



**ADLİ BİLİŞİMDE GÖRÜNTÜ KESKİNLEŞTİRMEYE ÖRNEK BİR
YAKLAŞIM MODELİ**

Gözde Nur KÜTÜKCÜ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ADLİ BİLİŞİM ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

MART 2020

Gözde Nur KÜTÜKCÜ tarafından hazırlanan “ADLI BİLİŞİMDE GÖRÜNTÜ KESKİNLEŞTİRMEYE ÖRNEK BİR YAKLAŞIM MODELİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Adli Bilişim Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Aysun COŞKUN

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Mehmet Ali AKCAYOL

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Harun ARTUNER

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 03/03/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ
Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Gözde Nur KÜTÜKCÜ

03./03/2020

ADLI BİLİŞİMDE GÖRÜNTÜ KESKİNLEŞTİRMEYE ÖRNEK BİR YAKLAŞIM MODELİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Gözde Nur KÜTÜKCÜ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Mart 2020

ÖZET

Bilgi ve iletişim çağı olarak adlandırılan bu çağda, teknolojinin hızla gelişimi ve hızla hayatımıza girmesi ile birlikte görüntüyü kaydetme araçları çeşitlenmiş, etkiledikleri alanlar genişlemiştir. Adli bilimlerde kaydedilen görüntü, işlenen bir suçun delili olarak incelenebilmesi açısından etkilediği önemli alanlardan birisidir. Adli bilişim bilimi, delil niteliği ihtiva eden sayısal verinin bilimsel yöntemler ve prosedürler kullanılarak veriyi değiştirmeden mahkemede delil olarak kullanılabilecek şekilde toplanmasının yanında analiz sürecidir. Bu çalışmada, delil ihtiva eden sayısal verilerden görüntülerin iyileştirilmesinin adli bilişimdeki öneminin araştırılması amaçlanmıştır. Belirli bir yoğunlukta tuz ve biber gürültüsü, gauss gürültüsü, motion blur gürültüsü ve blur gauss gürültüsüne sahip olan görüntüler filtrelenmiş ve sonuç değerlendirme kriterlerine göre uygun filtreler karşılaştırılmıştır. Bunun yanında gaussian blur gürültüsü barındıran plaka görüntülerinin optik karakter tanımlama sisteminde işlenebilmesi için örnek bir filtre yaklaşım örneği sunulmuştur. Bu yaklaşımın algoritması verilmiş, filtreleme işlemi ve OCR sonucu çıktıları analiz edilmiştir.

Bilim Kodu : 92401

Anahtar Kelimeler : Adli bilişim, dijital delil, görüntü iyileştirme, gürültü, filtre, teknoloji

Sayfa Adedi : 75

Danışman : Doç. Dr. Aysun COŞKUN

AN EXAMPLE APPROACH MODEL FOR IMAGE SHARPENING IN FORENSIC
INFORMATICS

(M. Sc. Thesis)

Gözde Nur KÜTÜKCÜ

GAZİ UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE

March 2020

ABSTRACT

In this age, which is called the age of information and communication, with the rapid development of technology and its rapid entry into our lives, the means of recording images have been diversified and the areas they affect have expanded. The image recorded in forensic sciences is one of the important areas it affects in terms of being examined as evidence of a crime committed. Forensic science is the process of analysis as well as the collection of evidence-containing numerical data that can be used as evidence in court without changing the data using scientific methods and procedures. In this study, it is aimed to investigate the importance of improving the images from numerical data containing evidence in forensic information. Images with a certain density of salt and pepper noise, gauss noise, motion blur noise and blur gauss noise were filtered and suitable filters were compared according to the results evaluation criteria. In addition, an example of a new filter approach is presented in order to process plate images containing gaussian blur noise in the optical character identification system. The algorithm of this approach is given, filtering process and OCR result output are analyzed.

Science Code : 92401

Key Words : Computer forensic, digital evidence, image enhancement, noise, filter, technology

Page Number : 75

Supervisor : Assoc. Prof. Aysun COŞKUN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, kıymetli tecrübelerinden, akademik birikiminden faydalandığım değerli danışmanım Doç. Dr. Aysun COŞKUN hocama, araştırma ve yazım sürecinde bilgi birikiminden, yönlendirmesinden faydalandığım, beni her aşamada destekleyen, yol gösteren değerli yöneticim Sayın Yunus Emre Kılıç'a ve değerli arkadaşım Sayın Anıl Genç'er'e teşekkür ederim. Bu süreçte bana güvenen, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme de teşekkürü borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. ADLİ BİLİŞİM	7
2.1. Adli Bilişim Çalışma Alanları	7
2.2. Adli Bilişim Uzmanlık Alanları.....	8
2.3. Adli Bilişim Süreçleri	11
2.4. Dijital Delil	16
2.4.1. Dijital delillerin özellikleri	16
2.4.2. Dijital delillerin bulunduğu ortamlar.....	17
3. ADLİ GÖRÜNTÜ	19
3.1. Dijital Görüntü Nedir?	19
3.1.1. Görüntü kalitesi nedir?	20
3.1.2. Görüntüde kontrastın ve bulanıklığın etkisi	20
3.2. Görüntülerde Meydana Gelen Gürültü Türleri.....	21
3.2.1. Gauss gürültüsü.....	21
3.2.2. Dürtü gürültüsü.....	22

	Sayfa
3.2.3. Gama gürültüsü	22
3.2.4. Üstel gürültüsü.....	23
3.2.5. Tek biçimli gürültüsü.....	23
3.2.6. Rayleigh gürültüsü.....	24
3.2.7. Ortalama bulanıklık	24
3.2.8. Gauss bulanıklığı.....	24
3.2.9. Hareketten kaynaklı bulanıklık.....	25
3.2.10. Odak dışı bulanık.....	25
3.3. Görüntü İyileştirme Yöntemleri	25
3.3.1. Mean filtre	27
3.3.2. Median filtre	29
3.3.3. Uyarlanabilir filtre	30
3.3.4. Anizotropik filtre	30
3.3.5. Band durduran filtre.....	30
3.3.6. Çentik filtre.....	30
3.3.7. Wiener filtre.....	31
3.3.8. Regularized filtre	31
3.3.9. Lucy-Richardson filtre.....	32
3.4. Adli Görüntü İnceleme Alanları	32
3.4.1. Steganografi.....	33
3.4.2. Olay kurgusunun açığa çıkarılması	33
3.4.3. Görüntü karşılaştırma	33
3.4.4. Manipülasyon tespiti	33
3.4.5. Görüntü zenginleştirme ve onarma	34

	Sayfa
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
4.1. Program.....	35
4.2. Test Gereçleri.....	36
4.3. Sonuç Değerlendirme Kriterleri	41
4.4. Gürültü İyileştirme Uygulama.....	42
4.5. Keskinleştirme Örnek Yaklaşım.....	48
4.5.1. Keskinleştirme örnek yaklaşım uygulaması.....	48
4.5.2. Gauss blur gürültüsünü keskinleştirmek için örnek yaklaşım.....	50
5. BULGULAR VE YORUM.....	53
5.1. Gürültü İyileştirme Filtre Bulguları	53
5.1.1. Motion blur gürültüsü wiener filtre ve lucy-richardson filtre farkı	53
5.1.2. Blur gauss gürültüsü wiener filtre ve lucy-richardson filtre farkı	54
5.1.3. Tuz biber gürültüsü median filtre ve mean filtre farkı	56
5.1.4. Gauss gürültüsü median filtre ve mean filtre farkı.....	57
5.2. Örnek Yaklaşım Bulguları.....	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Görüntü kaynakları	3
Çizelge 3.1. 3x3'lük Mean filtreleme maskesi	27
Çizelge 3.2. 3x3'lük Median filtreleme maskesi	29
Çizelge 3.3. 3x3'lük Median filtreleme maskesi çalışma prensibi	29
Çizelge 4.1. Filtreleme görüntü listesi.....	39
Çizelge 4.2. Örnek yaklaşım görüntü listesi	41
Çizelge 4.3. Örnek yaklaşım algoritması.....	49
Çizelge 5.1. Sonuç değerlendirme kriterleri	54
Çizelge 5.2. Sonuç değerlendirme kriterleri	55
Çizelge 5.3. Sonuç değerlendirme kriterleri	56
Çizelge 5.4. Sonuç değerlendirme kriterleri	57
Çizelge 5.5. Sonuç değerlendirme kriterleri	58
Çizelge 5.6. Örnek yaklaşım algoritması.....	58

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Adli bilişim süreçleri	14
Şekil 3.1. İyileştirme süreç modeli.....	26
Şekil 3.2. Keskinleştirme modeli	27
Şekil 4.1. Algoritma akış şeması.....	51



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. (a) Normal gürültülü resim, (b) 3x3 mean filtre, (c) 5x5 mean filtre, (d) 7x7 mean filtre	28
Resim 3.2. (a) 5x5'lik mean filtre, (b) 3 kere 3x3'lük mean filtre uygulanmış görüntü....	28
Resim 3.3. (a) Normal gürültülü resim, (b) 3x3 median filtre, (c) 5x5 median filtre, (d) 7x7 median filtre	30
Resim 4.1. Matlab ara yüzü.....	36
Resim 4.2. Birinci görüntü.....	37
Resim 4.3. İkinci görüntü	37
Resim 4.4. Üçüncü görüntü	38
Resim 4.5. Dördüncü görüntü	38
Resim 4.6. Beşinci görüntü	39
Resim 4.7. Altıncı görüntü.....	40
Resim 4.8. Yedinci görüntü	40
Resim 4.9. Sekizinci görüntü	40
Resim 4.10. Dokuzuncu görüntü.....	40
Resim 4.11. Onuncu görüntü	41
Resim 4.12. Birinci görüntü.....	43
Resim 4.13. rgb2gray fonksiyonu uygulanmış ikinci görüntü.....	44
Resim 4.14. Üçüncü görüntü	44
Resim 4.15. rgb2gray fonksiyonu uygulanmış dördüncü görüntü.....	44
Resim 4.16. fspecial fonksiyonu ile motion blur gürültüsü eklenmiş birinci görüntü ...	45
Resim 4.17. fspecial ve imnoise fonksiyonu ile blur ve gauss gürültüsü eklenmiş ikinci görüntü.....	46
Resim 4.18. fspecial ve imnoise fonksiyonu ile blur ve gauss gürültüsü eklenmiş üçüncü görüntü	46

Resim	Sayfa
Resim 4.19. imnoise fonksiyonu ile tuz ve biber gürültüsü eklenmiş dördüncü görüntü.....	47
Resim 4.20. imnoise fonksiyonu ile gauss gürültüsü eklenmiş dördüncü görüntü.....	47
Resim 5.1. (a) Wiener filtre ile iyileştirilmiş birinci görüntü, (b) Lucy-Richardson filtre ile iyileştirilmiş birinci görüntü	53
Resim 5.2. Lucy-Richardson filtre ile iyileştirilmiş ikinci görüntü	54
Resim 5.3. Regularized filtre ile iyileştirilmiş üçüncü görüntü.....	55
Resim 5.4. (a) Mean filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü, (b) Median filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü.....	56
Resim 5.5. (a) Mean filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü, (b) Median filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü.....	57
Resim 5.6. Yüzde 10 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü.....	59
Resim 5.7. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü.....	59
Resim 5.8. Yüzde 25 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü.....	60
Resim 5.9. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü.....	60
Resim 5.10. Yüzde 15 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü.....	60
Resim 5.11. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü.....	61
Resim 5.12. Yüzde 15 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü.....	61
Resim 5.13. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü.....	61
Resim 5.14. Yüzde 12 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü.....	62
Resim 5.15. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü.....	62
Resim 5.16. Yüzde 7 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü.....	62
Resim 5.17. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü.....	62
Resim 5.18. One note OCR sonucu	64
Resim 5.19. One note OCR sonucu	64
Resim 5.20. One note OCR sonucu	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

f	Giriş görüntüsü fonksiyonu
g	Çıkış görüntüsü fonksiyonu
h	Filtre fonksiyonu
i	Bulanık görüntü
k	Bozulma katsayısı
μ	Dağılımın ortalama değeri
n	Ek gürültü
p	Orjinal görüntü
σ	Standart sapma
z	Yoğunluk

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASCII	Bilgi alışverişi için standart Amerikan kodu
CD	Kompak disk (compact disc)
CD-ROM	Kompakt disk – salt okunur bellek
COC	Bulanıklık dairesi (circle of confusion)
DVD	Dijital çok yönlü disk
EXT	Genişletilmiş dosya sistemi (extended file system)
FAT	Dosya yerleşim tablosu (file allocation table)
GPS	Küresel konumlandırma sistemi
HDD	Sabit disk sürücü (hard disc drive)
HFS	Macintosh hiyerarşik dosya sistemi
IDS	Saldırı tespit sistemleri (intrusion detection systems)
IEF	Görüntü iyileştirme faktörü

Kısaltmalar**Açıklamalar**

IPS	İzinsiz girişı önleme sistemi
ISO	Uluslararası standardizasyon örgütü
MSE	Ortalama karesel hata (mean square error)
NTFS	Yeni teknoloji dosya sistemi
OCR	Optik karakter tanımlama
PDA	Kişisel dijital asistan (personal digital assistant)
PSF	Nokta yayılma fonksiyonu (pixel spread function)
PSNR	Tepe sinyal gürültü oranı (peak signal to noise ratio)
RAM	Rasgele erişim belleği (random access memory)
RFID	Radyo frekansı tanımlama
SSD	Katı hal sürücü (solid state driver)
TCP/IP	İletim kontrol protokolü/internet protokolü
USB	Evrensel seri yolu (universal serial bus)

1. GİRİŞ

Bu bölümde tez kapsamında problemin durumu, araştırmanın amacı, araştırmanın önemi, sınırlılıkları ve yapılan çalışmalar belirtilmiştir.

İkinci bölümde, adli bilişim hakkında genel bilgilere, üçüncü bölümde adli görüntü hakkında genel bilgilere referans olması adına değinilmiştir. Dördüncü bölümde delil ihtiva eden sayısal verilerden görüntüyü en çok etkileyen gürültülerin MATLAB programında farklı filtreler aracılığıyla iyileştirilmesi incelenmiştir. İyileştirme sonuçlarına göre PSNR, MSE ve IEF verileri karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra ek olarak optik karakter tanımlama sistemi olarak bilinen OCR'de işlenebilmesi için gaussian bulanıklığı barındıran görüntülerin keskinleştirilmesi için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Beşinci bölümde bulgulardan bahsedilmiş, altıncı bölümde yer alan sonuç ve önerilerle çalışma tamamlanmıştır.

Problem Durumu

Suç insanoğlunun var olduğu andan beri varlığını sürdürmüş sosyolojik, kriminolojik, hukuki bir sorundur. Hayatımızda birçok alanı etkileyen gelişen teknoloji suçun işlenme yöntemini, suç işlerken kullanılan araçları veya suçun tespitinde delil niteliği taşıyan olguları da etkilemektedir. Suç unsurunda bilişimden izler olduğu gibi tamamen bilişim üzerinden işlenmiş suç da olabilir.

Suçların ya da suçluların açığa çıkarılmasında yarar sağlayan emarelere delil denir. Bilişim aygıtlarından elde edilen delillere ise dijital delil adı verilir.

Dijital delil kapsamında adli görüntü kaydı incelemelerinde en çok başvurulacak vakaları, cinayet, taciz olayları, dolandırıcılık, kayıp vakaları, hırsızlık, şantaj, kaza olarak belirtebiliriz. Örnekleri çoğaltmak ve detaylandırmak mümkündür.

Gürültü de görüntü kayıtlarında kayıtların kalitesini düşüren ve delil olabilecek detayları manipüle eden kayıtların üzerindeki istenmeyen sinyallerdir.

Adli amaçlı en çok karşılaşılan gürültüler nelerdir ve hangi gürültü hangi filtrelerle iyileştirildiğinde daha başarılı sonuç verir? sorusuna sonuç belirleme kriterleri karşılaştırılarak cevap aranmıştır. Ayrıca gauss bulanıklığı barındıran plaka ve metin görüntülerinin optik karakter tanımlama sisteminde text formatına dönüştürülebilmesi, bu sayede görüntüde yer alan metinsel ifadelerin kolaylıkla düzenlenebilir, aranabilir hale gelebilmesi için yeni bir keskinleştirme yaklaşımı belirtilmiştir.

Araştırmanın Amacı

Gürültü görüntü delillerinde en çok karşılaşılan problemdir. Bazen bir görüntü cihazdan cihaza aktarılırken eklenen gürültü kalitesini büyük oranda düşürür ve düzeltilmesi gerekir. Bazen de çekim kalitesinden, çekim koşullarından kaynaklı sorunlar görüntü kalitesini büyük oranda düşürür ve düzeltilmesi gerekir.

Adli amaçlı delil olabilecek kayıtlar çoğunlukla bankamatik güvenlik kameraları, mobese kameraları, araç kameraları, bina güvenlik kameraları, cep telefonu kameraları gibi cihazlar olduğu için belirtilen nedenlerden dolayı istenmeyen sinyallere maruz kalması kaçınılmazdır.

Araştırmanın amacı adli bilişim kapsamında dijital görüntü delillerinde kaçınılmaz bu gürültülerin araştırılması, gürültüye uygun olan filtrenin belirlenmesi ile birlikte gauss bulanıklığı barındıran plaka görüntülerinin OCR (Optical Character Recognition)'de işlenerek ASCII (American Standard Code for Information Interchange) koduna dönüştürülebilmesi için farklı bir yaklaşım ile keskinleştirilebilmesidir.

