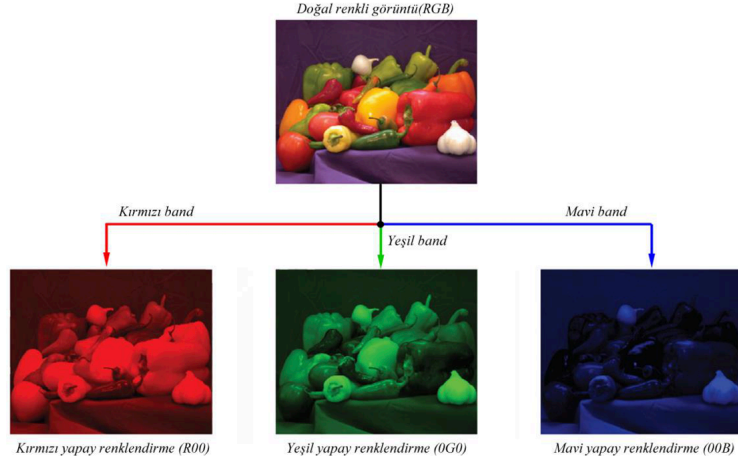


Şekil 19. 3 farklı bantın bir araya gelerek renkli görüntüyü oluşturması[23].



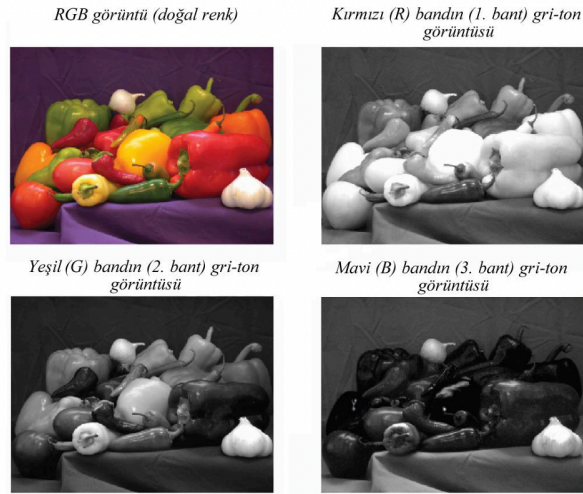
Şekil 20. 3 bantın matris olarak görünümü[23].

RGB görüntünün içinde bulunan bantların değerleri sıfırlandığında yapay renklendirme oluşmaktadır. Sırasıyla yeşil ve mavi, mavi ve kırmızı ve yeşil ve kırmızı bantlarının değerleri sıfırlandığında Şekil 21. 'deki gibi ilk görsel kırmızı yapay rengi, ikinci görsel yeşil yapay rengi ve üçüncü görsel mavi yapay rengi alacaktır.

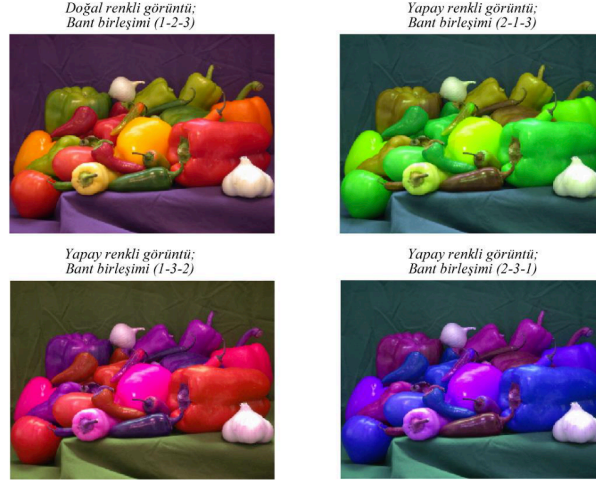


Şekil 21. RGB görüntünün yapay renklendirilmesi[23].

RGB doğal renk görüntüsünde bulunan bantların sıralaması önemlidir. Bir görüntünün sıralaması değiştirilmesi durumunda renklendirmede değişmiş olacaktır. Şekil 22.'de her bir bandın gri ton görüntüleri verilmiştir. Bu 3 bandın gri ton görüntülerinin farklı olması bu sıranın bozulduğunda görüntülerin renklerinin değişeceği olarak ifade edilebilir.



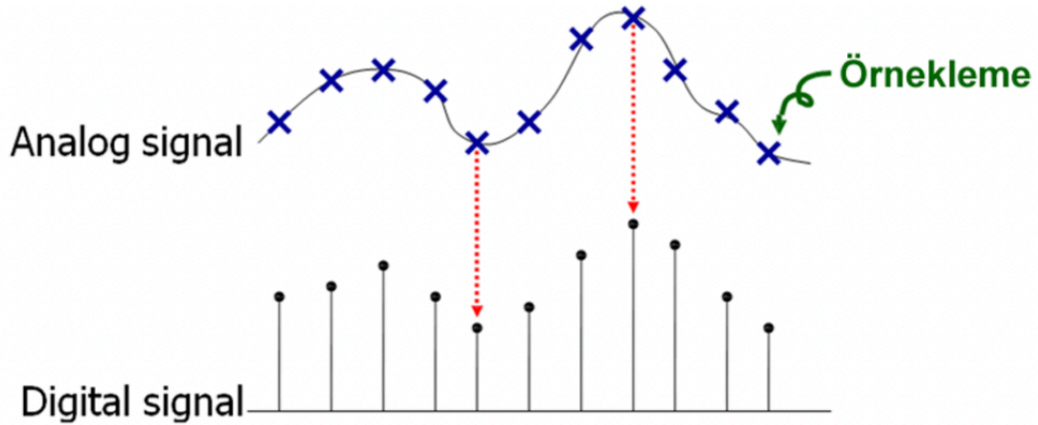
Şekil 22. RGB doğal görüntü ve her bir bandın gri ton görüntüsü[23].