Araştırmanın Önemi

Adli amaçlı delil olarak kullanılan kayıtların incelendiği vakalara hırsızlık, cinayet, trafik kazası, şantaj gibi birçok örnek verilebilir. Daha birçok örnekle çeşitlendirebileceğimiz kriminal olaylarda suçun ve suçlunun tespit edilebilmesi için kayıtların güvenilir yöntemlerle dijital esas delil özelliğini sağlayacak şekilde incelenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada da amaç doğrultusunda esas delil niteliğinin güvenilirliğini sağlamak için MATLAB programında delil olabilecek gürültü barındıran görüntü

kayıtlarının gürültülerden arındırılarak esas delil olarak kullanılabilmesinde rehberlik etmesi amacıyla farklı gürültü ve filtrelerden örnekler sunulmuştur.

Bunun yanında mobese, araç kayıt kamerası ya da güvenlik kamerası gibi görüntü kayıt cihazlarından elde edilen plaka görüntülerinin OCR aracılığı ile hızla aranabilir, düzenlenebilir metine dönüştürülerek kamera vasıtasıyla alınan görüntünün anında otomasyonla işlenebilmesi için yeni bir keskinleştirme yaklaşımı sunulmuştur.

Sınırlılıklar

Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gerçek vaka görüntüleri üzerinden analiz gerçekleştirilememiştir. Görüntüler temsili olarak seçilmiştir.

Çizelge 1.1. Görüntü kaynakları

Görüntü	Kaynak
Birinci Görüntü	(İnternet: Mini'nin Tarihçesi, 2014)
İkinci Görüntü	(İnternet: II. Dünya Savaşı Londrası'nın hiç görüşmemiş fotoğrafları, 2017)
Üçüncü Görüntü	(İnternet: 2. Dünya Savaşı'nın en etkileyici 89 fotoğrafı, 2010)
Dördüncü Görüntü	(İnternet: Ankara Türkiye Beyaz Dekoratif Amerikan Plaka, 2019)
Beşinci Görüntü	(İnternet: Why Blur your license Plates?, 2015)
Altıncı Görüntü	(İnternet: Can You Get That License Plate?, 2014)
Yedinci Görüntü	(İnternet: Can You Read These Increasingly Blurry License Plates?, 2015)

Yapılan Çalışmalar

1991 yılında Ko ve Lee; median filtrelerden adaptif merkez ağırlıklı median filtre ve merkez ağırlıklı median filtrenin karşılaştırmasını farklı görüntülerde iyileştirme sonuçlarına göre gerçekleştirmişler ve adaptif merkez ağırlıklı median filtrenin daha iyi sonuç verdiğini analiz etmişlerdir (Ko and Lee, 1991).

1992 yılında Pitas ve arkadaşı; çalışmalarını görüntü işleme algoritmaları üzerine gerçekleştirmişlerdir. Lineer ve non-lineer filtreler arasındaki farkları belirterek

görüntüdeki gürültü azaltma işleminde median filtrenin etkisinin büyük olduğunu tespit etmişlerdir (Pitas and Venetsanopoulos, 1992).

1993 yılında Yang ve arkadaşları; merkez ağırlıklı filtre ile FIR (finite impulse response: sonlu darbe yanıtı) filtre ve adaptif median filtreyi karşılaştırmışlardır. FIR filtreye göre iyi bir sonuç veren merkez ağırlıklı median filtre adaptif filtreye göre iyi bir sonuç vermemiştir (Yang, Yin, Gabbouj, Astola and Neuvo, 1993).

1995 yılında Hwang ve Haddad; dürtü gürültüsü bulunan görüntüler için sıraya dayalı uyarlamalı medyan filtre (RAMF) ve dürtü büyüklüğüne dayalı uyarlamalı medyan filtre (SMAF) olmak üzere iki tip algoritma önermişlerdir. Standart medyan filtrelerden daha üstün olduğunu belirttikleri bu algoritmalarından SMAF filtrenin, adaptif uzunluğa sahip medyan filtreden kolaylık ve performans açısından daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir (Hwang and Haddad, 1995).

1999 yılında Chen ve arkadaşları; yeni bir median filtre tasarlamışlardır ve klasik median filtre ile sonuçları karşılaştırmışlardır. Tri-state median filtre ismini verdikleri gürültüyü azaltırken ayrıntıları da korumaya çalışan bu filtre, gürültü seviyesi yükseldiğinde beklenen etkiyi sağlamakta yetersiz kalmıştır (Chen, Ma and Chen, 1999).

2003 yılında Jiang ve Wang; görüntünün nokta yayılım fonksiyonuna ait bilgi olmadan görüntü iyileştirmeye yarayan Blind Dekonvolüsyon Algoritma yönteminin olumlu ve olumsuz yönlerini araştırmışlardır (Jiang and Wang, 2003).

2004 yılında Rabie; sayısal görüntünün elde edilmesi aşamasında oluşan gürültülerden arındırılması aşamasında median filtrenin mean filtreden daha iyi sonuç verdiğini tespit etmiştir (Rabie, 2004).

2006 yılında Brown ve arkadaşları; görüntüde oluşan odak dışı bulanıklık ve projektör bulanıklığını azaltmak için bir yaklaşım önerdi (Brown, Song and Cham, 2006).

2008 yılında Cai ve arkadaşları; tuz biber ve Gauss gürültüsünün bir arada bulunduğu görüntüleri gürültüden arındırmak için iki aşamalı yöntem önermişlerdir (Cai, Chan, and Nikolava, 2008).

2009 yılında Huang ve arkadaşları; dürtü ve Gauss gürültüsünün neden olduğu gürültülü görüntülerin iyileştirilmesi için bir algoritma oluşturmuşlardır (Huang, Ng and Wen, 2009).

2014 yılında Senthilsevi ve arkadaşları; Gauss ve dürtü gürültüsü üzerine araştırmalar yapmışlardır. Bu gürültüleri dalgacık tabanlı, bulanık mantık tabanlı ve görüntü iç boyama kullanarak görüntülerden temizlemeye çalışmışlardır. Gauss gürültüsünün uzamsal filtre kullanarak azaltılabildiğini ancak görüntüdeki detayları da bulanıklaştıracağı için istenmeyen sonuçların da oluşacağını belirtmişlerdir (Senthilsevi and Sukumar, 2014).

2015 yılında Janani ve arkadaşları; mekânsal alanda görüntü geliştirme işleme teknikleri bakış açısı sunmuşlardır. Sayısal görüntülerdeki gürültüleri kaldırmak için en etkili filtreyi PSNR ve MSE değerlerine göre belirlemek amacıyla çalışmalar yapmışlardır. Tuz biber gürültüsü için median filtrenin daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir (Janani, Premaladha and Ravichandran, 2015).

2016 yılında Shi ve arkadaşları; önerdikleri ıraksamasız yöntemle gürültüsü olan ve gürültüsü olmayan pikselleri tespit edecek şekilde gürültülü görüntülerde başarılı iyileştirme sonuçları elde etmişlerdir (Shi, Zhang, Guo, Sun and Wu, 2016).

2017 yılında Monika ve arkadaşı; sayısal görüntülerdeki gürültüleri gidermek amacıyla uzamsal alan filtrelerini tartışmışlardır. Wiener filtre, blind dekonvolüsyon, ters filtre ve benzeri filtreleri karşılaştırmışlardır (Maru and Parikh, 2017).

2018 yılında Ulu ve arkadaşları; Gauss gürültüsü ve tuz biber gürültüsünün birlikte bulunduğu renkli görüntüleri gürültüden arındırmak için değişimsel tabanlı bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde renkli görüntüde ilk önce adaptif medyan filtre ile tuz biber gürültüsü barındıran pikselleri belirlemişler ardından L2 norm uygunluk terimi kullanarak Gauss gürültüsünü, son olarak da L1 norm uygunluk terimi kullanarak tuz biber gürültüsünü gidermeye çalışmışlardır. Önermiş oldukları yöntemin elde ettikleri sonuçların analizine göre başarılı olduğunu belirtmişlerdir (Ulu, Özen, Öztürk ve Dizdaroğlu, 2018).



2. ADLİ BİLİŞİM

İngilizce bir terim olan ve aslında Türkçe'ye bire bir çevrildiğinde bilgisayar kriminalastiği olan "computer forensics" kelimesinin daha geniş kapsamlı anlama gelecek şekilde çevrilmesiyle dilimize kazandırılmış kavramdır.

Bir bilim dalı olarak Adli Bilişim, suçun aydınlatılabilmesi için bilimsel metotlar kullanılarak suçla ilgili dijital delillerin hukuki delillere dönüştürülmesi sürecidir. Elektronik ortamdaki dijital delillerin hukuki delil niteliği taşıyabilmesi için, delillerin olay yerinden toplanırken zarar verilmemesi, incelenmek için tam teşekküllü laboratuvarlara götürülürken nakil prosedürlerine uyularak korunması, inceleme aşamasında delillin bütünlüğünün zarar görmeden incelenmesi, veri bütünlüğünün bozulmadığının ispatı gereklidir. Ama bunlar başlı başına yeterli değildir. Dijital delillerin inceleme sonrası analiz detaylarının tarafsız olarak bilimsel metotlarla bilimsel verilere dayandırılıp, elde edilen verilerin hukuki prosedürlere uygun anlaşılır bir şekilde raporlanması da gerekir.

Adli Bilişim dijital delillerle ilgilenir ve bu dijital delillerin manyetik ortamdan çıkarıp yazılı metin haline dönüştürür.

Kardell (2007)'e göre adli bilişim, belgenin gerçekliğinin sorgulanabileceği parçaların toplanması, gözden geçirilmesi ve araştırılmasıdır. Belgelerin ve ilgili meta verilerinin orijinalliğini koruyarak gerçekliği doğrulamak veya kurtarmak için kullanılan işlemleri de doğrular ve denetler. (Kardell, 2007).

Kruise ve Heiser (2002)'e göre adli bilişimin temelini datanın orijinalliğinin bozulmadan elde edilmesi ve analiz edilmesi oluşturur (Kruse and Heiser, 2001).

2.1. Adli Bilişim Çalışma Alanları

Teknolojinin her alanda geliştiği ve hayatımıza hızla nüfuz ettiği günümüzde adli bilişim dalı da paralel olarak gelişmekte olup, uygulama alanları da genişlemektedir. Öncesinde sadece ceza davalarında delil temin etmek olan adli bilişim, hukuk uyuşmazlıklarında ve

özel şirketlerde veri kurtarma, veri imha etme, veri saklama gibi konularda adından söz ettirmektedir.

Adli bilişimin çalışma alanlarından bazılarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (Tamay, 2011).

1. Veri kurtarma, imha etme, saklama veya dönüştürme
2. Şifreleme ve şifre çözme
3. Gizlenmiş dosya tespit etme/bulma
4. Hukuksal uyumsuzluklar
5. Steganografi
6. Suistimal tespiti ve önleme
7. Performans ölçümleri

Gelişen teknolojiyi ve buna paralel kapsama alanı genişleyen adli bilişimi baz aldığımızda listeyi artırmak mümkündür.

2.2. Adli Bilişim Uzmanlık Alanları

Zamanla çok geniş bir kapsamı olan adli bilişim alt disiplinlere ayrılmıştır. Bu alt disiplinlerin her biri ayrı uzmanlık alanı olmuştur. Bu disiplinlerden en çok bilinenleri;

- Bilgisayar Adli Bilimi
- Dosya Sistemi Adli Bilimi
- İşletim Sistemi Adli Bilimi
- Ağ Adli Bilimi
- Mobil Cihaz Adli Bilimi
- Bellek Adli Bilimi
- Görüntü Adli Bilimi
- Ses Adli Bilimi
- Sosyal Ağ Adli Bilimi

Bilgisayar adli bilimi

Adli bilişim alt disiplinleri içerisinde ilk ortaya çıkan ve en çok kullanılan disiplindir. Bilgisayarlar büyük veri barındıran ve en yaygın kullanılan elektronik cihazlardır. Bu işlem kapsamında yapılan incelemelerin büyük bir kısmı şüphelinin bilgisayarında yapılmaktadır. Bu incelemeler sonucunda da suç unsuruna ilişkin dijital deliller bulunmaktadır. Delil niteliğini taşıyan tüm verilerin adli makama uygun raporlarla sunulmasını kapsar.

Dosya sistemi adli bilimi

Dosya, disk üzerine depolanan verilerin bütününe denir. Dosya sistemi ise, dosyanın disk üzerinde nasıl saklandığı ve bilgisayarın bu saklanan dosyaları yönetebilmek için erişimi nasıl sağladığını kontrol eden, araştıran sistemdir. Kısacası veriyi dzenleyebileceğı ve ynetebileceğı ortama kaydetme işlemi ile ilgilenir. Sabit disk gibi ikincil belleklerde tutulan verilerle ilgilendiğinden dolayı ikincil belleğin düzenlenmesi, dosyalara yer sağlanması, boş alanların izlenmesi, dosyaların erişimlerinin hızlı olacak şekilde yerleştirilmesi, dosyalara erişim ve paylaşım haklarını belirleyerek dosyanın güvenliğı dosya sisteminin görevlerindendir.

Veri depolayan fiziksel ortam bloklardan oluşur. Bloklar, bilgiyi saklayan kk birimlerin sıralanmasıdır. Dosya sistemleri FAT (File Allocation Table), NTFS (New Technology File System), HFS (Macintosh Hierarchical File System), Ext (Extended File System), ISO 9660 (CD-ROM) olarak örneklendirilebilir.

Dosya sistemi adli bilişimin araştırma alanlarını, FAT12, FAT16, FAT32, FAT12, FAT16, FAT32, NTFS, exFAT, EXT2, EXT3, EXT4, HFS+ dosyalarının analizi olarak örneklendirebiliriz.

İşletim sistemi adli bilimi

Bilgisayar iki bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler donanı ve yazılımdır. Donanının nasıl çalışacağını denetleyen bileşenine yazılım ve bu yazılım topluluğuna işletim sistemi

denir. İşletim sistemi bütün yazılımların belleğe, girdi/çıkı aygıtlarına, dosya sistemlerine erişimini ile kullanıcı ve bilgisayar donanımı arasında iletişimi sağlar.

Windows adli bilim, Unix&Linux adli bilim, MacOSx adli bilim olarak farklılaşabilir.

Ağ adli bilimi

Ağ trafiği ve ağ sistemleri üzerin veri toplama, analiz etme ve raporlama yöntemidir. TCP/IP protokollerine bağımlı olan bir analizdir. İç veya dış ağ üzerinde güvenlik duvarı (firewall), saldırı tespit ve engelleme sistemi (IPS/IDS), tuzak sunucular (honeypot) gibi sistemlerin kayıtlarında analiz gerçekleştirilir. Neden ağ adli bilişimi açıklayacak olursak, diske herhangi bir şey yazmadan direkt olarak bellek üzerinde çalışan kötücül yazılımlarla saldırgan RAM ve ağ harici iz bırakmadan saldırabiliyor. Saldırı sırasında bellekten bilgi çalabilir, eriştiği sistemin loglarını ya da sistemi tamamen silebilir. Bu durumlarda ağ kaynaklarından bilgi toplanabilir.

Mobil adli bilim

Mobil cihazlar, teknolojinin ve kullanım alanlarının gelişmesiyle hayatımızın her anına etki etmiş durumdadır. 3G ile birlikte TCP/IP'deki problemler mobil sistemleri de kapamaktadır. Cep telefonları, akıllı telefon/tabletler, akıllı saatler, GPS cihazları mobil adli bilimin incelediği cihazlara örnek verilebilir. Mobil sistemlerin işletim sistemi ve dosyalama yapısı bilgisayar sistemlerinden farklı olduğu için analizinde de farklı uzmanlık gerektiren inceleme metotlarını zorunlu kılar. Mobil sistemler aracılığı ile başkasının adına sms gönderilebilir, çağrı bırakılıp arama yapılabilir, cihaz uzaktan yönetilerek disk üzerindeki tüm verilere ulaşılabilir, kamerası, mikrofonu açılabilir. Mobil sistem analizi ile bu ve benzeri tüm suçlara ait veri toplanır, analiz edilir ve raporlanır (Önal, 2019).

Bellek adli bilimi

Medya araçları adli bilimi olarak da sınıflandırılabilir. USB aygıtlar, PDA teknolojileri, HDD, SSD, CD, DVD, dijital ses ve görüntü kayıt cihazları en çok kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar vasıtası ile uygunsuz, adli bilişim alanında delil niteliği içeren verilerin açığa çıkarılması, kurtarılması, analizi ve raporlama ile ilgilenir.

Görüntü adli bilimi

Fotoğraf veya video kaydı şeklinde olan görüntüyü analiz etme, karşılaştırma ve raporlama sürecidir. Sayısal işleme tekniklerinden faydalanılarak gelişmiş laboratuvarlarda bilimsel metotlara ve yasal prosedürlere uygun olarak analizi yapılır. Görüntü netleştirme, görüntü karşılaştırma, montaj tespiti, çekilen cihazın tespiti, kurgu incelemeleri vb. gerçekleştirilir (Kılıç, 2018).

Ses adli bilimi

Delil olarak kabul edilebilecek ses kayıtlarının elde edilmesi, analizi, değerlendirilmesi ve raporlamasıdır. Konuşma anlaşılabilirliği, ses analizi, montaj tespiti vb. analizleri gerçekleştirir (Kılıç, 2018).

Sosyal ağ adli bilimi

Twitter, Facebook, Instagram gibi sosyal medya şirketleri gizlilik sözleşmesi gereği hiçbir kurum ya da kuruluş ile kullanıcılarına ait hesap bilgilerini paylaşmamaktadır. Ancak sosyal medyalar bunlarla sınırlı değildir. Skype, Outlook, LinkedIn, Pinterest, WhatsApp gibi küresel şirketlerin oluşumları yanında bloglar, forumlar, sohbet siteleri, sözlükler gibi kişilerin birbirleriyle iletişime geçmelerini sağlayan küçük ölçekli sosyal medya ağları da bulunmaktadır. Sosyal ağların en büyük özelliği kullanıcılarından anlık olarak devasa büyüklükte veri üretmesidir. Büyük veriler, onları ele geçiren kişiler tarafından kötü niyetli kullanılarak kullanıcı ve kurumların gizliliğine, güvenliğine zarar veren sonuçlar doğurabilir. Bununla birlikte sosyal medyada bıraktığımız izlerimiz bilişim suçuna delil olabilir. Sosyal ağ adli bilişimi de sosyal medyalardaki bu verilerin toplanması, incelenmesi ve delil niteliği taşıyanların prosedürlere uygun raporlanması ile ilgilenir (Özen ve Özkocak, 2015).

2.3. Adli Bilişim Süreçleri

Dijital sistemlerden toplanan verilerin delil niteliği taşıması için etik kurallar çerçevesinde teknik ve hukuki gerekliliklere uygun olarak toplanması, korunması, analiz edilmesi,

raporlanması gereklidir. Sonucunda hazırlanan rapor mahkemeye sunulacağından dolayı tüm incelemeler mevzuata uygun olarak yapılmalıdır.

Ceza Muhakemesi Kanunu'nun 134. maddesine göre;

Bilgisayarlarda, bilgisayar programlarında ve kütüklerinde arama, kopyalama ve elkoyma
Madde 134:

(1) Bir suç dolayısıyla yapılan soruşturmada, somut delillere dayanan kuvvetli şüphe sebeplerinin varlığı ve başka surette delil elde etme imkânının bulunmaması halinde, hâkim veya gecikmesinde sakınca bulunan hâllerde Cumhuriyet savcısı tarafından şüphelinin kullandığı bilgisayar ve bilgisayar programları ile bilgisayar kütüklerinde arama yapılmasına, bilgisayar kayıtlarından kopya çıkarılmasına, bu kayıtların çözülerek metin hâline getirilmesine (...) karar verilir. Cumhuriyet savcısı tarafından verilen kararlar yirmi dört saat içinde hâkim onayına sunulur. Hâkim kararını en geç yirmi dört saat içinde verir. Sürenin dolması veya hâkim tarafından aksine karar verilmesi hâlinde çıkarılan kopyalar ve çözümü yapılan metinler derhâl imha edilir.

(2) Bilgisayar, bilgisayar programları ve bilgisayar kütüklerine şifrenin çözülememesinden dolayı girilememesi veya gizlenmiş bilgilere ulaşılamaması ya da işlemin uzun sürecektir olması halinde çözümün yapılabilmesi ve gerekli kopyaların alınabilmesi için, bu araç ve gereçlere elkonulabilir. Şifrenin çözümünün yapılması ve gerekli kopyaların alınması halinde, elkonulan cihazlar gecikme olmaksızın iade edilir.

(3) Bilgisayar veya bilgisayar kütüklerine elkoyma işlemi sırasında, sistemdeki bütün verilerin yedeklemesi yapılır.

(4) Üçüncü fıkraya göre alınan yedekten bir kopya çıkarılarak şüpheliye veya vekiline verilir ve bu husus tutanağa geçirilerek imza altına alınır.

(5) Bilgisayar veya bilgisayar kütüklerine el koymaksızın da, sistemdeki verilerin tamamının veya bir kısmının kopyası alınabilir. Kopyası alınan veriler kâğıda

yazdırılarak, bu husus tutanağa kaydedilir ve ilgililer tarafından imza altına alınır (Ceza Muhakemesi Kanunu Madde 134 - 5271 Sayılı Kanun, 2004).

Adli Önleme ve Aramaları Yönetmeliği'nin 17. maddesine göre;

Bilgisayarlarda, bilgisayar programlarında ve kütüklerinde arama, kopyalama ve elkoyma Madde 17:

Bir suç dolayısıyla yapılan soruşturmada, başka surette delil elde etme imkânının bulunmaması hâlinde, Cumhuriyet savcısının istemi üzerine şüphelinin kullandığı bilgisayar ve bilgisayar programları ile bilgisayar kütüklerinde arama yapılmasına, bilgisayar kayıtlarından kopya çıkarılmasına, bu kayıtların çözülerek metin hâline getirilmesine hâkim tarafından karar verilir.

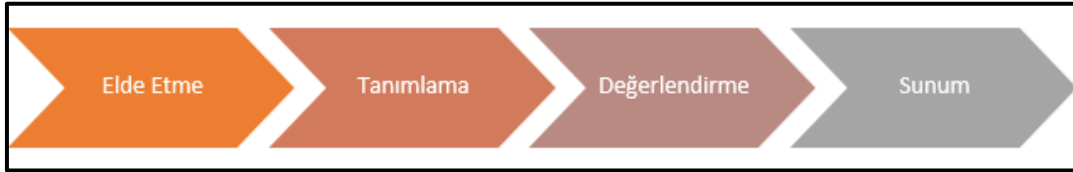
Bilgisayar, bilgisayar programları ve bilgisayar kütüklerine şifrenin çözülememesinden dolayı girilememesi veya gizlenmiş bilgilere ulaşılamaması hâlinde çözümün yapılabilmesi ve gerekli kopyaların alınabilmesi için, bu araç ve gereçlere elkonulabilir. Şifrenin çözümünün yapılması ve gerekli kopyaların alınması hâlinde, elkonulan cihazlar gecikme olmaksızın iade edilir.

Bilgisayar veya bilgisayar kütüklerine elkoyma işlemi sırasında, sistemdeki bütün verilerin yedeklemesi yapılır. Bu işlem, bilgisayar ağları ve diğer uzak bilgisayar kütükleri ile çıkarılabilir donanımları hakkında da uygulanır.

Üçüncü fıkraya göre alınan yedekten elektronik ortamda bir kopya çıkarılarak şüpheliye veya vekiline verilir ve bu husus tutanağa geçirilerek imza altına alınır.

Bilgisayar veya bilgisayar kütüklerine elkoymaksızın da, sistemdeki verilerin tamamının veya bir kısmının kopyası alınabilir. Kopyası alınan verilerin mahiyeti hakkında tutanak tanzim edilir ve ilgililer tarafından imza altına alınır. Bu tutanağın bir sureti de ilgiliye verilir (Adli ve Önleme Aramaları Yönetmeliği Madde 17 , 2005).

Kanun maddesinde de sıralandığı gibi adli bilişim süreçleri temelde arama yapma, kopyalama, inceleme ve metin haline dönüştürme olmak üzere Şekil 2.1’de gösterildiği gibi dört aşamadan oluşur.



Şekil 2.1. Adli bilişim süreçleri

Elde Etme

Elde etme, suçu aydınatabilecek olası delillerin toplanması ve kopyalarının alınmasıdır. Bu aşamada araştırmacıya suçla ilgili bilgi verebileceği için olay yerine ilk müdahale ve olay yerinin güvenliği önemlidir.

Elde etme aşamasındaki önemli hususlar ve gereklilikleri,

- ✓ İlk müdahale de olay yerinde delil sayılabilecek tüm unsurların eksiksiz saptanması ve yetkisiz üçünü şahıslar tarafından olay yerine müdahale edilmemesi,
- ✓ Olay yerinde muhtemel delil olabilecek kapalı olarak bulunan elektronik sistemlerin zarar görmemesi ve delil değeri taşıması için açılmaması,
- ✓ Muhtemel delil değeri içeren tüm unsurlar toplanmasının ardından laboratuvarlara götürülürken hassas yapılarından dolayı paketleme ve nakliye işlemlerinde dikkatli olunması,
- ✓ Delil niteliği taşıyan elektronik cihazlar üzerinde yapılan incelemeler, yazma korumalı bir ortamda ve dijital imzalı doğrulaması yapılmış olarak alınan kopyalarının üzerinden analiz edileceği için kriterlere uygun olarak kopyalarının alınmış olması olarak belirtebiliriz.

Paketleme ve nakliye işleminde bilişim sistemleri ve veri depolama birimleri sarsıntı, statik elektrik, manyetik alan, radyo frekansı, ısı, nem gibi dış etkenlerden etkileneceği, bu etki sonucunda delil özelliğini yitireceği için dikkatli olunması gerekir.

Analiz işlemleri gerçek delil nesnesinin zarar görmemesi için alınan kopyası üzerinden gerçekleştirilir. Bire bir kopyalama işleminde adli bilişimde imaj adı verilmektedir. İmaj alma işlemi hedef sistem üzerinden bit bazında düşük seviyede bire bir kopyasının alınması ile gerçekleştirilir (Ekizer, 2014).

Tanımlama

Elde etme aşamasının ardından imajı alınan delil unsuru üzerindeki verilerin gözle görünür biçime getirilmesi işlemidir. Araştırılacak veriler suça ve verinin depolanma birimlerine göre farklılık göstereceği için suçla ilgili araştırma yöntemleri ile birlikte inceleme planı oluşturulur (Ekizer, 2014).

Değerlendirme

Değerlendirme aşamasında bulunan bulgulardan hangilerinin geçerli olabilecek kesin delil niteliği taşıdığının tespiti yapılır. Sonuçlar adli makamlara sunulacağı için elde edilen bulgular, elde etme yöntemleri ayrıntılı ve anlaşılır bir şekilde belirtilerek tutanaklar tutulur. Bu aşama kesinlik taşıyan dijital delilleri elde etme ve analiz etme aşamasında kurallara uyulup uyulmadığının kontrolüdür (Ekizer, 2014).

Sunum

Sunum aşaması hukuki bir değerlendirmeyi kapsamaktadır. Adli bilişim uzmanlarının inceleme aşamasından geçmiş verilerden hangilerinin o suç için kullanılabilir nitelikte kesin delil olduğu kolluk kuvvetleri tarafından değerlendirilmesi ve raporlanmasıdır. Raporun teknik bilgisi olmayan insanlar tarafından bile anlaşılabilir, kesin ve somut verileri ayrıntılı ve teknik bilgileri açıklayıcı olmalıdır. Ayrıca inceleme esnasında kullanılan adli bilişim yöntemleri açıklanmalı, veri bütünlüğünün korunarak delil elde edildiğinin ispat edilmeli ve inceleme aşamasında yapılan tüm işlemler belirtilmelidir (İnternet: Aydoğan, 2009).

2.4. Dijital Delil

Delil, Türk Dil Kurumu'na göre “insanı aradığı gerçeğe ulaştırabilecek iz, emare” olarak tanımlanır.

Dijital delil ise olayla ilişkili değerleri olan elektronik yolla saklanan ve iletilen verilerdir. Elektronik delil anlamına gelecek şekilde kısaca e-delil de denilebilir. E-delillerin hukuki açıdan delil niteliği gösterebilmesi için delillerin ilk alındığı andan itibaren adli bilişim süreçlerine uygun olarak hangi tarihte, kimden, nereden alındığı ve değiştirilmediğinin ispat edilmesi gerekir (Uzunay ve Bıçakçı, 2005).

Fransız memur Dr. Edmond Locard'ın değişim prensibine göre her fail olay yerinde iz bırakır ve olayla ilişkin izi üzerinde taşır.

Dijital deliller sadece bilişim suçlarında değil, suçun türü ne olursa olsun olayı aydınlatmada kullanılacak elektronik ortamda saklanabilen ve taşınabilen verilerdir. Doğaları gereği hassastırlar ve kolayca değiştirilebilir. Bu yüzden elde etme aşamasında geleneksel suçta olduğu gibi delillerin değiştirilmemesi ve imha edilmemesi için olay yeri güvenliği birincil önceliklidir (Anderson, 1997).

2.4.1. Dijital delillerin özellikleri

Dijital delillerin hukuki açıdan geçerli sayılabilmesi ve delil niteliği taşıyabilmesi için adli mecralara raporlanmadan önce geleneksel suça ait delillerin sahip olması gereken kabul edilebilirlik, gerçeklik, bütünlük, güvenilirlik gibi özellikleri taşıması gerekir (Mohay, Anderson, Collie, Vel and McKemmish, 2003; Berber, 2004).

Dijital deliller geleneksel delillere göre hassasiyet barındırmaktadır. Bu hassasiyetleri şu şekilde sıralayabiliriz (Hosmer, 2002).

Dijital delilin bütünlüğü

Dijital deliller doğası gereği hassastırlar. Kolaylıkla değiştirilebilirler, bozulabilirler ya da imha edilebilirler. Delil bütünlüğüne zarar verecek müdahaleler kasti veya yanlışlıkla

yapılmış olabilir. Olası ihtimallerin önüne geçmek ve delil olarak değerlendirilebilmesi için verilerin bütünlüğüne zarar gelmemesi önemlidir.

Dijital delilin doğrulanması

Delil ihtiva eden verilerin sonradan oluşturulabileceği, inkâr edilebileceği ihtimallerinden dolayı gerçekten soruşturulan olaya veya şüpheliye ait olup olmadığının tespiti.

Dijital delilin doğruluğu

Elde edilen dijital delilin, kişisel veya kurumsal sahibi, içeriği, elde eden kolluk kuvveti, temin edildiği zaman ve elektronik ortam gibi bilgilerinin doğruluğunun ispat edilebilir şekilde raporlanmasıdır.

Dijital delilin inkâr edilemezliği

Dijital delilin toplanması, analiz edilmesi, raporlanması sırasında bilimsel metot ve yasal prosedürlere uygun bir şekilde hareket edildiğinin ispatıdır.

Dijital delilin yeniden ele alınabilirliği

Dijital deliller temin edildikten sonra bu delillerin üçüncü bir kişi tarafından incelenebilmesi ve yeniden oluşturabilmesidir. Bunun için analizler gerçek muhtemel delil üzerinden değil imajları üzerinden gerçekleştirilir (Hosmer, 2002).

2.4.2. Dijital delillerin bulunduğu ortamlar

Üzerinde veri depolayabilen her türlü elektronik cihaz muhtemel dijital delil özelliğindedir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte bu cihazları sınırlandırmak mümkün değildir. Ancak donanımsal ortamları, bilgisayarlar, monitörler, diğer çevre birimleri, modemler, sabit ve taşınabilir diskler, RAM, Disketler, CD'ler, DVD'ler, USB bellekler, RFID çipler, cep telefonları, el bilgisayarları, oyun konsolları, akıllı televizyonlar, medya oynatıcıları, yazıcı, tarayıcı, fotokopi, fax cihazları, network cihazları, smart kartlar, gömülü bilgisayar sistemine sahip sistemler, ses ve görüntü kaydedici cihazlar olarak örneklendirebiliriz.

Bunların dışında veri dosyaları, kurtarılmış silinmiş dosyalar, sunucu kayıtları, e-posta, internet geçmişi, bulut ortamları, abone kayıtları, ses kayıtları, dijital fotoğraf ve videolarda muhtemel delil unsuru ihtiva edebilir.



3. ADLİ GÖRÜNTÜ

Bu bölümde dijital görüntü, adli görüntü inceleme alanları, adli görüntü zenginleştirme ve onarma ile birlikte bunun için kullanılan filtrelerle değinilmiştir.

3.1. Dijital Görüntü Nedir?

Resim, fotoğraf, görsel, imaj, görüntü karıştırılan kavramlardır. Dijital görüntünün tanımını yapmadan önce karıştırılan bu kavramların Türk Dil Kurumu Sözlüğünde yer alan tanımları, aslında aynı kavramlar olmadıklarını ortaya koyar.

Resim, “varlıkların, doğadaki görünüşlerinin kalem, fırça gibi araçlarla kâğıt, bez vb. üzerinde yapılan biçimleridir”;

Fotoğraf, “çeşitli araç ve malzeme kullanarak görüntüyü özel bir yüzey üzerinde sabitlemek”;

Görsel, “görme duyusuyla ilgili olan, görmeye dayanan”;

İmaj, “duyu organlarının dıştan algıladığı bir nesnenin bilince yansıyan benzeri”;

Görüntü, “herhangi bir nesnenin mercekle, ayna vb. araçlarla oluşturulan biçimi, hayal” olarak tanımlanmıştır.

Dijital Görüntü

Sonlu sayıda byte ile temsil edilen $x \times y$ matrisi şeklinde iki boyutlu sayı dizine dijital görüntü denir. Dizin her bir elemanına piksel denir. Yatay olarak x tane düşey olarak y tane noktanın çarpımı ile bulunan toplam piksel sayısına çözünürlük denir. Çözünürlük arttıkça görüntüdeki detaylarda artar.

Görüntü kayıt cihazları da gelişen teknolojiye uyum sağlamış ve geleneksel yöntemlerden dijital kayıt cihazları ile dijital fotoğrafçılığa geçiş yapılmıştır. Dijital fotoğrafların

yaygınlaşmasıyla görüntü işleme ve düzenleme araçları da gelişmiştir.

Adli görüntü, bilgisayar, elektronik, hukuk, tıp, güzel sanatlar, antropoloji, dil bilimi ve daha fazla bilim dalları ile birlikte değerlendirilir.

Görüntüler bir olayı açığa çıkarabilecek en etkili delil türü sayılabildiği için adli bilişimdeki yeri de önemlidir. Dijital delillerden görüntünün incelenmesi adli bilişim kapsamında amaca yönelik teşhis ve tespitin yapılabilmesini sağlar. Bunun için dijital görüntünün mahkemeye sunulmasında delil niteliği ihtiva etmesi için belirli sıralamaya uyulması ve tek tek bunların ispat edilmesi gerekmektedir. Bunlar, öncelikle orijinal görüntülerinin bütünlüğünün korunmasının ispat edilmesi, görüntülere uygulanan filtreler sonrası elde edilen sayısal görüntülerin ayrı ayrı mahkemeye sunulması sonrasında ise iyileştirme ve diğer amaçlarla görüntüler üzerinde uygulanan filtrelerin doğru ve güvenilirliğinin ispat edilmesidir.