Şekil 23. RGB doğal görüntüdeki bant birleşim yerlerinin değiştirilmesi sonucu oluşan görüntüler[23].

2.1.10. Dijital Görüntü İşleme

Dijital görüntü işleme bir diğer adıyla sayısal görüntü işleme, bilgisayar algoritmalarının kullanılarak görüntünün işlenmesi olayıdır. Bunun yanı sıra sayısal görüntü işleme aslında sayısal sinyal işlemenin bir alt konusu olarak gösterilebilir. $F(x,y)$ şeklinde gösterilir[22], [23].

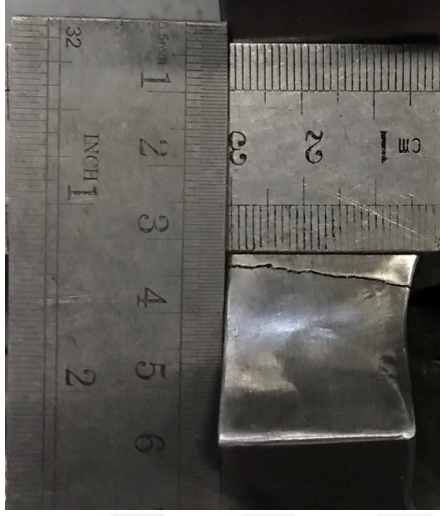


Şekil 24. Dijital Görüntü Oluşumu[22,23].

3. Bulgular ve Tartışma

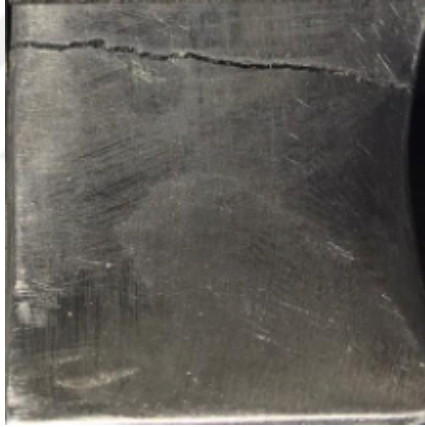
Bu tez çalışmasında asıl işlevi yapan arkada çalışan kod dizinidir. Görüntüleri matris formuna döndüren görüntünün gri skalasını çıkararak ve işleyen fonksiyon dizini mevcuttur. Bu tez çalışması için 6 farklı görüntü üzerinde çalışılmıştır.

- Original {i}: Görüntülerin işleme dahil olmasını sağlayan başlangıç işlemidir.



Şekil 25. Birinci test parçasının orijinal görüntüsü

- Imread (i): Klasörde bulunan görüntüleri sistemin okuması için başlangıcı veren komuttur.



Şekil 26. Kesilip alınan hasarlı aranın görüntüsü

- Im(i) = imresize(m n) : Orijinal görüntünün boyutlarını belirtilen m ve n değişkenlerine değiştirme görevinde kullanılır.



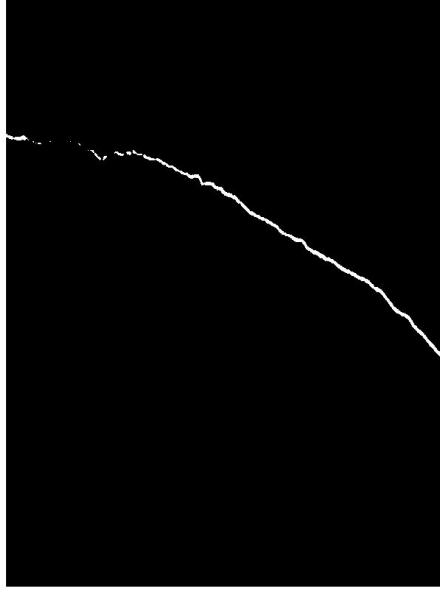
Şekil 27. *Imresize* komutu kullanılan görüntünün görünümü

- `Gray()=rgb2gray()`: Renkli olan görüntüleri beyaz ve siyah görüntülere dönüştürmede kullanılır.
- `p()=imadjust()` = Gri tonlu pikselleri bir değer belirlenerek 1 veya 0 olarak düzenlemektedir. Bu çalışmada 0.42 ve 0.41 değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler 0.40 altındaki görüntü piksellerinin siyaha yani 0'a, 0.42 değerinin üzerindeki değerlerin ise beyaza döndürülmesi görevini gerçekleştirmektedir. Matlab kütüphanesinde "*Imbinarized()*" kodu da aynı görevi yapabilir fakat bu çalışmada kullanılan *imadjust* komutu hasarların netleştirilmesi için daha verimlidir.



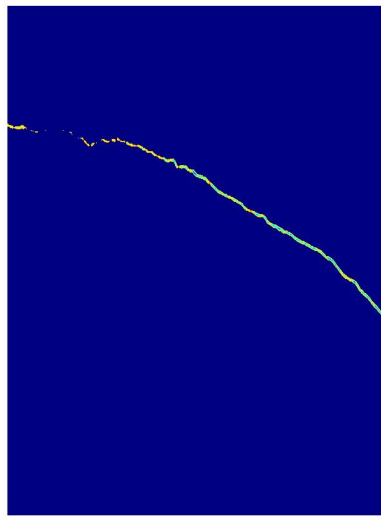
Şekil 28. *Imadjust* Komutu Sonrası Örnek Görüntüsü

- **Vislabel(i):** Bu komut görüntüde yer alan hasarlı alanlara ait piksellerin devamlılığının kesildiği noktaların merkezlerini belirler. Merkezi belirlenen hasarlı bölge alanına numaralandırma işlemi yapar. Bu komut resim içerisinde hasarlı bölgelerin ayrılmış piksellerinin devamlı olanlarının sayısını gösterir.