3.1.1. Görüntü kalitesi nedir?

Kalite, görüntüleri elde etmedeki yöntemler ve görüntü iletimi ile doğrudan ilişkili olmakla birlikte belirli etkenlerin bir araya geldiği kavramdır. Bu etkenler, keskinlik, kirlilik, bulanıklık, renk sapmaları, kontrast, insan kaynaklı hatalar, kullanılan cihazların özellikleri, çekim yapan kişinin ayarları başlıcalarıdır.

3.1.2. Görüntüde kontrastın ve bulanıklığın etkisi

Keskinlik, renk geçişlerinin sertlik ölçüsüdür. Bir renkten diğer renge ne kadar hızlı bir geçiş varsa keskinlik o kadar fazladır. Keskinliği etkileyen etmenlerin başında sayısal görüntüyü elde etme aşamasında kullanılan cihazda ayarlanan çözünürlük ve lensin kalitesi gelir.

Kontratta görüntünün kesinliği ve görüntünün kirliliği arasında ince bir çizgi vardır. Kontrast arttıkça sayısal görüntülerde kaçınılmaz olan gürültülerin görünürlüğü de artar (Sprawls, 1993).

Bulanıklaştırma, sayısal görüntüdeki her bir pikseli ve o piksellerin çevresini birbirleri ile

uyumlu hale getirmedir. Bu sayede sayısal görüntü yumuşar ve fark edilen gürültü azalır.

Sayısal görüntüyü bulanıklaştırma işlemi sırasında gürültüsünün etkisinin azalması gibi olumlu bir sonu meydana gelse de korunması istenilen görüntü kenar ve detaylarının etkisini de yumuşatarak detay kaybına neden olur.

3.2. Görüntülerde Meydana Gelen Gürültü Türleri

Görüntüdeki kalite kaybı gürültüden kaynaklanır. Gürültü, çekim esnasındaki hareket veya atmosferik kararsızlık sebebiyle veya çekim açısında yanlış ışık etkisinden kaynaklı bulanıklaşma, çekim cihazındaki lenslerden kaynaklı geometrik bozulma ve elektrik parazitlerinden, elektronik kaynaklardan gelen bozulmalar olabilir. Görüntü kalitesini etkileyen etkenler, karlı görüntü, aşırı keskinlik, bulanıklık, aşırı parlaklık, aşırı karanlık, solukluk ve renk kaymaları olabilir.

Görüntülerdeki gürültü ve bulanıklığı ona ayırabiliriz (Kaur and Singh, 2014).

- I. Gauss gürültüsü (Gaussian noise)
- II. Dürtü gürültü (Impulse noise)
- III. Gamma gürültüsü (Erlang noise)
- IV. Üstel gürültü (Exponential noise)
- V. Tek biçimli gürültü (Uniform noise)
- VI. Rayleigh gürültüsü (Rayleigh noise)
- VII. Ortalama bulanıklık (Average Blur)
- VIII. Gauss bulanıklığı (Gaussian Blur)
- IX. Hareketten kaynaklı bulanıklık (Motion blur)
- X. Odak dışı bulanıklık (Defocus blur)

3.2.1. Gauss gürültüsü

En sık meydana gelen gürültü çeşididir. Görüntüdeki ışık yetersizliği, yüksek sıcaklık veya elektronik devre gürültüsünden kaynaklı ortaya çıkar. Özetle sinyaldeki rasgele bozulma ve dalgalanmalardan kaynaklanır.

Gauss gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu Eş. 3.1'de gösterilmektedir.

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(z-\mu)^2 / 2\sigma^2} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte σ standart sapmayı, μ dağılımın ortalama değerini, z ise yoğunluk değerini belirtir (Kaur and Singh, 2014).

3.2.2. Dürtü gürültüsü

En çok karşılaşılan diğer bir gürültüdür. Tuz ve biber gürültüsü olarak da bilinir. Tuz görüntüde beyaz noktaların saçılması, biber siyah noktaların saçılmasıdır. Görüntü elde etme ya da iletimi sırasında meydana gelen sinyal bozulmalarından oluşur. Bunlar kameranın algılayıcılarındaki piksel elemanlarının çalışmalarındaki bozukluk, hatalı bellek bölgelerinden ya da sayısallaştırma sürecindeki zamanlama hatalarından kaynaklıdır.

Dürtü gürültüsünün yoğunluk fonksiyonu Eş. 3.2'de gösterilmiştir.

$$p(z) = \begin{cases} P_a, & z = a, \\ P_b, & z = b, \\ 0, & \text{aksi durum} \end{cases} \quad (3.2)$$

Görüntüde $b > a$ olduğunda tuz anlamına gelen beyaz nokta b yoğunluğudur.

Görüntüde $a > b$ olduğunda ise, biber anlamına gelen siyah nokta a yoğunluğudur (Kaur and Singh, 2014).

3.2.3. Gama gürültüsü

Lazere monte edilmiş sensörler yardımı ile üç boyutlu görüntüler elde etmek olan lazer görüntülemeyi etkileyen bir gürültü çeşididir. Erlang gürültüsü olarak da bilinir.

$$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!} e^{-az} & z \geq 0 \\ 0 & z < 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

Gonzales ve Woods'un 2008 yılında tanımladığı Eş. 3.3'de gösterilen yoğunluk fonksiyonunda yoğunluğun ortalamasını $\bar{z} = \frac{b}{a}$ ile varyansını ise, $\sigma^2 = \frac{b}{a^2}$ ile tanımlarlar (Gonzales and Woods, 2008).

3.2.4. Üstel gürültü

En sık üç boyutlu görüntüleri yakalama işlemi olan lazer görüntülemeye ortaya çıkar. Gama gürültüsü fonksiyonunun özel bir halidir.

$$p(z) = \begin{cases} ae^{-az} & z \geq 0 \\ 0 & z < 0 \end{cases} \quad (3.4)$$

Gonzales ve Woods'un tanımladığı Eş. 3.4'de gösterilen yoğunluk fonksiyonunda ortalaması $\bar{z} = \frac{1}{a}$ ile, varyansı $\sigma^2 = \frac{1}{a^2}$ ile tanımlanır (Gonzales and Woods, 2008).

Gama gürültüsünün fonksiyonunda $b=1$ alındığında üstel gürültü fonksiyonu elde edilir. Bu da Gama gürültüsünün özel bir hali olduğunu gösterir.

Lazere monte edilmiş sensörler yardımı ile üç boyutlu görüntüler elde etmek olan lazer görüntülemeyi etkileyen bir gürültü çeşididir. Erlang gürültüsü olarak da bilinir.

3.2.5. Tek biçimli gürültü

Niceleme gürültüsü olarak da adlandırılır. Analog görüntüyü dijital görüntüye çevirme işleminde ortaya çıkar. Görüntünün pikselleri bir dizi ayrık seviyeye göre nicelendirilmiştir.

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq z \leq b \\ 0 & \text{aksi durum} \end{cases} \quad (3.5)$$

Eş. 3.5'de gösterilen yoğunluk fonksiyonunda ortalaması $z = \frac{a+b}{2}$ ile, varyansı $\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$ ile tanımlanır.

3.2.6. Rayleigh gürültü

İki boyutlu menzilli görüntülemelerde ortaya çıkar. Görüntü mesafeye karşılık gelen piksel değerlerine sahiptir. Rayleigh gürültü kanalı insan vücudunun tıbbi görüntülemelerinden oluşan manyetik rezonans görüntülemelerde (MR) bulunur.

$$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z - a)e^{-(z-a)^2/b} & z \geq a \\ 0 & z < a \end{cases} \quad (3.6)$$

Gonzales ve Woods'un 2008 yılında tanımladığı Eş. 3.6'da gösterilen yoğunluk fonksiyonunda yoğunluğun ortalamasını $\bar{z} = a + \sqrt{\pi b/4}$ ile varyansını ise, $\sigma^2 = \frac{b(4-\pi)}{4}$ ile tanımlarlar (Gonzales and Woods, 2008).

3.2.7. Ortalama bulanıklık

Sayısal görüntülerde bulanıklık fotoğrafçı tarafından fotoğrafın ön plana çıkarmak istediği ifadeyi güçlendirmek amaçlı kasıtlı olarak oluşturulmuş da olabilir, yanlış ışık etkisi, cihazdan görüntüyü yakalarken oluşan nesne ya da kayıt cihazının hareketinden kaynaklı olarak kasıtsız oluşmuş da olabilir.

Ortalama bulanıklık, her bir pikselin belirli komşu piksellerinin ortalama değerine göre ayarlanması sonucu oluşur.

3.2.8. Gauss bulanıklığı

Sinyaldeki rasgele bozulma ve dalgalanmalardan kaynaklı bulanıklıktır. Bulanıklık görüntünün merkezinde yoğun kenarlarında daha hafiftir. Bu bulanıklığın oluşması rüzgâr, sıcaklık, nem, maruz kalma süresi gibi faktörlere bağlıdır (Maru and Parikh, 2017).

Gauss gürültüsü, görüntüdeki piksellerin bir bölümünü değil hepsini etkilediği için görüntüyü bu iyileştirmek için de tüm piksellerde işlem yapmak gerekir (Dhole and Chopde, 2015).

3.2.9. Hareketten kaynaklı bulanıklık

Çekim kalitesinden kaynaklı kenarların net olmadığı, renk geçişlerinin çok yumuşak olduğu bozulmalardır. Görüntü elde etme aşamasında kayıt cihazının hareketinde de kaynaklı olabilir, kayıt altına alınan nesnenin hareketinden de kaynaklı olabilir.

3.2.10. Odak dışı bulanıklık

Görüntü yakalama esnasında nesnelerin odak dışında kaldığında maruz kaldığı bozulmalardır. 3 boyutlu bir görüntüyü 2 boyutlu düzlemde görüntülemeye çalışıldığında görüntünün bazı kısımları net olamaz.

Circle of confusion olarak ifade edilen ve bulanık dairesi anlamına gelen COC ışığın odaklanması gereken noktadan ne kadar saptığının ölçüsüdür. Net alan derinliği ile ilişkili olduğu için nesnenin kameraya olan uzaklığı, çekim cihazında kullanılan lensin kalitesi, çekim cihazında kullanılan lensin diyafram derecesi bulanıklık dairesini etkiler.

Diyafram, kayıt cihazı tarafından kayda alınacak nesneden yansıyan ışınların aynanın üzerine hangi yoğunlukta düşeceğini belirleyen sisteme denir. Kısacası ışığın yoğunluğunu ve net alan derinliğini kontrol eden sistemdir. Diyafram açıklığı arttıkça derinlik azalırken, açıklık azaldıkça derinlik arttığından dolayı net alan derinliği ile ters orantılı olarak ilişkilidir.

3.3. Görüntü İyileştirme Yöntemleri

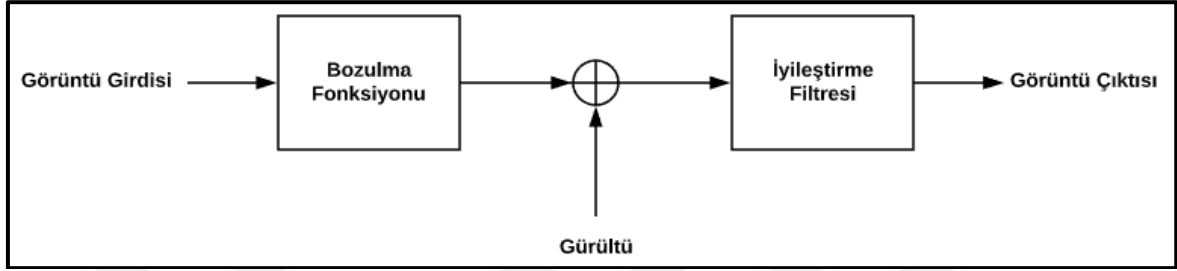
Görüntü iyileştirmenin iki tekniği vardır (Senthilsevi and Sukumar, 2014).

I. Mekânsal (Uzamsal) alan teknikleri

Bu tekniklerinde görüntünün direk pikselleri ile ilgilenilir. İstenilen çıktı elde edilinceye kadar piksellerde çalışılır. Ucuz, etkili ve az kaynak gerektirir.

II. Frekans alanı teknikleri

Frekans alan tekniğinde mekânsal alandan farklı olarak pikselle değil görüntünün yoğunluklarında çalışılır. Uzamsal alanda basit bir maske bulunmazsa frekans alan tercih edilir. Şekil 3.1’de iyileştirme süreç modeli gösterilmektedir.



Şekil 3.1. İyileştirme süreç modeli (Senthilsevi and Sukumar, 2014)

Sayısal görüntüleri elde etme aşamasında ya da iletimi sırasında çeşitli gürültü tipleri görüntülerin üzerine eklenir. Gürültülerin tiplerine göre ise görüntüdeki gürültüyü indirmek için çeşitli filtreleme teknikleri kullanılır. Filtreler, gürültünün özelliğine göre ve piksellerde yaptığı değişime göre çeşitlilik göstermekle birlikte temelde görüntüyü yumuşatmak ya da keskinleştirmek için kullanılırlar.

Yumuşatma (bulanıklaştırma) işleminde belirlenen matris görüntü üzerinde kaydırılır ve değeri yine görüntünün üzerindeki pikseller ile çarpılarak işlem yapılır. Yumuşatma işlemi, matematiksel olarak Eş. 3.7’de gösterilmiştir.

$$g(i, j) = h(i, j) * f(i, j) \quad (3.7)$$

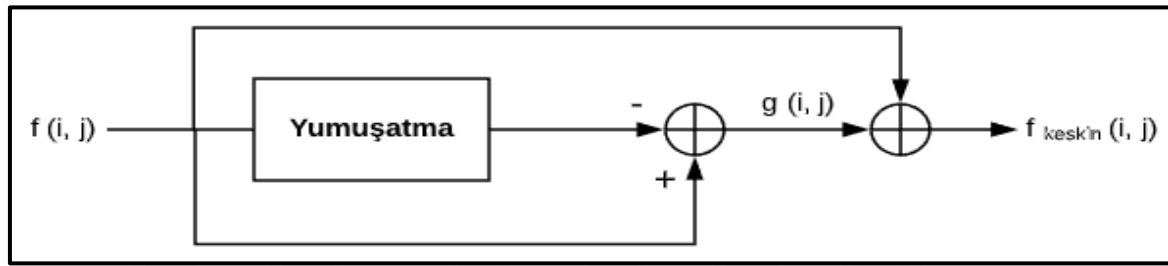
$g(i, j)$ çıkış görüntüsü fonksiyonu, $f(i, j)$ giriş görüntüsü fonksiyonu, $h(i, j)$ ise filtre fonksiyonudur.

Keskinleştirme işleminde, özgün görüntüden görüntünün yumuşatılmış halinin çıkarılması ardından da özgün görüntü ile yumuşatılmış halinin çıkararak kenarlarının daha belirgin olduğu görüntünün birleştirilmesi gerçekleştirilir. Bu sayede daha net görüntü elde edilir. Keskinleştirme işlemi matematiksel olarak Eş. 3.8’de modeli ise Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

$$g(i, j) = f(i, j) - f_{\text{bulanık}}(i, j)$$

$$f_{\text{keskin}}(i, j) = f(i, j) - k * g(i, j) \quad (3.8)$$

$g(i, j)$ çıkış görüntüsü fonksiyonu, $f(i, j)$ giriş görüntüsü fonksiyonu, $f_{\text{bulanık}}(i, j)$ ise bulanık görüntünün fonksiyonu, $f_{\text{keskin}}(i, j)$ ise netleştirilmiş görüntünün fonksiyonudur. k değeri büyüdükçe keskinleştirme artar.



Şekil 3.2. Keskinleştirme modeli

3.3.1. Mean filtre

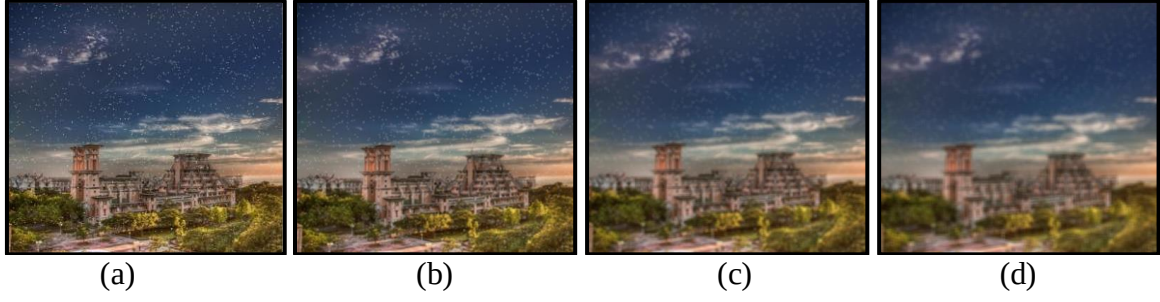
Mean filtre yani ortalama filtre görüntüyü yumuşatmada en çok kullanılan filtrelerden birisidir. Görüntü iyileştirmesi bulanıklaştırma temeline dayanır. Bu filtrede her bir pikselin değeri komşuluğundaki piksel değerlerinin ortalaması alınarak değiştirilir. Gürültünün boyutuna göre uygulanan maske boyutu değişim göstermekle beraber genellikle 3x3 maske uygulanır. 3x3'lük mean filtreleme maskesi Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. 3x3'lük Mean filtreleme maskesi

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

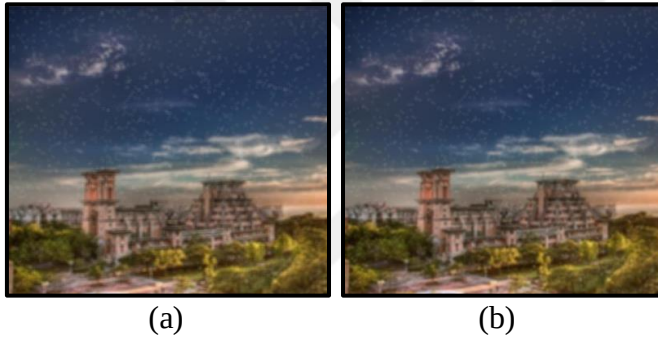
Maske boyutu büyüdükçe görüntünün bulanıklık seviyesinin arttığı gözlemlenmiştir.

Normal gürültülü resim üzerinde 3x3, 5x5 ve 7x7 mean filtreleme matrisi kullanılan görüntülerin sonuçları Resim 3.1'de gösterilmektedir (Çayıroğlu, 2012).



Resim 3.1. (a) Normal gürültülü resim, (b) 3x3 mean filtre, (c) 5x5 mean filtre, (d) 7x7 mean filtre (Çayıroğlu, 2012)

Gürültü şiddetine göre maske boyutu artırılabilir. Ancak küçük maskeleri birkaç kez uygulamakta iyileştirmede yaklaşık aynı sonucu verebilir. Resim 3.2’de 5x5’lik maske uygulanmış görüntü ile 3 defa 3x3’lük maske uygulanmış görüntü karşılaştırılmıştır.



Resim 3.2. (a) 5x5’lik mean filtre, (b) 3 kere 3x3’lük mean filtre uygulanmış görüntü (Çayıroğlu, 2012)

Görüldüğü gibi Resim 3.2 (a) ve Resim 3.2 (b)’de yaklaşık aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeni iki filtrenin de işledikleri piksel sayıları $(5 \times 5) = 25$, $(3 \times 3) \times 3 = 27$ olmak üzere birbirine yaklaşıktır (Çayıroğlu, 2012).

Mean filtrenin iki dezavantajı vardır. İlk olarak görüntünün içinde çok düşük piksel değerine sahip olan gürültüler mevcutsa ortalama değer alınacağı için görüntünün bozulma ihtimali yüksek olacaktır. İkinci olarak da filtre matrisi tüm resmi etkileyeceğinden belirgin kenarlar ve detaylar bulanıklaşacaktır.

3.3.2. Median filtre

Median filtre doğrusal olmayan bir filtre olup mean filtrenin sahip olduğu dezavantajlara sahip olmayan bir filtredir. Bu filtre 3x3 lük bir maskenin oluşturduğu görüntünün piksellerini büyükten küçüğe sıralayarak ortanca değerdeki pikselin değerini alır. Bu şekilde kenarlardaki belirginlik daha az kaybolacaktır. Gürültünün oranı büyüdükçe median filtrenin etkisi artar. Median filtre, tuz biber, benek ve dürtü gürültülerini azaltmak için kullanılan etkili bir filtredir. Çizelge 3.2’de median filtreleme maskesi ve Çizelge 3.3’de filtreleme maskesinin çalışma prensibi gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. 3x3’lük Median filtreleme maskesi

52	68	50
54	255	46
61	35	76

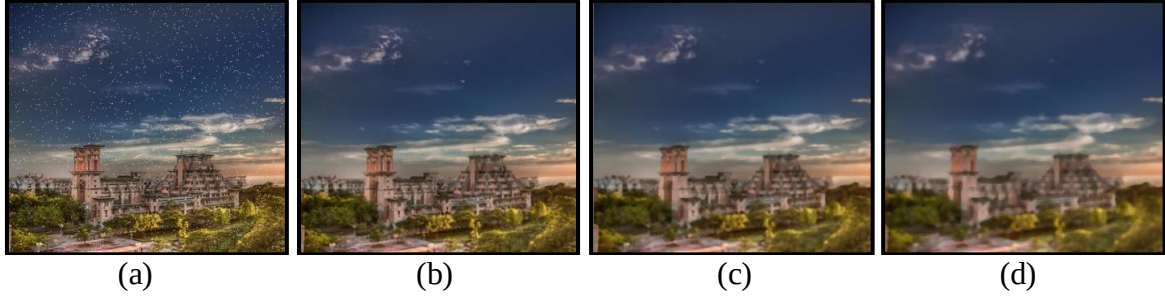
Çizelge 3.3. 3x3’lük Median filtreleme maskesi çalışma prensibi

35	46	50	52	54	61	68	76	255
----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Çizelge 3.2’de gösterilen tam ortada yer alan 255 değeri 54 ile değiştirilerek iyileştirme sağlanır.

Mean filtrede olduğu gibi median filtrede de maske boyutu büyüdükçe görüntünün bulanıklık seviyesinin arttığı gözlemlenmiştir.

Normal gürültülü resim üzerinde 3x3, 5x5 ve 7x7 median filtreleme matrisi kullanılan görüntülerin sonuçları Resim 3.3’de gösterilmektedir (Çayıroğlu, 2012).



Resim 3.3. (a) Normal gürültülü resim, (b) 3x3 median filtre, (c) 5x5 median filtre, (d) 7x7 median filtre (Çayıroğlu, 2012)

3.3.3. Uyarlanabilir filtre

Adaptif filtre olarak da bilinen bu filtreler gri ton değerine göre özellik değiştirebilen filtre çeşididir. Bu görüntülerin kalitesini artırmak için enterpolasyon yöntemi kullanılır. Enterpolasyon bilinmeyen bir fonksiyonun bilinen değişken değer setlerini kullanarak bilinen bir fonksiyon elde etme yöntemidir. Bu yöntem ile görüntünün yoğunluk değerleri ve görüntünün parlaklığı artırılır (Sharumathi and Priyadharsini, 2016).

3.3.4. Anizotropik filtre

Görüntüdeki homojen alanlar kenarlar korunarak düzeltilir ve görüntü özellikleri basitleştirilir. Homomorfik filtre aracılığıyla büyütülen yapay parçalar iyileştirilir.

3.3.5. Band durduran filtre

Belirlenen alt ve üst sınırlar içinde kalan frekansları engelleyen bu sınırlar dışındaki frekanslara etki etmeyen filtredir. Periyodik gürültüleri yok etmek için kullanılır.

3.3.6. Çentik filtre

Çentik filtreler seçilmiş satır ve sütundaki pikselleri 0 yaparak görüntü kalitesini artırmaya çalışır.

3.3.7. Wiener filtre

Optimizasyona elverişli uyarlanabilir bir filtredir. Görüntüde ani geçişlerin olduğu yumuşatma işlemini azaltır ve keskinleştirilmesini sağlayarak görüntüyü iyileştirir.

İyileştirme fonksiyonu içerisinde gürültünün istatistiksel karakteristiği ve bozulma fonksiyonunu birleştirir. Bilinen bir PSF değeri kullanarak bozulan görüntüyü iyileştiren en iyi doğrusal metottur. Eş. 3.9'da bulanık görüntü matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$f_{\text{bulanık}}(i, j) = k * f(i, j) + n(i, j) \quad (3.9)$$

Denklemden, $f_{\text{bulanık}}(i, j)$ bulanık görüntü fonksiyonunu, k PSF olarak ifade edilen bozma işlevi, $f(i, j)$ özgün görüntü fonksiyonu, $n(i, j)$ ise görüntüdeki gürültülerdir.

Bulanık görüntüye Wiener filtreyi uygularsak Eş. 3.10'daki matematiksel ifadeyi elde ederiz.

$$f^1(i, j) = L * f(i, j) \quad (3.10)$$

Wiener filtreyi matematiksel olarak Eş. 3.11'de gösterebiliriz.

$$L_{\text{Wiener}} = \phi f(i, j) [\phi f(i, j) + \phi n(i, j)]^{-1} \quad (3.11)$$

Wiener filtre uygulanmış görüntü fonksiyonunun matematiksel ifadesi Eş. 3.12'de gösterebiliriz.

$$f^1(i, j) = \phi f(i, j) [\phi f(i, j) + \phi n(i, j)]^{-1} f_{\text{bulanık}}(i, j) \quad (3.12)$$

Wiener filtre ile bulanık görüntüyü iyileştirme kalitesi PSF bilgisine bağlıdır.

3.3.8. Regularized filtre

Görüntüye eklenen gürültü hakkında sınırlı bir bilgiye ulaşılabildiğinde dekonvolüsyon fonksiyonu kullanarak görüntünün kalitesini arttırmayı sağlayan filtredir (Al-amri and Ali, 2014). Wiener filtre ile ne kadar benzese de farklı bakış açısına sahiptir. Regularized filtre bulanık görüntüyü iyileştirmek için daha az bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Maru and Parikh, 2017).

Wiener filtrede olduğu gibi PSF fonksiyonuna ait bilgi regularized filtreden alınan sonucun başarısını artırır.

3.3.9. Lucy-Richardson filtre

Lucy-Richarson algoritması olarak da bilinir. Görüntüde bozukluğa neden olan PSF fonksiyonu hakkında bilgiye göre yinelemeli doğrusal olmayan bir prosedürle görüntü kalitesini arttırmayı sağlayan filtredir.

Poisson istatistiği ile modellenmiş maksimum olasılık formülasyonundan kaynaklanan Lucy-Richardson algoritmasının olabilirlik fonksiyonunu artırmak için yineleme yakınsamalarını takip eden denklem sağlar (Sharma, Sharma, and Mehra, 2013).

3.4. Adli Görüntü İnceleme Alanları

Adli görüntü incelemenin daha çok üzerinde durduğu alanları beşe ayırabiliriz.

- I. Steganografi
- II. Olay kurgusunun açığa çıkarılması
- III. Görüntü karşılaştırma
- IV. Manipülasyon tespiti
- V. Görüntü zenginleştirme ve onarma

3.4.1. Steganografi

Eski Yunanca’da “gizlenmiş yazı” anlamına gelmektedir. İletişimde alıcı ve verici dışında üçüncü bir şahsın bilgiye ulaşması engellenir. Şifrelemeden en büyük farkı ve avantajı üçüncü şahsın gördüğü görüntüde gizli bir verinin var olduğunu fark edememesidir.

Gizli veri olduğu düşünülen dijital görüntü analizine steganalysis denir. Sayısal görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak gizli veri dekript edilir. Bunun yanında watermark (filigran) analizi ile görüntü kaydı (fotoğraf, video) üzerinde herhangi bir oynama yapıp yapılmadığını, watermark bilgisinin değiştirilip değiştirilmediği incelenir.

3.4.2. Olay kurgusunun açığa çıkarılması

İnceleme konusu olan video görüntülerinde herhangi bir kurgu çalışmasının yapıp yapılmadığının tespiti, eğer yapılmış ise sahnelerin kronolojik sıralamasının yapılması ile olay kurgusunun elde edilmesidir. Olay öncesinden başlanarak olay anı ve olay sonrasında istenilen zamana kadar olayı görüntüleyen kameralardan alınan görüntülerin sıralaması yapılarak analiz edilir.

3.4.3. Görüntü karşılaştırma

Nesne, mekân ve şahıs karşılaştırmadır. Görüntüler içerisinde şüphe barındırdığından dolayı karşılaştırılması istenilen nesne, mekân ya da özellikle şahısların mukayese fotoğraflar arasında morfolojik, antropolojik veya ayırt edici yönleri ait farklı ölçümler ile karşılaştırılmasıdır. Ölçümler sonucunda benzerlik ya da farklılık gösteren yerler belirtilerek prosedüre uygun olarak raporlanır.

3.4.4. Manipülasyon tespiti

Görüntü kayıtları üzerinde ticari yazılımlar aracılığı ile montaj, kurgu vb. şekilde görüntünün anlam bütünlüğünün değiştirilip değiştirilmediğinin incelemesidir. Görüntünün hangi makine ile ne zaman çekildiği, değişiklik yapıldı ise hangi düzenleme araçları ile yapıldığını gösteren exif (exchangeable image file format), pixel yoğunluğuna dayanan ela

(error level analysis) ve fotoğraflardaki pixel sıkıştırma değerine dayanan quantization analizleri yapılır.

3.4.5. Görüntü zenginleştirme ve onarma

Görüntü işleme teknikleri ile görüntüdeki kalite kaybına neden olan etmenlerin giderilmesidir.

Sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak görüntüler amaca yönelik şekilde teşhis ve tespitin sağlanması, ayırt edilmesi zor ayrıntıların anlaşılması için delil olabilecek kısımlarda bulanıklığın düzeltilmesi, gürültünün giderilmesi, parlaklık ve kontrastın ayarlanması gibi çalışmaları kapsamaktadır.

Görüntü iyileştirmede MatLab, Phyton gibi diller ya da bu diller aracılığı ile geliştirilen yazılımlardan faydalanılır.

Görüntüdeki kalite kaybı gürültüden kaynaklanır. Gürültü, çekim esnasındaki hareket veya atmosferik kararsızlık sebebiyle veya çekim açısında yanlış ışık etkisinden kaynaklı bulanıklaşma, çekim cihazındaki lenslerden kaynaklı geometrik bozulma ve elektrik parazitlerinden, elektronik kaynaklardan gelen bozulmalar olabilir. Görüntü kalitesini etkileyen etkenler, karlı görüntü, aşırı keskinlik, bulanıklık, aşırı parlaklık, aşırı karanlık, solukluk ve renk kaymaları olabilir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

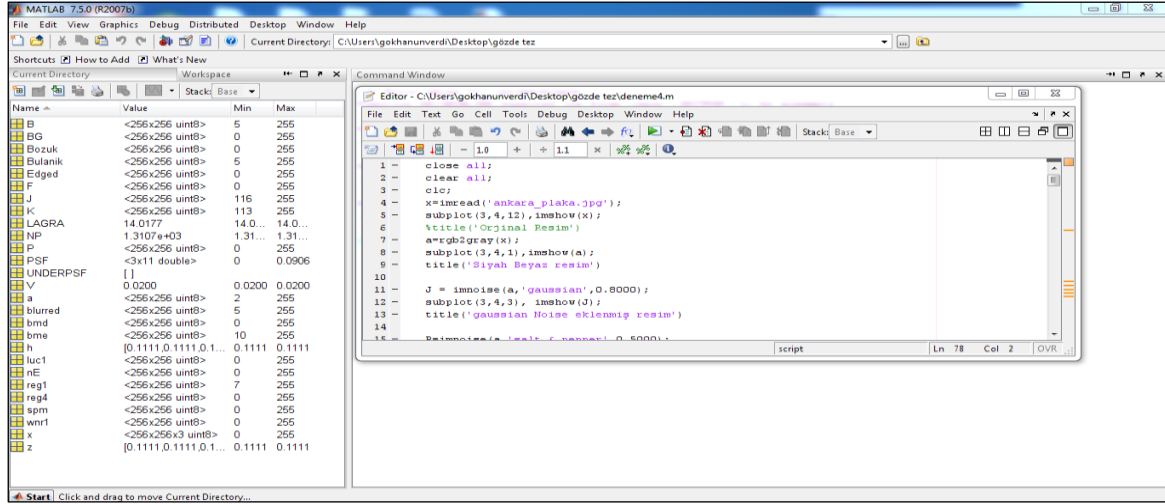
Çalışma kapsamında öncelikle gürültü içeren görüntüler MATLAB programı aracılığı ile iyileştirilmiş ve kullanılan filtrelerin sonuçları karşılaştırılmıştır. İyileştirmek için kullanılan program hakkında bilgi verilmesinin yanı sıra adli bilişim kapsamında belirli gürültüleri içeren görüntüleri iyileştirme yöntemi sürecine de değinilmiştir.

Buna ek olarak gaussian blur gürültüsü barındıran plaka görüntülerini OCR’da işlenerek karakterlerin ASCII koda dönüştürülebilmesi adına keskinleştirmek için örnek yaklaşım algoritması verilmiş ve çıktıları karşılaştırılmıştır.

4.1. Program

MATLAB olarak kısaltılan Matrix Laboratory dördüncü nesil bir paket programlama dilidir. 1985 yılında MathWorks şirketinin kurucusu Cleve Moler tarafından geliştirilmiştir. Başta matematik ve mühendislik bilim dalları olmak üzere birçok alanda geliştirme ve analiz aracı olarak yaygın kullanım alanı bulunmaktadır. Matris tabanlı çalışma sistemine sahiptir.

Bu çalışmada bölüm beş birinci kısımda MATLAB R2016b versiyonlu programının kullanılmasındaki amaç, zengin matematiksel işlem yeteneğidir. MATLAB çeşitli uygulama alanları için hazırlanmış algoritmalara ve fonksiyonlara sahiptir. İşlem değişkenlerini matris olarak tutmaktadır. Dijital delilin ispatı adli görüntülerin iyileştirilmesi aşamasında uygulanan filtrelerin doğruluğunu uygulanan filtrelerin matematiksel işlemlerini açıklayarak mümkün olabilmektedir. MATLAB programlama dili kullanarak iyileştirme işlemi dijital delil doğruluğunu ispat etmekte yardımcı olur. Resim 4.1’de MATLAB programına ait ara yüz gösterilmektedir.



Resim 4.1. Matlab ara yüzü

Çalışmanın bölüm beş ikinci kısımda görüntüyü keskinleştirmek için örnek yaklaşım sunulmuştur. Örnek yaklaşım için James Gosling tarafından geliştirilmeye başlanan JAVA dili kullanılmıştır. Java açık kodlu, zeminden bağımsız, verimli, işlevli bir dildir. JAVA, bir defa yaz her yerde çalıştır anlamına gelen WORA (write once, run anywhere) sloganıyla platform bağımsız olarak çalışır. Özetle;

- Java kodu yazılır,
- Java derleyicisi ile bu kod derlenir,
- Bytecode adı verilen sanal makine kodu ortaya çıkarır,
- Bytecode derlendikten sonra sanal makine içeren tüm işletim sistemlerinde bu kod çalışır.