Şekil 29. Vislabel fonksiyonu sonrası hasarlı bölge görünümü

- **Colormap:** Çatlak alanının yeri belirlenmiş ve hasar analizi yapmaya elverişli duruma geldikten sonra yapılan colormap işleminde, hasarlı alan net olarak görünmesi için renklendirilmiştir.



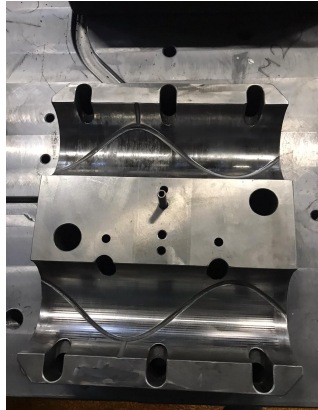
Şekil 30. Colormap komutu ile renklendirilmiş örnek görüntüsü

Çekilen çatlak görüntüleri çözünürlükleri yüksek kaliteli cihazlar tarafından çekilmiştir. Görüntü işleme tekniği sırasında birkaç problem ile karşılaşmıştır. Matlab üzerindeki çalışmalar sonucunda görüntüler yüksek çözünürlüklü olduğunda sistemin geri dönüş süresi 9 ile 10 saat bandında olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda işlenecek görüntü için yazılmış olan kod dizinine, pikseli indirgeyecek kod eklenmiştir. Bu indirgeme için *imresize* komutu ($Im\{i\}=imresize(Original\{i\},[m\ n]);$) kullanılmıştır. Kullanılan komutun içinde bulunan “m” ve “n” değişkenleri çözünürlüğü indirgemek istediğimiz değerlere aittir.

bwlabel komutu ile siyah olan hasarlı bölge piksellerinin beyaz dönüşümü gerçekleşir. Dönüşümden sonraki çıktıya ‘L’ diyelim. L çıktısı *regionprops* komutu ile belirlenen alanların piksellerinin belirli değer altındakileri *find* komutuna takılır ve seçilmezler. Seçimden sonra kalan alanlar *bwlabel* komutundaki çıktı içerisinde taranır. Tarama sonucunun toplamı beyaz piksel sayısını vermektedir.

Gösterilen örnekte 900 mm^2 ‘lik bir alan üzerinde çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada boyutlandırma tekrardan yapılmıştır. Yapılan boyutlandırmaya göre beyaz piksel alanının, tüm piksel alanına oranı 0.0054 olarak belirlenmiştir. *M* ve *n* değişkenleri ile belirlenen 800x600 piksel boyutlarına sahip bir görüntü oluşur. Matematiksel gösterim ile 480.000 piksel içeren bir görüntünün oranı 0.0054 ise 2592 pikselin hasarlı bölgede olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Şekil 31. ‘deki parça otomotiv yan sanayi parçası üretiminde kullanılan bir kalıbın destek parçasıdır. Belirli bir süre üretimden sonra kalıp parçası hasar görmüştür.



Şekil 31. Belirli çalışma sonrasında hasar görmüş kalıp parçası

Hasarlı bölge bu tez çalışması için incelenmiştir. İncelenecek alan şekil 32.'de gösterilmiştir.



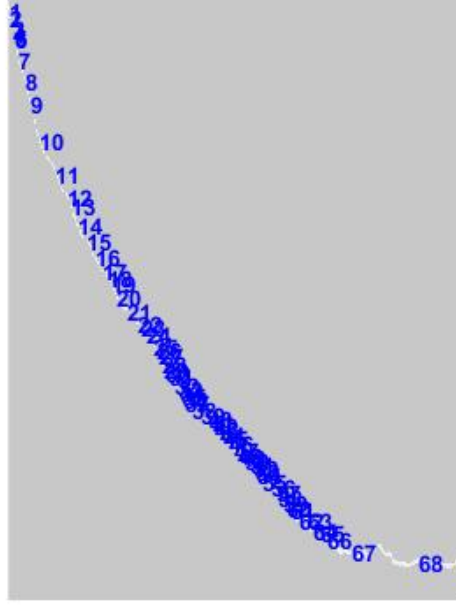
Şekil 32. Kalıp parçasının hasarlı olan bölgesi

Hasarlı alan 70 mm ile 30 mm arasındaki görüntüsü incelemeye alınmıştır. 2100 mm² 'lik alanda yapılan çalışma sonucunda görüntü işleme yöntemi ile hasar tespiti yapılmıştır.

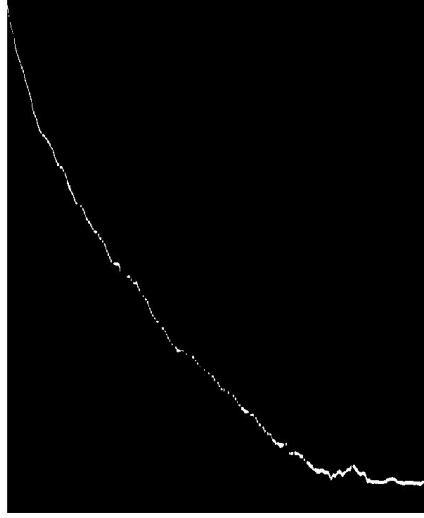


Şekil 33. Resmin gri görüntüsü

Hasar olan piksellerin devamlılığı incelendiğinde, 68 kere devamlılığın bölündüğü görülmüştür. Bu durum hasar içindeki piksellerin kesintiye uğradığı anlamına gelmektedir. Hasarın doğrusal bir hasar olmadığı hakkında yorum yapılabilir.