4.2. Test Gereçleri

Çalışmanın beşinci bölümünde görüntüdeki belirli gürültüleri indirmek için hazır filtreler açısından değerlendirmede bulunmak için dört farklı görüntü, örnek yaklaşım modeli ile gaussian blur gürültüsü barındıran plaka görüntülerini iyileştirmek için altı görüntü olmak üzere toplamda on görüntü kullanılmıştır.

Görüntüleri seçerken adli bilişim alanında karşılaşımla olasılığı yüksek olabilecek senaryolar göz önünde bulundurulmuştur.

Beşinci bölümde kullanılacak ilk görüntü, plaka ve araba modelinin net bir şekilde görülebilmesi ve adli vakalarda dijital delil olarak çok karşılaşılan bir durum olması bu görüntünün tercih sebebidir. Kullanılan görüntü Resim 4.2’de gösterilmiştir.



Resim 4.2. Birinci görüntü

İkinci görüntü, görüntüde çok fazla detay olması kullanılmasındaki tercih sebebidir. Adli vakalarda fazla detay barındıran karmaşık görüntülerin dijital delil kapsamında analizi ve yorumlanması olayın netliğe kavuşmasında karşılaşılan zorlu bir durumdur. Bundan dolayı 2.Dünya Savaşı’ndan görüntü tercih edilmiştir. Kullanılan görüntü Resim 4.3’de gösterilmiştir.



Resim 4.3. İkinci görüntü

Üçüncü görüntü de 2. Dünya Savaşı’ndan bir kare tercih edilmiştir. Görüntünün seçiminde tüfek, el bombası ve eylem halinde bulunan kişi yüzü barındırmasından dolayı olası adli vakalara benzerliği düşünülmüştür. Kullanılan görüntü Resim 4.4’de gösterilmiştir.



Resim 4.4. Üçüncü görüntü

Dördüncü görüntü tabela tercih edilmiştir. Tercih edilmesindeki sebep, görüntüde yazı ve şekil detayları bulunduğu için ve alttaki şekillerin birbirlerine yakınlığıdır. Adli vakalar kapsamında düşünürsek görüntüde yer alan ve vakanın gerçekleştiği bölgeye referans olabilecek detaylar göz önünde bulundurulmuştur. O lokasyonda yer alan bir işletme tabelası ya da yön-rota belirten trafik tabelası olabilir. Bu kıstaslar düşünülerek dijital delil kapsamında seçim yapılmıştır. Kullanılan görüntü Resim 4.5’de gösterilmiştir.



Resim 4.5. Dördüncü görüntü

Görüntü özellikleri ile ilgili detaylar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Filtreleme görüntü listesi

Sıra No	Görüntü	Durum
1	Birinci Görüntü	Gray(8 Bit)
2	İkinci Görüntü	RGB Color(8 Bit)
3	Üçüncü Görüntü	Gray(8 Bit)
4	Dördüncü Görüntü	RGB Color(8 Bit)

Bölüm beş ikinci kısımda kullanılacak görüntüler ise plaka senaryosu göz önünde bulundurularak, görüntüde yazı ve şekil detayları bulunduğu için tercih edilmiştir. Adli vakalar kapsamında düşünürsek mobese, araç kamerası gibi görüntü kaydedici cihazlar tarafından kaydedilen araç plakalarının bulanıklık barındırması muhtemeldir. Bu bulanık plaka görüntülerinin OCR ile metine dönüştürülerek işlenmesinin kolaylaştırması ve bu bağlamda dijital delil olması amacıyla seçim yapılmıştır. Kullanılan görüntüler Resim 4.6, Resim 4.7, Resim 4.8, Resim 4.9, Resim 4.10 ve Resim 4.11’de gösterilmiştir.



Resim 4.6. Beşinci görüntü



Resim 4.7. Altıncı görüntü



Resim 4.8. Yedinci görüntü



Resim 4.9. Sekizinci görüntü



Resim 4.10. Dokuzuncu görüntü

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

Resim 4.11. Onuncu görüntü

Çizelge 4.2. Örnek yaklaşım görüntü listesi

Sıra No	Görüntü	Durum
1	Beşinci Görüntü	RGB Color(8 Bit)
2	Altıncı Görüntü	RGB Color(8 Bit)
3	Yedinci Görüntü	RGB Color(8 Bit)
4	Sekizinci Görüntü	Gray(8 Bit)
5	Dokuzuncu Görüntü	RGB Color(8 Bit)
6	Onuncu Görüntü	RGB Color(8 Bit)

4.3.Sonuç Değerlendirme Kriterleri

Araştırma sonuçlarını görsel olarak karşılaştırmak mümkündür. Ancak görsel yanılgılar söz konusu olabilir ve görsel olarak kalite kişiden kişiye değişebilir. Kimine göre parlak bir görüntü kaliteli iken kimine göre konsantrasyonu artırılmış görüntü daha kaliteli gelebilir. Bu subjektif değerlendirmelerin ve görsel yanılgıların önüne geçebilmek için beşinci bölümde hazır filtreleme sonuçları değerlendirmede nicel parametreler kullanılmıştır. Kullanılan parametreler, PSNR, MSE ve IEF kriterleridir.

PSNR (Peak Siganl to Noise Ratio)

Doruk sinyal gürültü oranıdır. Nesnel görüntü kalitesi ölçümü için doruk sinyal oranı kullanılmaktadır (Horé and Ziou, 2010).

Gürültüden arındırılmış görüntülerde görüntü kalitesini temsil eden maksimum sinyal gücü ile gürültü gücü arasındaki orandır. Birimi desibel (dB)'dir. Yüksek PSNR değeri gürültüden arındırılmış resmin kalitesinin artmış olduğunu gösterir (Khandelwal and Kaur, 2016). PSNR değeri MSE değerine bağlıdır. MSE değeri azaldıkça PSNR değeri büyür.

MSE (Meansquare Error)

Ortalama karesel hata anlamına gelir. İstatistiklerde MSE, tahmini değerler ile gerçek değer arasındaki ortalama kare farkı demektir. MSE değeri ne kadar düşükse görüntü kalitesi o kadar yükselir.

IEF (Image Enhancement Factor)

Gürültü iyileştirme faktörüdür. IEF'nin yüksek olması uygulanan iyileştirme sonucu elde edilen görüntünün kalitesinin yüksek olması anlamına gelir.

Örnek yaklaşım modelinde görsel karşılaştırmadan faydalanılmıştır. OCR'da işlenebilmesi ve başarılı çıktı üretilmesi referans alınmıştır.

4.4. Görüntü İyileştirme Uygulama

Görüntünün elde edilmesi sırasında uygun olmayan algılayıcılar, çevresel faktörler, görüntünün elektriksel işaretlere çevrilmesi, örneklenmesi, görüntünün iletimi, sıkıştırılması süreçlerinde istenmeyen sinyal olan gürültü de görüntüye eklenmeye başlar (Gonzales and Woods, 2008).

Araştırmada, MATLAB programı kullanılarak iyileştirilmek için dijital görüntülerde en çok karşılaşılan dört tip gürültü üzerinde çalışılmıştır.

- Tuz-Biber gürültüsü
- Gauss gürültüsü
- Motion Blur gürültüsü
- Blur ve Gauss gürültüsü

Tuz-Biber gürültüsü, görüntü elde etme ya da iletimi sırasında meydana gelen sinyal bozulmalarıdır.

Gauss gürültüsü, sinyaldeki rasgele bozulma ve dalgalanmalardan kaynaklı bozulmalarıdır. Motion Blur gürültüsü, çekim kalitesinden kaynaklı kenarların net olmadığı, renk geçişlerinin çok yumuşak olduğu bozulmalarıdır.

Blur ve Gauss gürültüsü ise, çekim kalitesinin yanı sıra sinyalde de meydana gelen dalgalanmalardan kaynaklı bozulmalardır.

MATLAB programı kullanılarak renkli olan ikinci ve dördüncü dijital görüntüler öncelikle rgb2gray fonksiyonu ile siyah beyaz görüntülere dönüştürülmüştür. Dönüştürülen görüntüler Resim 4.13 ve Resim 4.15’de gösterilmektedir. Resim 4.12 ve Resim 4.14’de değişiklik yapılmamıştır.



Resim 4.12. Birinci görüntü



Resim 4.13. rgb2gray fonksiyonu uygulanmış ikinci görüntü



Resim 4.14: Üçüncü görüntü



Resim 4.15: rgb2gray fonksiyonu uygulanmış dördüncü görüntü

Elde edilen siyah beyaz görüntülerden birinci görüntüye Eş.4.1’de belirtilen fspecial fonksiyonu ile motion blur gürültüsü eklenmiştir.

$$h = \text{fspecial}(\text{type})$$

$$h = \text{fspecial}(\text{type}, \text{parameters}) \quad (4.1)$$

Bulanık görüntü denklemi Eş. 4.2’de ifade edilmiştir.

$$i = (\text{PSF})p + n \quad (4.2)$$

i: Bulanık görüntü çıktısıdır.

PSF (point spread function): Bozma operatörünü ifade eden nokta yayılım fonksiyonudur.

p: Orijinal görüntüdür.

n: Görüntüyü bozma esnasında oluşan ek gürültülerdir.

Çekim esnasında cihaz ya da çekim yapan kişinin hareketinden kaynaklı motion blur gürültülü birinci görüntü Resim 4.16’de gösterilmiştir.



Resim 4.16. fspecial fonksiyonu ile motion blur gürültüsü eklenmiş birinci görüntü

İkinci görüntüye imnoise ve fspecial fonksiyonları birlikte kullanılarak Resim 4.17’de görüldüğü gibi blur ve gauss gürültüleri eklenmiştir.



Resim 4.17. fspecial ve imnoise fonksiyonu ile blur ve gauss gürültüsü eklenmiş ikinci görüntü

Üçüncü görüntüye yine imnoise ve fspecial fonksiyonları kullanılarak blur ve gauss gürültüleri birlikte eklenmiştir. Gürültülü görüntü Resim 4.18’de gösterilmiştir.



Resim 4.18. fspecial ve imnoise fonksiyonu ile blur gauss gürültüsü eklenmiş üçüncü görüntü

Dördüncü görüntüye imnoise fonksiyonu ile ayrı ayrı tuz biber ve gauss gürültüsü eklenmiştir. Fonksiyonları Eş. 4.3’de gösterilmektedir.

`h = imnoise(type)`

`h = imnoise(type,parameters)`

(4.3)

Dördüncü görüntünün tuz biber gürültüsü eklenmiş hali Resim 4.19’da, gauss gürültüsü eklenmiş hali Resim 4.20’de gösterilmiştir.



Resim 4.19. imnoise fonksiyonu ile tuz ve biber gürültüsü eklenmiş dördüncü görüntü



Resim 4.20. imnoise fonksiyonu ile gauss gürültüsü eklenmiş dördüncü görüntü

Gerçekleştirilen çalışmada tuz biber gürültüsü, gauss gürültüsü, motion blur gürültüsü ve blur+gauss gürültüsü eklenen görüntüleri iyileştirmek için mean filtre, median filtre, wiener filtre, regularized filtre ve lucy-richardson filtre kullanılmıştır.

MATLAB programı aracılığı ile görüntüye eklenen gürültüler mean, median, wiener, regularized ve lucy-richardson filtreler ile iyileştirilmiş, elde edilen sonuçlar sonuç değerlendirme kriterleri karşılaştırılarak bulgular bölümünde açıklanmıştır.

4.5. Keskinleştirme Örnek Yaklaşım

Bu bölümde keskinleştirme filtrelerine alternatif olarak mobese, cep telefonu kamerası, araç kamerası ya da güvenlik kameraları gibi kayıt cihazlarından alınan görüntülerde yer alan karakterlerin işlenebilmesi amacıyla optik karakter tanıma işlemini kolaylaştırmak için tüm pikseller üzerinde işlem yapan yeni yöntem tanıtılmıştır. %7 - %25 aralığında Gaussian Blur gürültüsü eklenmiş görüntülerin keskinleştirilmesi örnek yaklaşım ile sunulmuş ve JAVA 9.0.4 programında test edilmiştir. Gaussian blur oranına göre çıktılar değerlendirilmiştir.

4.5.1. Keskinleştirme örnek yaklaşım uygulaması

Örnek yöntem tüm pikseller üzerinde işlem yapan bir filtre türevidir.

Optik karakter tanıma anlamına gelen OCR (optical character recognition) ile tarayıcıdan taranmış yazılı evraklar dâhil dijital kameralarla çekilmiş görüntüler gibi belge türleri düzenlenebilir hale getirilmektedir.

OCR yazılımları belgelerdeki siyah pikselleri algılayabilecek yapıya sahiptir. Öncelikle sayfayı satırlara ayırır. Analiz aşamasında harfleri yükseklik, genişlik ve yapısal karakterleri bakımından inceler. OCR programının karakterler için belirlenmiş parametrelerinin bulunduğu veri tabanından, algılanan piksellere uygun olan parametrelerin getirilmesi ile harf ortaya çıkar.

OCR ile dönüştürülen verilerden metin tarama hatalarını minimize ederek kaliteli sonuçlar elde etmek için işlenecek kayıtların kaliteli olması gerekmektedir.

Adli bilişimde mobese ve güvenlik kameralarından elde edilen görüntü kayıtları dijital delil kapsamında önemli bir yer tutmaktadır.

Kayıt cihazlarından elde edilen bu veriler, OCR yazılımı ile işlenerek düzenlenebilir ve aranabilir olmasını mümkün kılacak netlikte olmayabilir. Kayıt cihazlarından elde edilen bulanık görüntüleri ya da metine dönüştürülebilmesi mümkün olmayan görüntülerin kontrastın artırmak ve/veya keskinleştirmek önem arz etmektedir.

Örnek yaklaşım çalışma prensibinde görüntüdeki tüm pikseller incelenir. Filtreleme için 0 – 255 arasında belirli bir piksel aralığı tayin edilir. Tanımlanan piksel aralığının dışında kalan ve görüntüde yer alan pikseller tanımlanan uç değerler ile değiştirilerek keskinleştirme sağlanır.

Örnek yaklaşımın algoritması Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Örnek yaklaşım algoritması

Adım No	Algoritma
Adım 1	f bir görüntüdür.
Adım 2	(i, j) f görüntüsüne ait piksellerin konumudur.
Adım 3	Tüm (i, j)’ler için kırmızı renk değerini 0,299 ile, yeşil renk değerini 0,587 ile ve mavi renk değerini 0,114 ile çarp.
Adım 4	Kırmızı, Yeşil ve Mavi renk değerlerini topla.
Adım 5	f görüntüsünde yer alan tüm (i, j)’ler için y eşik değeri tanımla
Adım 6	$x < y$ aralığı tanımla
Adım 7	Belirlenen y eşik değerine göre $x \leq y$ aralığının altında kalan (i, j)’lere 0 değerini ata, üzerinde kalan $y < x$ aralığında kalan (i, j)’lere 255 değerini ata.
Adım 8	Tüm (i, j)’ler için işlem yap.

Örneğin, 0-255 değerleri arasında piksel içeren görüntüde y değerini 125 olarak belirlersek 125 değeri altında kalan pikselleri 0’a eşitleriz, 125 değeri üzerinde olan pikselleri 255’e eşitleriz. Özetle, toplam değer belirlenen eşik değerden küçükse toplamı 0 olarak değiştirerek, eşik değerden büyükse toplamı 255 olarak değiştirerek Kırmızı, Yeşil ve Mavi renk için yeni değer olarak atanır.