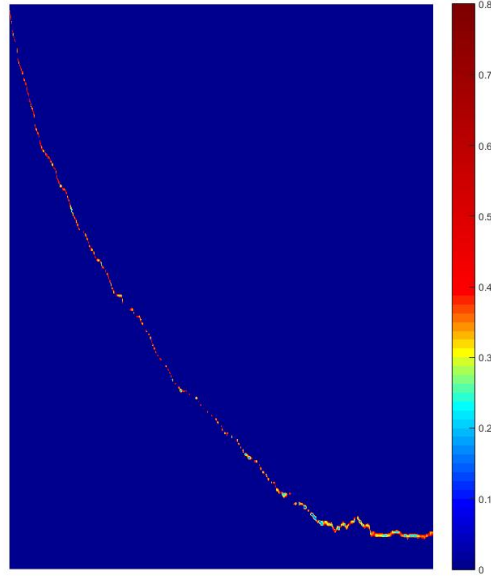


Şekil 34. İncelenen görüntüdeki hasarların numaralandırılması



Şekil 35. Hasar alanının gösterimi

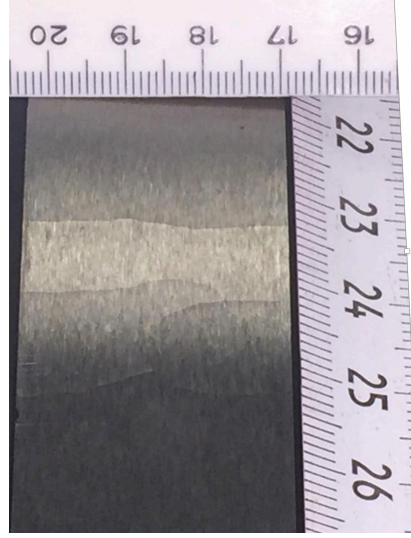
Numaralandırılmış görselden yola çıkılarak yapılan hasarların doğrusal olmadığı yorumu şekil 35.'te bulunan hasar alanının gösteriminde açıkça görülmektedir. Bazı yerlerde kesiklere uğrayan bir hasar mevcuttur. Bu durumda piksellerin aldığı ufak değerler bu ayrışımı sağlamaktadır. Hasarlı bölgenin renklendirilmesi arttırılmak için kullanılan *colormap* komutundan sonraki görüntüde hasarların piksel değerlerinin değişkenlik gösterdiği sonucunu ortaya koymaktadır.



Şekil 36. Renklendirilmiş hasar alanı

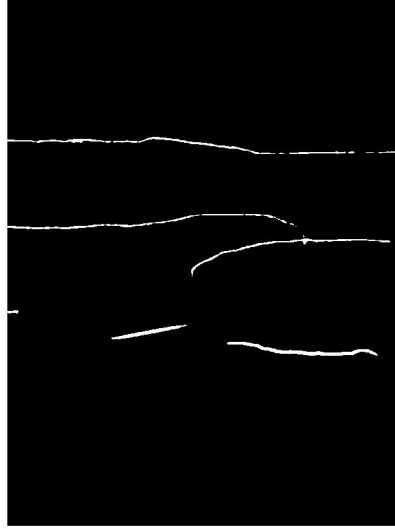
Şekil 36.'da hasarlı bölgenin 0 ile 0.8 değerleri arasında sınırlandırılmış renk değişkenliği bulunmaktadır. Renk değişimleri hasarlı bölgenin piksellerinin aldığı değerler doğrultusunda değişiklik göstermektedir. Oluşan çatlak hasarının yer yer değişkenlik gösterdiği ve parça üzerinde bulunan bazı alanlarda derinliğinin arttığı görülmüştür. Bu durum şekil 36'da kırmızı olarak görülmektedir. Renklendirilmiş alan görüntüsü hasarın oluşan bölgelerinin derinlik bilgisi hakkında yorum yapılabilir.

Bir başka örnek, tekstil metal aksesuar üretimi yapan bir firmanın kalıp parçasına aittir. Zamana bağlı olarak ince yüzey hasarları gerçekleşmiştir. Çıplak gözle ile bakıldığında hasarın boyutları hakkında veya tahribatı hakkında yorum yapabilmek çok olası gözükmemektedir. İşlem sonrasında hasarın boyutu da incelenmiş olacaktır.



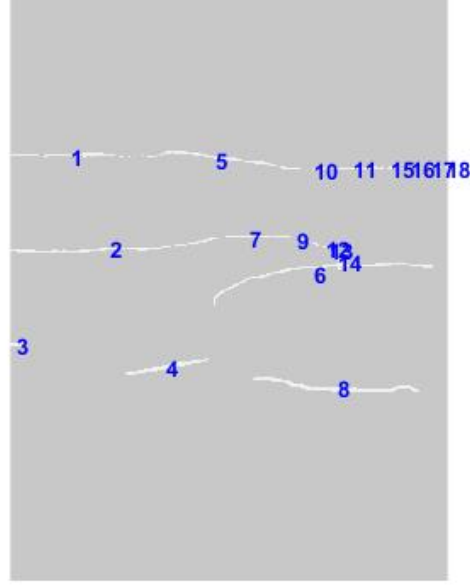
Şekil 37. Üçüncü test parçasının orijinal görüntüsü

Üçüncü test parçası 33 mm ve 50 mm 'lık alan içerisinde bulunan hasarlar için test edilmiştir. Hasarlı bölge alanı 1650 mm²'dir. Birden fazla yüzeysel çatlak görülmüştür.



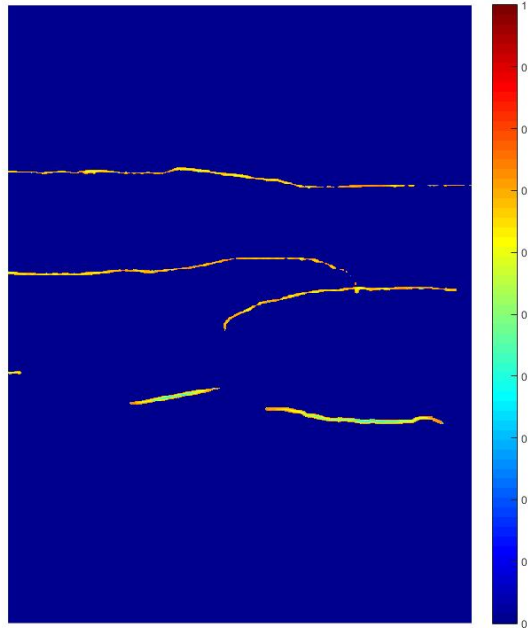
Şekil 38. Üçüncü test örneğinin hasarlı alan görüntüsü

1650 mm²'lik alanda yapılan incelemede üçüncü test örneği hakkında yorum yapılabilmektedir. Birden fazla yüzey kırığı olduğu ve bazı yerlerde doğrusal bazı yerlerde ise piksellerin kütle merkezlerinin değiştiği kısacası kesikli olduğu görülmüştür.



Şekil 39. Üçüncü test görüntüsünün hasarlarının numaralandırılmış görüntüsü

Şekil 39 'da görüldüğü gibi numaralandırma işlemi farklı değerler alan piksellerin olduğu alanda yoğunlaşmıştır. 0 ile 1 değerleri arası sınır olarak alınmıştır. Bu durumda hasarların derinlik durumlarının farklı olduğu yorumu yapılabilir.



Şekil 40. Üçüncü test örneğinin renklendirilmiş görüntüsü

Şekil 40 'ta ki renklendirilmiş olan üçüncü test örneği görüntüsüne göre meydana gelmiş olan yüzeysel hasarlar da derinlik farkı görülmektedir. Derinlik farkı görüntünün siyah piksellerin aldığı sayısal değerlerin büyüklüğüne göre belirlenir. Bu test görüntüsünde

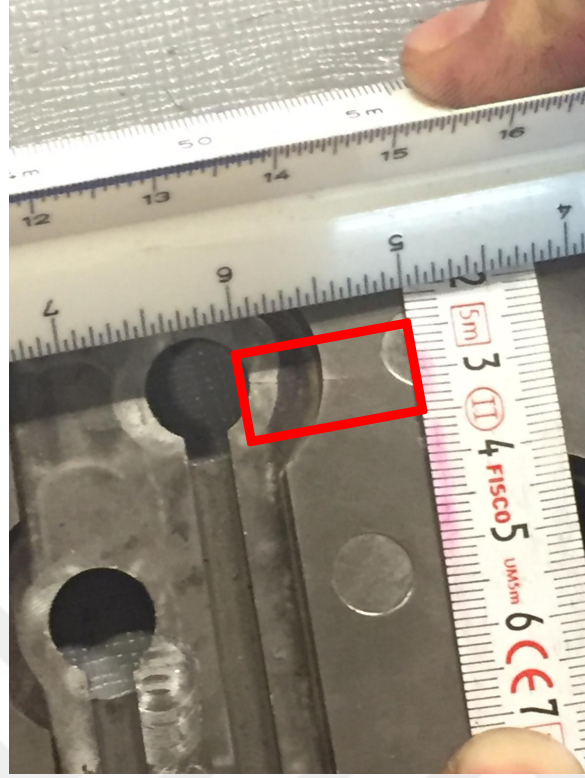
hasarlı bölge piksellerinin görüntünün piksel alanına oranı 0.108 olarak belirlenmiştir. Üçüncü test örneğinin sonuçlarına bakıldığında hasarların kontrol edilmesi ve onarılması gerektiği yorumu yapılabilir.

Dördüncü test örneği metal aksesuar üretimi yapan bir firmanın pres kalıbına ait bir parçadan alınmış örnektir. Belirli bir çalışma sonrasında kalıpta pres ayarlarından kaynaklı olarak hasar meydana gelmiştir. Hasarlı olan kısım şekil 40.'ta işaretlenmiş olarak gösterilmiştir.



Şekil 41. Dördüncü test örneğinde işaretlenmiş hasar görüntüsü

İşaretlenen bölgeden 150 mm^2 'lik kesit alanı alınarak test edilmiştir. Şekil 41. 'de test alanı kırmızı ile belirtilmiştir. Test edilen ilk durumda hasarlı alanın belirlenmesinden sonra hasar dışında kalan alanların da işleme alındığı gözlemlenmiştir. Şekil 42.'de hasarlı alanların dışında kalan birkaç alanında işleme dahil olduğu gösterilmektedir. Bu durum çalışma sonucunda ulaşılması planlanan oranda hata payına sebebiyet vermektedir. Görüntü kontrastını belirlenen değer altına indirildiği durum dahil olmak üzere bu hata tekrar alınmaktadır.