4.5.2. Gaussian Blur gürültüsünü keskinleştirmek için örnek yaklaşım

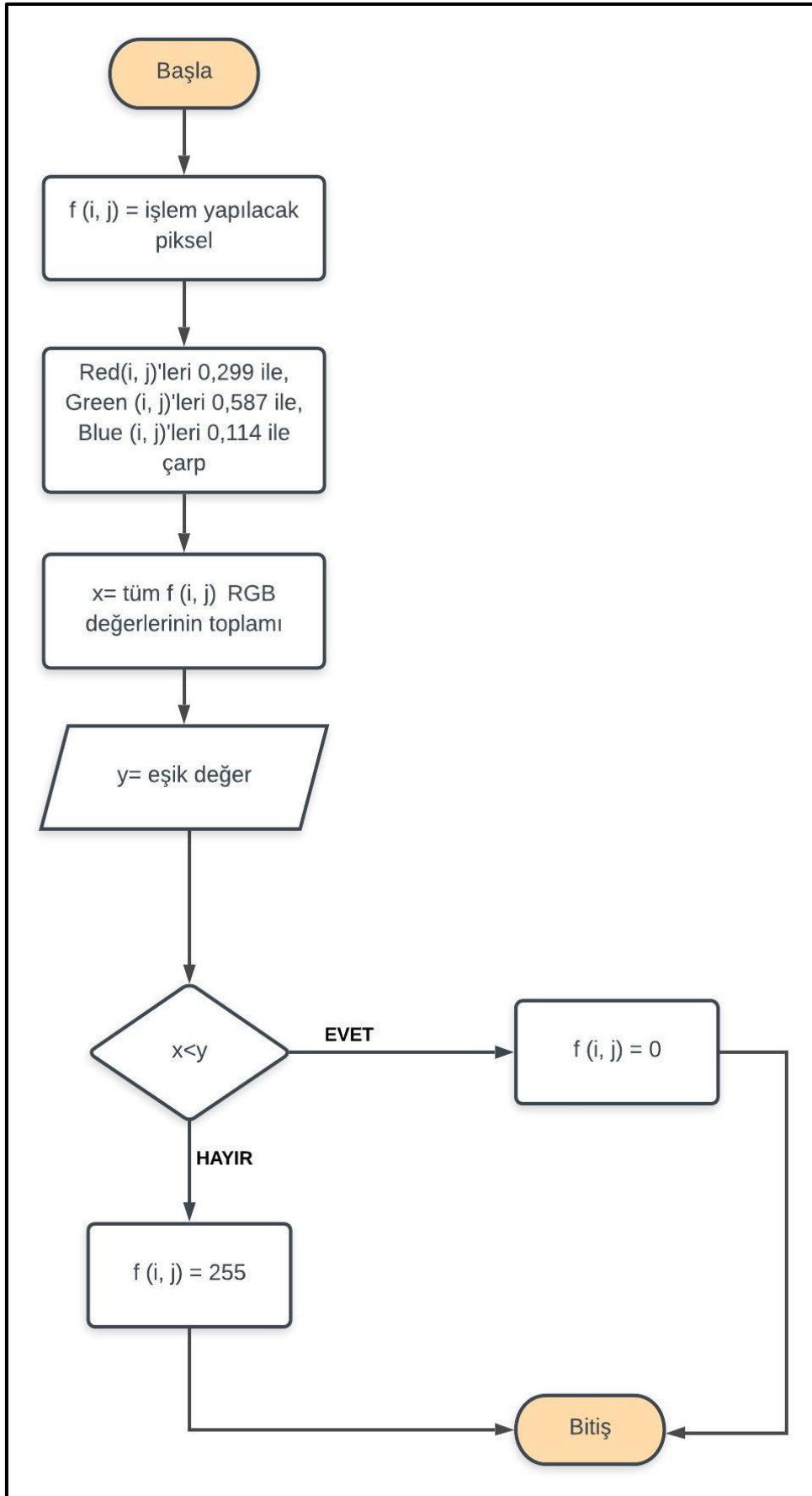
Gauss bulanıklığı daha önce de belirtildiği gibi sinyaldeki rastgele bozulma ve dalgalanmalardan kaynaklanan bir bulanıklık gürültüsü türüdür. Bu bulanıklığın oluşması rüzgâr, sıcaklık, nem, maruz kalma süresi gibi çeşitli çevresel faktörlere bağlıdır (Maru and Parikh, 2017). Gaussian blur gürültüsü görüntüde detay kaybına neden olan ciddi bozulmalara neden olmaktadır.

Gauss gürültüsü, görüntüdeki piksellerin bir bölümünü değil hepsini etkilediği için görüntüyü iyileştirmek için de tüm piksellerde işlem yapmak gerekir (Dhole and Chopde, 2015).

OCR ise yeniden manuel tekrar yazma işlemini gerçekleştirmeden kağıt belgelerden, görüntülerden ya da PDF'den düzenlenebilir ve aranabilir sayısal text formatında çıktılar üretme işlemidir. OCR programları siyah piksellerden oluşan karakterleri okuyabilecek yapıdadırlar.

Bu bağlamda örnek yaklaşım ile gaussian blur barındıran plaka görüntülerini OCR'de okunabilecek ve ASCII koda çevrilebilecek şekilde keskinleştirmek için örnek yaklaşım sunulmuştur.

Bu yaklaşımda görüntüde yer alan tüm pikseller işlemde geçirilir. Öncelikle görüntüde yer alan piksellere ait tüm RGB toplamı bulunur. Bulunan toplam RGB değerine göre filtreleme için bir filtreleme aralığı seçilir. Belirlenen bu piksel değerine göre görüntüdeki tüm pikseller işlenir. Eğer görüntüde yer alan piksel değeri belirlenen değerin altında yer alıyor ise o piksele 0 değeri atanır. Eğer görüntüde yer alan piksel değeri belirlenen değerin üzerinde kalıyor ise o piksele 255 değeri atanır. Bu sayede gaussian bulanıklığı içeren görüntülerden OCR yazılımında okunabilecek düzeyde görüntü elde edilir. Şekil 4.1'de algoritma akış şeması verilmiştir.



Şekil 4.1. Algoritma akış şeması



5. BULGULAR VE YORUM

İlk bölümde araştırmada ele alınan gürültüleri arındırmak için kullanılan filtrelerle ait bulgular, ikinci bölümde ise örnek yaklaşıma ait bulgular sunulmuş ve yorumlanmıştır.

1.1. Gürültü İyileştirme Filtre Bulguları

Bu bölümde MATLAB programı ile araştırmada ele alınan motion blur gürültüsü, gauss blur gürültüsü, tuz biber gürültüsü ve gauss gürültüsü barındıran görüntüleri arındırmak için kullanılan filtrelerle ait bulgular sunulmuş ve yorumlanmıştır.

1.1.1. Motion blur gürültüsü wiener filtre ve lucy-richardson filtre farkı

Motion blur gürültüsü eklenmiş birinci dijital görüntünün wiener ve lucy-richardson filtrelerle elde edilen sonuçları Resim 5.1’de gösterilmektedir. Resim 5.1(a)’da wiener filtre sonucunu, Resim 5.1(b) ise lucy-richardson filtre sonucunu göstermektedir.



Resim 5.1. (a) Wiener filtre ile iyileştirilmiş birinci görüntü, (b) Lucy-Richardson filtre ile iyileştirilmiş birinci görüntü

Sonuç değerlendirme kriterlerine göre, PSNR, MSE ve IEF oranları Çizelge 5.1’de karşılaştırılmıştır.

Yüksek PSNR değeri gürültüden arındırılmış resmin kalitesinin artmış olduğunu gösterdiği için wiener filtre sonucuna göre PSNR oranı 26,225, lucy-richardson filtre sonucuna göre

PSNR oranı 20,545 karşılaştırıldığında wiener filtrenin motion blur gürültüsünde daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1. Sonuç değerlendirme kriterleri

	Motion Blur Gürültülü Birinci Görüntü	Wiener Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü	Lucy-Richardson Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü
PSNR Oranı	14,610	26,225	20,545
MSE Oranı	2249,645	155,096	573,606
IEF Oranı	-	7,008	1,895

5.1.2. Blur gauss gürültüsü regularized filtre ve lucy-richardson filtre

Blur ve gauss gürültüleri birlikte eklenmiş ikinci ve üçüncü dijital görüntülerin regularized ve lucy-richardson filtrelerle elde edilen sonuçları Resim 5.2 ve Resim 5.3’de gösterilmektedir. Resim 5.2 ikinci görüntüye eklenen blur ve gauss gürültülü görüntünün regularized filtre ile iyileştirilme sonucu gösterilmektedir.



Resim 5.2. Lucy-Richardson filtre ile iyileştirilmiş ikinci görüntü

PSNR, MSE ve IEF oranları Çizelge 5.2’de karşılaştırılmıştır.

Gürültülü görüntünün PSNR oranı 14,770, lucy-richardson filtre sonucuna göre PSNR oranı 22,889 karşılaştırıldığında görüntünün blur ve gauss gürültüsünden iyileştirildiği görülmektedir.

Çizelge 5.2. Sonuç değerlendirme kriterleri

	Blur ve Gauss Gürültülü İkinci Görüntü	Lucy-Richardson Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü
PSNR Oranı	14.770	22,889
MSE Oranı	2168.347	333,537
IEF Oranı	-	0,795

Blur ve gauss gürültüsü içeren üçüncü görüntüye regularized filtresi uygulanmıştır. İyileştirme sonucu Resim 5.3’de gösterilmektedir.



Resim 5.3. Regularized filtre ile iyileştirilmiş üçüncü görüntü

Sonuç değerlendirme kriterleri Çizelge 5.3’de karşılaştırılmıştır.

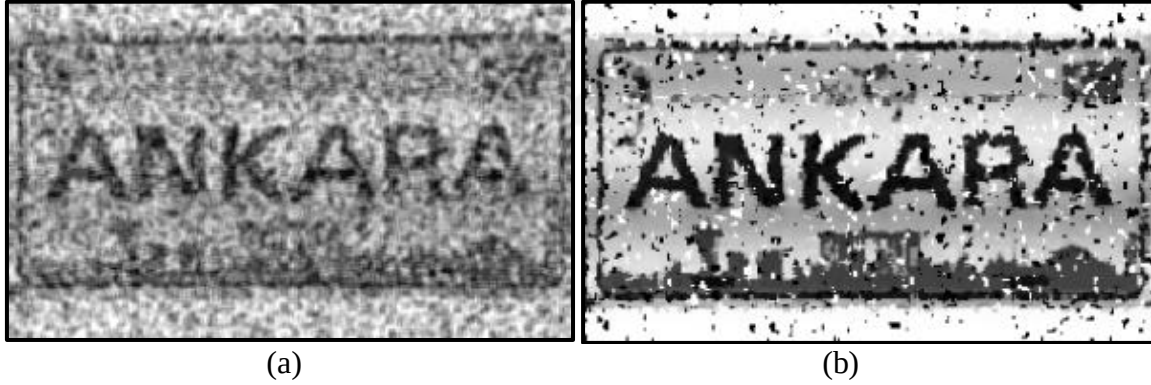
Gürültülü görüntünün PSNR oranı 14,770, regularized filtre sonucuna göre PSNR oranı 20,848 karşılaştırıldığında görüntünün blur ve gauss gürültüsünden iyileştirildiği görülmektedir.

Çizelge 5.3. Sonuç değerlendirme kriterleri

	Blur ve Gauss Gürültülü Üçüncü Görüntü	Regularized Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü
PSNR Oranı	14.770	20,848
MSE Oranı	2168.347	534,964
IEF Oranı	-	1,201

5.1.3. Tuz biber gürültüsü median filtre ve mean filtre farkı

Tuz biber gürültüsü eklenmiş dördüncü dijital görüntünün median ve mean filtrelerle elde edilen sonuçları Resim 5.4’de gösterilmektedir. Resim 5.4(a)’da median filtre sonucunu, Resim 5.4(b) ise mean filtre sonucunu göstermektedir.



Resim 5.4. (a) Mean filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü, (b) Median filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü

Sonuç değerlendirme kriterlerine göre, PSNR, MSE ve IEF oranları Çizelge 5.4’de karşılaştırılmıştır.

Yüksek PSNR değeri gürültüden arındırılmış resmin kalitesinin artmış olduğunu gösterdiği için mean filtre sonucuna göre PSNR oranı 11,866, median filtre sonucuna göre PSNR oranı 12,958 karşılaştırıldığında median filtrenin tuz biber gürültüsünde daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.4. Sonuç değerlendirme kriterleri

	Tuz&Biber Gürültülü Dördüncü Görüntü	Mean Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü	Median Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü
PSNR Oranı	7,397	11,866	12,958
MSE Oranı	11841,552	4231,661	3290,416
IEF Oranı	-	3,164	3,950

5.1.4. Gauss gürültüsü median filtre ve mean filtre farkı

Gauss gürültüsü eklenmiş dördüncü dijital görüntünün median ve mean filtrelerle elde edilen sonuçları Resim 5.5’de gösterilmektedir. Resim 5.5(a)’da median filtre sonucunu, Resim 5.5(b) ise mean filtre sonucunu göstermektedir.



Resim 5.5. (a) Mean filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü, (b) Median filtre ile iyileştirilmiş dördüncü görüntü

Sonuç değerlendirme kriterleri Çizelge 5.4’de karşılaştırılmıştır.

Yüksek PSNR değeri gürültüden arındırılmış resmin kalitesinin artmış olduğunu gösterdiği için mean filtre sonucuna göre PSNR oranı 9,523, median filtre sonucuna göre PSNR oranı 9,356 ve IEF oranları karşılaştırıldığında mean filtrenin gauss gürültüsünde daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.5. Sonuç değerlendirme kriterleri

	Gauss Gürültülü Dördüncü Görüntü	Mean Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü	Median Filtre İle İyileştirilmiş Görüntü
PSNR Oranı	7,301	9,523	9,356
MSE Oranı	12104,159	7257,943	7542,715
IEF Oranı	-	0,987	0,950

1.2. Örnek Yaklaşım Bulguları

Bu bölümde ise örnek yaklaşım ile gaussian blur gürültüsü barındıran görüntüler JAVA aracılığı ile keskinleştirilmiş, OCR çıktılarına ait bulgular sunulmuş ve yorumlanmıştır.

Çizelge 5.6’da belirtilen algoritmaya göre keskinleştirme işlemi Resim 4.6, Resim 4.7, Resim 4.8, Resim 4.9, Resim 4.10 ve Resim 4.11’e uygulanmıştır.

Çizelge 5.6. Örnek yaklaşım algoritması

Adım No	Algoritma
Adım 1	f bir görüntüdür.
Adım 2	(i, j) f görüntüsüne ait piksellerin konumudur.
Adım 3	Tüm (i, j)’ler için kırmızı renk değerini 0,299 ile, yeşil renk değerini 0,587 ile ve mavi renk değerini 0,114 ile çarp.
Adım 4	Kırmızı, Yeşil ve Mavi renk değerlerini topla.
Adım 5	f görüntüsünde yer alan tüm (i, j)’ler için y eşik değeri tanımla.
Adım 6	$x < y$ aralığı tanımla.

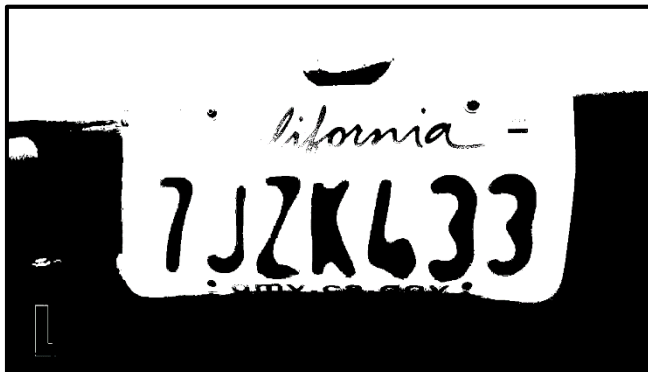
Çizelge 5.6. (devam) Örnek yaklaşım algoritması

Adım 7	Belirlenen y eşik değerine göre $x \leq y$ aralığının altında kalan (i, j) 'lere 0 değerini ata, üzerinde kalan $y < x$ aralığında kalan (i, j) 'lere 255 değerini ata.
Adım 8	Tüm (i, j) 'ler için işlem yap.

Yüzde 10 oranında gaussian blur gürültüsü barındıran beşinci görüntü olan plaka görüntüsü Resim 5.6'da ve örnek yaklaşım ile keskinleştirilmiş hali Resim 5.7'de gösterilmiştir.



Resim 5.6. Yüzde 10 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü



Resim 5.7. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü

Yüzde 25 oranında gaussian blur gürültüsü barındıran altıncı görüntü olan plaka görüntüsü Resim 5.8'de ve örnek yaklaşım ile keskinleştirilmiş hali Resim 5.9'da gösterilmiştir.



Resim 5.8. Yüzde 25 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü

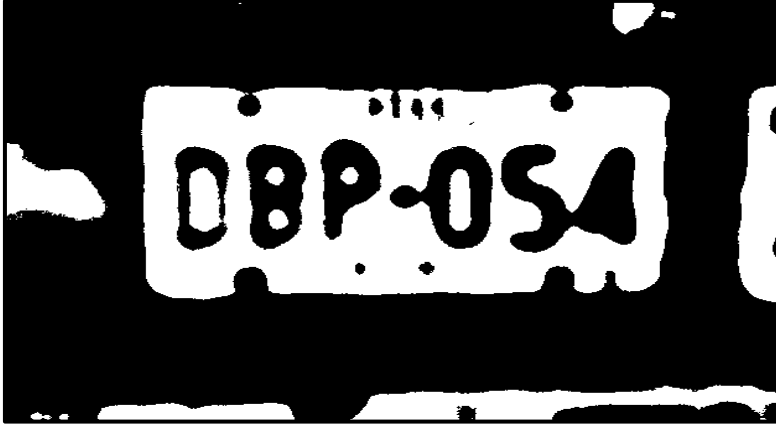


Resim 5.9. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü

Yüzde 15 oranında gaussian blur gürültüsü barındıran yedinci görüntü olan plaka görüntüsü Resim 5.10'da ve örnek yaklaşım ile keskinleştirilmiş hali Resim 5.11'de gösterilmiştir.



Resim 5.10. Yüzde 15 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü

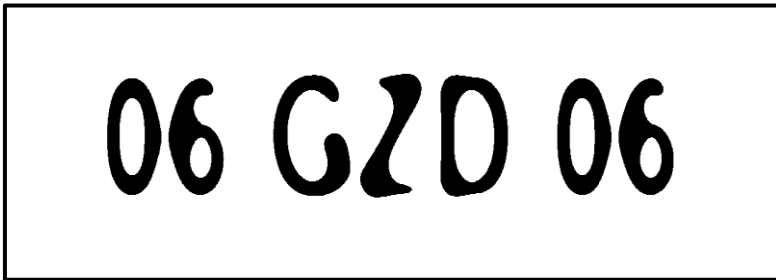


Resim 5.11. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü

Yüzde 15 oranında gaussian blur gürültüsü barındıran sekizinci görüntü olan plaka görüntüsü Resim 5.12’de ve örnek yaklaşım ile keskinleştirilmiş hali Resim 5.13’de gösterilmiştir.