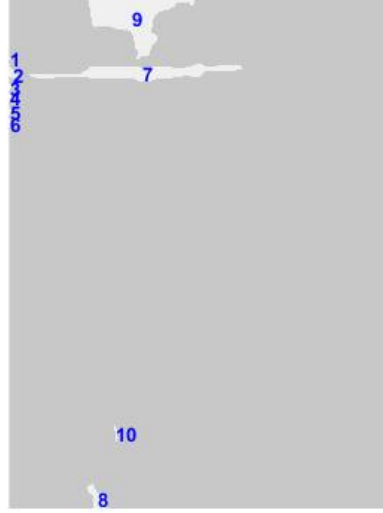


Şekil 42. Test edilecek işaretlenmiş alan görüntüsü



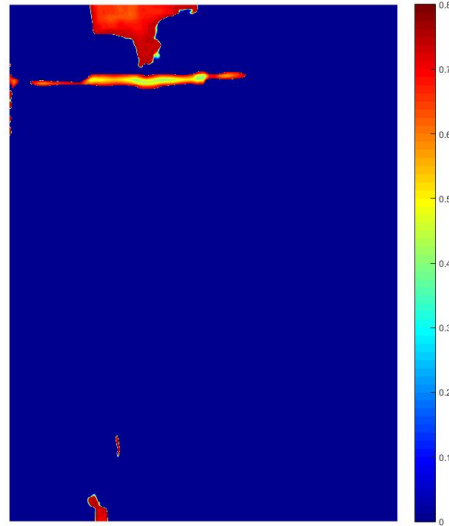
Şekil 43. Dördüncü test örneğinin hasarlı alan görüntüsü

Hasar alanının olması gerekenin dışında bulunan yerleri de hasar olarak algılaması alanın numaralandırılması sonucunda da hataya neden olmuştur.



Şekil 44. Hasar alanının hasarlarının numaralandırılmış görüntüsü

Şekil 44.'te görüldüğü gibi 3,4,5,6,9,8 ve 10 ile numaralandırılmış alanlar hasar alanının dışında kalan alanlardır. 0 ile 0.8 değerleri sınırlandırılan renklendirme görüntüsünde hasar olmayan bölgenin değerleri 0.7 ile 0.8 'e yakın değer almışlardır. Bu durumda hasarın ciddi olduğu yorumu yapılabilir fakat bölge hasarlı değildir. Sistemin hata vermesi yanlış yorumlamaya sebep olabilir.



Şekil 45. Dördüncü test örneğinin hasar alanının renklendirilmiş görüntüsü

Renklendirilmiş görüntüsü şekil 45'te gösterilen test örneğinin hasarlı bölge dışındaki alanların da hasar varmış gibi algılandığı görülmüştür. Fakat bu alanlar hasarlı alanlar

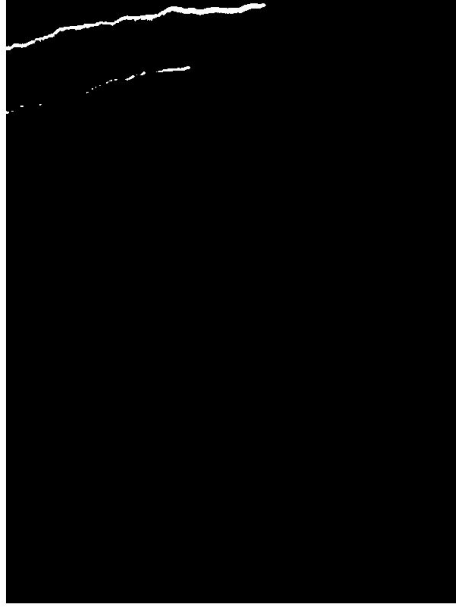
değildir. Bu durum test örneğinin alınan görüntüsünden kaynaklı olabilir. Şekil 40 incelendiğinde hasarlı bölgede siyah bir karartı olduğu gözlemlenmiştir. Bir diğer neden ise çekimde oluşabilecek ışığın hasarlı olmayan bölgeye düşmesinden kaynaklı olabilir. Bu örnek sonucunda hasarlı bölgenin piksel oranı 0.251 olarak belirlenmiştir. 150 mm²'lik alanda yapılan hasar tespit çalışması doğru sonuç vermemiştir.

Bir diğer test örneği kalıpların bağlama noktalarındaki baskı kuvvetinden kaynaklı olarak hasar meydana gelmiş kalıp parçasıdır. Kalıbın yapılmasından belirli bir zaman sonra baskıdan kaynaklı olarak hasar meydana gelmiştir. Tamir edilmediği durumda çıkacak parçada hata meydana gelecektir.



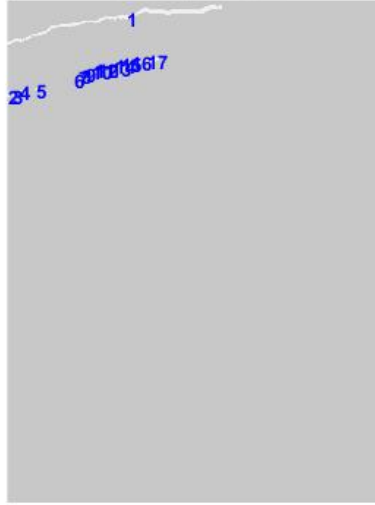
Şekil 46. Beşinci test parçasının görüntüsü

Beşinci test örneğinden alınan görüntü hasar analizinde test edilmiştir. Hasar analizi yapılan bölge 1139 mm²'lik bir alan içerisinde yapılmıştır. Yüzeyinde 2 adet çatlak bölgesi bulunmuştur.



Şekil 47. Beşinci test örneğinin hasar alanlarının görünümü

Hasar alanı görüntüsünün yer aldığı şekil 47’de görüldüğü gibi üst kısımda bulunan hasarın diğerine göre daha detaylı olduğu yorumu yapılabilir.

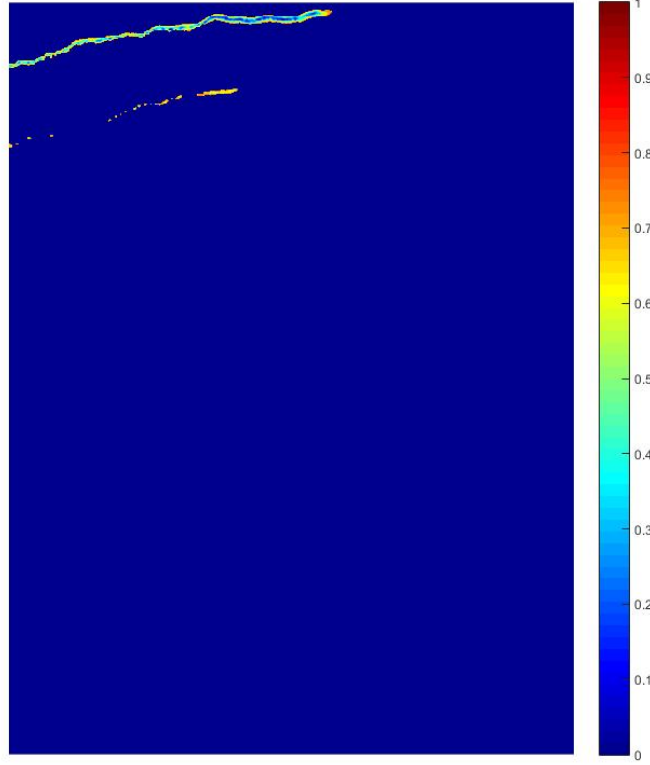


Şekil 48. Beşinci test örneğinin hasarlı alanının numaralandırılmış görüntüsü

Hasarlı test örneğine ait hasarları gösteren piksellerin devamlılığı incelendiğinde ‘1’ ile numaralandırılan hasarın pikselleri arasında doğrusal bir geçiş mevcuttur. Fakat ‘2-17’ arasında numaralandırılmış hasarlarda piksellerin doğrusal olmadığı görünmektedir. Çalışan *regionprops* komutu beyaz piksellerin sürekli olduğu yerlerin ağırlık merkezlerini numaralandırma görevi üstlendiğinden bir hasarda birden fazla numara olması birden fazla ağırlık merkezi olduğunu göstermektedir. Bu durumda hasarın

doğrusal olmadığı anlaşılabilir. Burada bahsedilen doğrusal kavramı piksellerin sürekli olmasıdır.

Şekil 49’de yer alan renklendirilmiş test görüntüsüne bakılarak birden fazla numaralandırılmış hasarın piksel değerlerinin diğer hasar göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışmada hasarlı bölge piksellerin alanının resmin tamamına oranıdır.



Şekil 49. Beşinci test örneğinin hasarlı bölgesinin renklendirilmiş görüntüsü

4. Sonuç

Bu çalışma çelik kalıplar ve ekipmanlarında oluşan çatlakları analiz ederek verebileceği zararın önüne geçilmesini konu almıştır. Çeliklerin bakımlarından önce veya bakım sonrası süreçlerde takip edilip oluşabilecek hasarları engellemek ve üretimde verimliliği arttırması üzerine çalışma yapılmıştır.

Bu çalışma fotoğrafların matlab aracılığı ile matris formuna dönüştürülerek çatlak alanlarının ölçülmesini sağlar. Bu dönüşümden sonra çatlak alanı miktarına eşit olan piksel sayıları hesaplanmıştır. Hesaplama sonrasında çatlakların piksel değerlerine göre renk haritası çıkarılmıştır. Bu durumda çatlaklar daha belirgin hale gelmiş ve analiz sonucunun görselliği arttırılmıştır.

Çalışmalar test örneklerinin hasarlı bölgelerinin belirli kesitleri alınarak yapılmıştır. Sırasıyla 16500 mm², 900 mm², 2100 mm², 150 mm² ve 1139 mm²'lik alanlarda uygulanmıştır. Örnekler üzerinde incelemeler yapıldığında 150 mm²'lik alanın üzerindeki örnekler başarılı olmuştur fakat 150 mm² alanın olduğu çalışmada sonuçlar yanıltıcı olmuştur. Hasarlı alanın olmadığı kısımlar hasarlı olarak görülmüş ve hasar oranına dahil olmuştur. Bu duruma neden olan sebepler arasında hasarlı bölge görüntüsünün alındığı sırada ışık tarafından görüntünün parlak çıkması, görüntünün gerçek boyutlandırılmasıyla sınırlandırılmış görüntü arasında piksel bozulmaları yaşanmış olması gibi nedenler olabilir.

Yapılan çalışmalar sonucunda hasarların derinliği, sürekliliği hakkında yorum yapılabilir. Belirli bir alan içerisinde çalışıldığından hasarlı bölge alanlarından yola çıkılarak gerçekteki hasarın boyutu tespit edilebilmektedir. Kalıbın gerçek ölçüleri baz alındığında bulunan oran doğrultusunda hasarlı alan hakkında yorum yapılabilir.

Bu tez çalışmasının gelişmeye açık yönleri mevcuttur. Bunun yanı sıra ilerleyen bir çalışma olarak belirli bir kalıbın belirli zaman periyodlarında analizi yapılarak kullanıma veya dış etmenlere bağlı olarak almış olduğu hasar oranları çıkartılarak bir grafik oluşturulabilir. Periyodik bakım gerektiren durumlarda kullanışlı bir yöntem olabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Michael Ashby and David Jones, *Engineering Materials 1 2nd ed.* Oxford: Pergamon Press, 1992.
- [2] O. Abdeljaber, O. Avci, S. Kiranyaz, M. Gabbouj, and D. J. Inman, “Real-time vibration-based structural damage detection using one-dimensional convolutional neural networks,” *Journal of Sound and Vibration*, vol. 388, pp. 154–170, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.jsv.2016.10.043.
- [3] A. M. A. Talab, Z. Huang, F. Xi, and L. Haiming, “Detection crack in image using Otsu method and multiple filtering in image processing techniques,” *Optik*, vol. 127, no. 3, pp. 1030–1033, Feb. 2016, doi: 10.1016/J.IJLEO.2015.09.147.
- [4] Y. Xu, S. Wei, Y. Bao, and H. Li, “Automatic seismic damage identification of reinforced concrete columns from images by a region-based deep convolutional neural network,” *Structural Control and Health Monitoring*, vol. 26, no. 3, Mar. 2019, doi: 10.1002/stc.2313.
- [5] X. Bao, T. Fan, C. Shi, and G. Yang, “One-dimensional convolutional neural network for damage detection of jacket-type offshore platforms,” *Ocean Engineering*, vol. 219, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.108293.
- [6] O. Avci, O. Abdeljaber, S. Kiranyaz, M. Hussein, M. Gabbouj, and D. J. Inman, “A review of vibration-based damage detection in civil structures: From traditional methods to Machine Learning and Deep Learning applications,” *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 147. Academic Press, Jan. 15, 2021. doi: 10.1016/j.ymsp.2020.107077.
- [7] M. Hu, J. He, C. Zhou, Z. Shu, and W. Yang, “Surface damage detection of steel plate with different depths based on Lamb wave,” *Measurement*, vol. 187, p. 110364, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.measurement.2021.110364.
- [8] X. Bao, T. Fan, C. Shi, and G. Yang, “Deep learning methods for damage detection of jacket-type offshore platforms,” *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 154, pp. 249–261, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.psep.2021.08.031.
- [9] S. Umar, N. Bakhary, and A. R. Z. Abidin, “Response surface methodology for damage detection using frequency and mode shape,” *Measurement*, vol. 115, pp. 258–268, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.measurement.2017.10.047.
- [10] C. Min Yeum and S. J. Dyke, “Vision-Based Automated Crack Detection for Bridge Inspection,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 30, pp. 759–770, 2015, doi: 10.1111/mice.12141.
- [11] B. Zima, “Damage detection in plates based on Lamb wavefront shape reconstruction,” *Measurement*, vol. 177, p. 109206, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.measurement.2021.109206.
- [12] Y. J. Cha, W. Choi, and O. Büyüköztürk, “Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 32, no. 5, pp. 361–378, May 2017, doi: 10.1111/MICE.12263.
- [13] H. Oliveira and P. L. Correia, “CrackIT - An image processing toolbox for crack detection and characterization,” *2014 IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 2014*, pp. 798–802, Jan. 2014, doi:

- 10.1109/ICIP.2014.7025160.
- [14] H. Oliveira and P. L. Correia, “CrackIT - An image processing toolbox for crack detection and characterization,” *2014 IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 2014*, pp. 798–802, Jan. 2014, doi: 10.1109/ICIP.2014.7025160.
- [15] D. B. Larkins and W. Harvey, “Introductory computational science using MATLAB and image processing,” *Procedia Computer Science*, vol. 1, no. 1, May 2010, doi: 10.1016/j.procs.2010.04.100.
- [16] Kaan Arı, “Phyton ve Open CV ile Temel Geometrik Şekillerin Algılanması,” 2018. <https://maker.robotistan.com/python-ve-opencv-ile-temel-geometrik-sekillerin-algilanmasi/> (accessed Dec. 10, 2021).
- [17] Çağlar Fırat Özgenel, “Otonom Çatlak Tespitinde Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri Ve Teknolojinin Potansiyelleri,” *Otonom Çatlak Tespitinde Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri Ve Teknolojinin Potansiyelleri*, 3. Ulusal Yapı Kongresi Ve Sergisi Teknik Tasarım , Güvenlik Ve Erişebilirlik, pp. 3–4, 2016.
- [18] MathWorks, “What is Matlab?” <https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html> (accessed Dec. 26, 2021).
- [19] Z. Qu, Y.-X. Chen, L. Liu, Y. Xie, and Q. Zhou, “The Algorithm of Concrete Surface Crack Detection Based on the Genetic Programming and Percolation Model,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 57592–57603, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2914259.
- [20] Encyclopedia of Mathematics., “Edge detection.” http://encyclopediaofmath.org/index.php?title=Edge_detection&oldid=49936 (accessed Feb. 06, 2022).
- [21] J. A. I. Diaz, M. I. Ligeralde, J. A. C. Jose, and A. A. Bandala, “Rust detection using image processing via Matlab,” in *TENCON 2017 - 2017 IEEE Region 10 Conference*, Nov. 2017, pp. 1327–1331. doi: 10.1109/TENCON.2017.8228063.
- [22] R. C. , W. R. E. , & E. S. L. GONZALEZ, *Digital Image processing using MATLAB®*. Gatesmark Publishing, 2009.
- [23] İbrahim Çayıröğlü, “Görüntü İşleme Ders Notları I.” <http://www.ibrahimcayiroglu.com/> (accessed Nov. 22, 2021).
- [24] Zayıf Akım Portalı, “Çözünürlük (Resolution) Nedir?” <https://zayifakim.com/cozunurluk-resolution-nedir.html> (accessed Dec. 10, 2021).
- [25] “How to connect digital signal?” <https://blog.numerix-dsp.com/2015/01/how-to-connect-digital-signal.html> (accessed Sep. 26, 2021).