Resim 5.12. Yüzde 15 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü

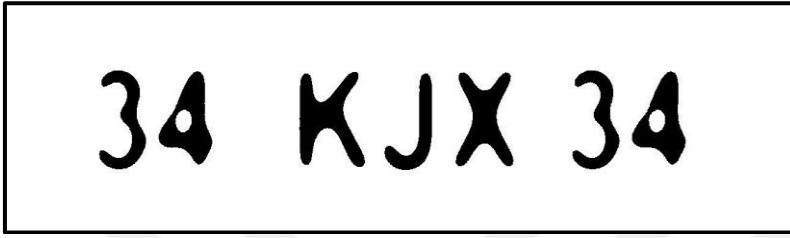


Resim 5.13. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü

Yüzde 12 oranında gaussian blur gürültüsü barındıran sekizinci görüntü olan plaka görüntüsü Resim 5.14’de ve örnek yaklaşım ile keskinleştirilmiş hali Resim 5.15’de gösterilmiştir.



Resim 5.14. Yüzde 12 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü



Resim 5.15. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü

Yüzde 7 oranında gaussian blur gürültüsü barındıran sekizinci görüntü olan plaka görüntüsü Resim 5.16'da ve örnek yaklaşım ile keskinleştirilmiş hali Resim 5.17'de gösterilmiştir.



Resim 5.16. Yüzde 7 oranında gaussian blur barındıran plaka görüntüsü



Resim 5.17. Örnek yaklaşım ile filtrelenmiş plaka görüntüsü

Örnek yaklaşım ile elde edilen görüntülerde gaussian blur gürültüsü yoğunluğu arttıkça filtreleme sonucu elde edilen karakter belirginlikleri azalmıştır. Görüntülerdeki detayların fazlalığı örnek yaklaşım modeli ile keskinleştirmede dezavantaj sağlamıştır.

Keskinleştirilen görüntülerde yer alan karakterlerin sayısal cihazlar tarafından aranabilmesi, düzenlenebilmesi kısacası işlenebilmesi için OCR yazılımındaki sonuçlarına ait performansları karşılaştırılmıştır.

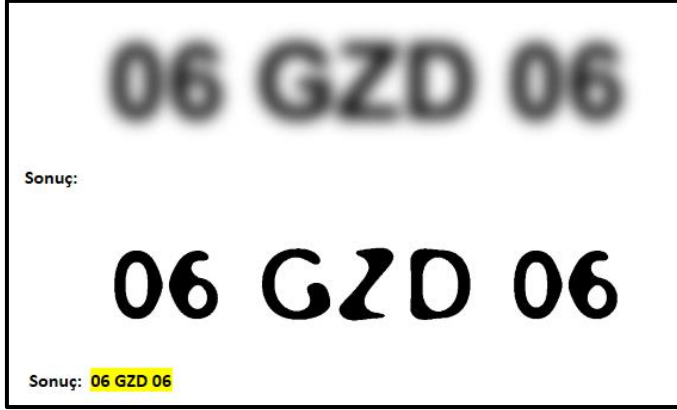
OCR algoritması belirtilen görüntü üzerindeki kelimeleri ayrı ayrı tutarak görüntüyü satırlara böler. Bu sayede siyah noktalar topluluğunu algılayarak algılanan bu topluluğu parametrelere dönüştürür. Kullanılan OCR sisteminin veri tabanında bulunan parametrelerle karşılaştırılarak çıktı üretir.

Günümüzde kullanılan birçok OCR motoru vardır. Hewlett Packard tarafından kapalı bir yazılım olarak 1985 – 1995 yılları arasında geliştirilen, 2005’de özgür bir yazılım olarak sunulan Tesseract’ı ve Microsoft tarafından 2003-2007 yılları arasındaki sürümlerinde yer alan .Net kütüphanesine uyumlu olan MODI’yi örnek olarak verebiliriz. 2010 sürümü ile birlikte MODI’yi eklentisinden kaldıran Microsoft One Note uygulaması ile OCR işlemini resimden metin kopyala komutu ile mümkün kılmaktadır.

Bu kapsamda analizler Microsoft Office 2013 One Note uygulaması ve tesseract ile gerçekleştirilmiştir.

İlk üç görüntü olan Resim 5.6, Resim 5.7, Resim 5.8, Resim 5.9, Resim 5.10 ve Resim 5.11 karşılaştırıldığında plaka detayları çok olduğundan ve bulanıklık düzeyleri fazla olduğundan dolayı her iki programda da beklenen başarılı sonuçlar vermemiş ve karakter tanımlama yapılamamıştır.

Resim 5.12 ve Resim 5.13 karşılaştırıldığında Resim 5.12’de belirtilen tüm karakterler tanınmamış, ancak Resim 5.13’ün sonucuna göre karakter tanımlama işlemi başarılı olmuştur. Sonuç, Resim 5.18’de gösterilmektedir.



Resim 5.18. One note OCR sonucu

Resim 5.14 ve Resim 5.15 karşılaştırıldığında Resim 5.14’de belirtilen tüm karakterler tanınmamış, ancak Resim 5.15’in sonucuna göre karakter tanımlama işlemi başarılı olmuştur. Sonuç, Resim 5.19’da gösterilmektedir.



Resim 5.19. One note OCR sonucu

Resim 5.16 ve Resim 5.17 karşılaştırıldığında Resim 5.16’da belirtilen karakterlerin bazıları doğru bazıları yanlış tanınmış, ancak Resim 5.17’nin sonucuna göre karakter tanımlama işlemi başarılı olmuştur. Sonuç, Resim 5.20’de gösterilmektedir.



Resim 5.19. One note OCR sonucu





6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Adli Bilişim bilimi, suçun bilimsel metot ve hukuki prosedürlerle suçun-suçlunun tespiti ile teşhisi için dijital delillerin bozulmadan anlaşılabilir bir şekilde adalet önüne sunulmasıdır. Ceza yargılamasında tartışılan ve karışıklığa neden olan dijital delil genellikle ses ve görüntü kayıtlarıdır. Görüntü ve ses kayıtları uzman kişiler tarafından incelenmediği takdirde suçun/suçlunun teşhisi ve tespiti manipüle edebilir.

Bu çalışmada adli bilişim kapsamında adli vakalarda en çok karşılaşılan dijital görüntü delillerin gürültülerden arındırılmasına değinilmiştir. Bu amaçla çalışmada zengin matematiksel işlem yeteneği avantajı sağlayan, delil doğruluğunun adli mercilere matematiksel verilerle ispat edilebilmesinde yardımcı olan ve bu sayede delil güvenilirliğinin şüphesini indirgeyebilen Matlab programı kullanılmıştır.

Dijital delillerden görüntülerin en çok maruz kaldığı beş gürültü ve bu gürültüleri iyileştirmek için görüntü işleme algoritmalarından en etkili beş filtre seçilmiştir. Kullanılan gürültüler, kameranın ya da çekimi yapan kişinin hareketinden kaynaklı motion blur gürültüsü, kameranın kalitesinden ve elektronik devre sinyalinin kaynaklı blur gauss gürültüsü, görüntü elde etme ya da iletimi sırasında meydana gelen tuz biber gürültüsüdür.

Motion blur gürültüsü wiener ve lucy-richardson filtreleri ile iyileştirilmiştir. Wiener, Lucy-Richardson ve Regularized filtreler bulanık görüntüyü netleştirmek için kullanılır. O yüzden motion blur gürültüsü barındıran birinci resime, blur+gauss barındıran ikinci ve üçüncü resim'e bu üç filtre uygulanmıştır. Aynı oranda Resim 5.1'de gösterilen motion blur içeren birinci resimde sonuç belirleme kriterleri incelendiğinde çıktı görüntüsünde PSNR ve IEF oranı yüksek, MSE oranı düşük olan wiener filtrenin lucy-richardson filtresine göre Çizelge 5.1'de belirtilen verilere göre başarılı sonuç verdiği görülmektedir.

Resim 5.2 ve Resim 5.3'de gösterilen ikinci ve üçüncü görüntü aynı oranda blur gauss gürültüsü içermektedir. İkinci görüntüye lucy-richardson, üçüncü görüntüye regularized filtre uygulanmıştır. Nesnel görüntü kalitesini belirleyen PSNR ve ortalama karesel hata oranını belirleyen MSE parametreleri incelendiğinde Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'e göre 20,848 db'ye karşın 22,889 db PSNR oranı lucy-richardson filtresinin blur+noise gürültüsünü iyileştirmede daha başarılı sonuç verdiği görülmektedir.

Resim 5.3 ve Resim 5.4' de gösterildiği gibi dördüncü görüntüde görüntü elde etme ya da iletimi sırasında meydana gelen sinyal bozulmalarından olan tuz biber gürültüsünün ve yukarıda da bahsedildiği gibi elektrik devrelerinden, sıcaklıktan kaynaklı gauss gürültüsünün median ve mean filtrelerle iyileştirilmesi Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de belirtilen verilere göre karşılaşılmıştır.

Sonuç belirleme parametreleri incelendiğinde tuz biber gürültüsü için mean filtre uygulanmış görüntüdeki PSNR oranı olan 11.866 db'ye karşılık median filtre uygulanmış görüntüdeki 12,958db'lik PSNR oranından ve IEF oranından anlaşılabacağı gibi median filtre daha başarılı sonuç vermektedir.

Gauss gürültüsüne ait sonuçlar incelendiğinde ise, 9,523 db PSNR oranı ve 0,987 IEF oranı ile iyileştirmeyi mean filtre daha başarılı sağlamıştır.

Sonuçlar 2017 yılında Monika ve arkadaşının yapmış olduğu, 2015 yılında Janani ve arkadaşları; 2004 yılında Rabie ve 1992 yılında Pitas ve arkadaşının yapmış olduğu çalışmaları destekler niteliktedir (Maru and Parikh, 2017; Janani, Premaladha, and Ravichandran, 2015; Rabie, 2004; Pitas and Venetsanopoulos, 1992).

Araştırmada karşılaştırılan filtrelerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Ancak genel olarak elde edilen sonuçlar literatür araştırmalarına göre de en uygun seviyededir.

Örnek yaklaşım modeline göre sonuçları değerlendirirsek gaussian blur gürültüsüne maruz kalan sayısal görüntüler örnek yaklaşım ile keskinleştirilmiştir.

Örnek yaklaşım ile keskinleştirmedeki amaç optik karakter tanıma işleminde başarılı çıktılar elde edilebilmesidir.

1950'lerden sonra gelişmeye ve yayılmaya başlayan metin tanıma sisteminin tarihi Rus bilim Tyurin'in körler için çalışmaya başladığı 1900'lere kadar uzanmaktadır (Çetiner, Çetiner and Cetişli, 2012). Günümüzde bu teknoloji, bankacılık, lojistik, sağlık hizmetleri, muhasebe, güvenlik gibi birçok sektörde karakterleri dijitalleştirmek için kullanılan hızlı

bir yoldur. Verilerin işlenmesi aşamasında zaman ve kaynak verimliliği açısından avantaj sağlar.

OCR yazılımları kağıt, pdf, görüntü ve benzeri üzerindeki siyah piksellerden oluşan karakterleri algılayabilecek mantığa sahiptir. OCR'da öncelikle tüm belge taranıp kopyalanır ve kopya yazılımın algılayabileceği siyah beyaz bir versiyona dönüştürülür. Siyah piksellerden oluşan karanlık alanlar tanımlanması gereken karakterleri beyaz alanlar ise arka planı oluşturur. Siyah ve beyaz alanlar için analiz yapılır. Analiz aşamasında her sembolün yapısal karakteri değerlendirilerek belirlenir ve aranabilir, düzenlenebilir sayısal karaktere dönüştürür. Yapısal karakteri değerlendirme aşamasında analiz edilen pikseller OCR yazılımının veri tabanındaki parametrelerden birisine uygunsa sembol ortaya çıkar.

Adli bilişim kapsamında delil olabilecek bankamatik güvenlik kameraları, mobese kameraları, araç kameraları, bina güvenlik kameraları, cep telefonu kameraları kayıt cihazlarından elde edilen görüntülerin istenmeyen sinyal olan gaussian blur gürültüsüne maruz kalması sonucu, sayısal olarak işlenebilmesi için keskinleştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda gaussian blur gürültüsü barındıran gürültüler örnek bir yaklaşım modeli ile keskinleştirilmiştir. Bu modelde görüntüde yer alan tüm pikseller işlem yapılmaktadır. Filtreleme için 0 – 255 arasında belirli bir piksel aralığı tayin edilir. Tanımlanan piksel aralığının altında kalan pikseller 0 olarak güncellenerek, üzerinde yer alan pikseller 255 olarak güncellenerek keskinleştirme sağlanmıştır. Şekil 4.1'de akış diyagramı gösterilmiştir.

Ardından Microsoft Office 2013 One Note uygulaması ile karakter belirleme başarıları gaussian blur gürültüsü barındıran görüntüler ve örnek yaklaşımla filtrelenmiş gürültülerle karşılaştırılmıştır.

Plakada yer alan görüntü ne kadar detay içeriyorsa ve ne kadar yoğun bir gaussian blur gürültüsüne maruz kaldıysa başarılı sonuç verme oranı azalır.

Resim 5.8, Resim 5.10 ve Resim 5.11'de belirtilen nedenlerden kaynaklı olarak başarısız sonuç alınmıştır.

Resim 5.13, Resim 5.15 ve Resim 5.17’de bulanıklık oranlarının ve detay görüntülerin azlığı nedeniyle daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Gör÷lmüştür ki bulanık görüntülerde başarısız olan karakter analizi örnek yaklaşımla keskinleştirilen görüntülerde başarılı sonuçlar vermiştir.

Örnek bir senaryo üzerinden giderek konuyu somutlaştırmak gerekirse, kural ihlalinde bulunan bir aracın mobese kameralarından, hareket halindeki görüntüsü alındığında plaka bilgisi üzerinden incelemeye başlayarak cezai işlemi uygulanabilmesi için görüntünün sistem üzerinden hemen keskinleştirilmesi sağlanabilir ve OCR motoru ile sayısal olarak işlenebilen ASCII koduna dönüştürülebilir. Bu sayede mobese kameraları tarafından tespit edilen kural ihlaline ait gaussian blur barındıran görüntü delilinin analizinden ceza kesilmesine kadar olan sürecin otomasyonu yapılarak zaman ve kaynak tasarrufu sağlayabilir.

Gün geçtikçe gelişen görüntü teknolojisi, beraberinde gelen görüntü hatalarından dolayı adli bilim alanında delil niteliği ihtiva eden dijital görüntülerin iyileştirilmesi ve adli mecralarda esas delil unsuru olarak kullanılabilmesi için bu alanda daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonraki çalışmalarda farklı gürültüler içeren görüntüler için metodun başarısı tekrar değerlendirilebilir.

Algoritmada belirlenen eşik değeri de belirlemek için yeni ve daha gelişmiş bir algoritma tanımlanabilir.

Algoritmaya OCR kodu da eklenerek gürültü barındıran görüntülerin filtrelenmesi ve karakter tanımlamasının yapılmasına kadar olan tüm süreç otomatize edilebilir.

KAYNAKLAR

- Adli ve Önleme Aramaları Yönetmeliği Madde 17 . (2005). *Adli ve Önleme Aramaları Yönetmeliği*. 25832 Sayılı Resmi Gazete.
- Al-amri, D. S., ve Ali, D. S. (2014). Restoration and Deblurred Motion Blurred Images. *IJCSI International Journal of Computer Science*, 168-172.
- Berber, L. K. (2004). *Adli Bilişim*. Yetkin Yayınları.
- Brown, M., Song, P., and Cham, T.-J. (2006). Image Pre-Conditioning for Out-of-Focus Projector Blur. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2, 1956-1963.
- Cai, J., Chan, R., and Nikolava, M. (2008). Twophase Approach for Deblurring Images Corrupted by Impulse Plus Gaussian Noise. *Inverse Problems and Imaging*, 2, 187-204.
- Ceza Muhakemesi Kanunu Madde 134 - 5271 Sayılı Kanun. (2004). *Ceza Muhakemesi Kanunu* . Resmi Gazete.
- Chen, T., Ma, K., and Chen, L. (1999). Tri-State Median Filter for Image Denoising. *IEEE Transactions on Image Processing*, 8(12), 1834-1838.
- Çayıroğlu, İ. (2012). Görüntü İşleme. *Görüntü İşleme Ders Notları*. <http://www.ibrahimcayiroglu.com/#>.
- Çetiner, H., Çetiner, İ., ve Cetişli, B. (2012). Gerçek Zamanlı T.C. Kimlik Numarası Tanıma. *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2), 123-129.
- Dhole, P., and Chopde, N. (2015). A Comparative Approach for Analysis of Image Restoration using Image Deblurring Techniques. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(2), 1046-1049.
- Ekizer, H. (2014). *İnternet: Adli Bilişim (Computer Forensics)*. Ekizer.Net Adli Bilişim: URL: <https://www.ekizer.net/adli-bilisim-computer-forensics/>, Son Erişim Tarihi: 23.10.2019 adresinden alındı
- Gonzales, R., and Woods, R. (2008). *Digital Image Processing 3th*. Pearson Education.
- Horé, A., and Ziou, D. (2010). Image quality metrics: PSNR vs. SSIM. *IEEE Computer Society*, 2366-2369.
- Hosmer, C. (2002). Proving the Integrity of Digital Evidence with Time. *International Journal of Digital Evidence*.
- Huang, Y.-M., Ng, M., and Wen, Y.-W. (2009). Fast Image Restoration Methods for Impulseand Gaussian Noises Removal. *IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS*, 16(6), 457- 460.
- Hwang, H., and Haddad, R. (1995). Adaptive Median Filters: New Algorithms and Results. 499 *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, 4(4), 499-502.

İnternet: 2. Dünya Savaşı'nın en etkileyici 89 fotoğrafı. (2010). NTV: İnternet: https://www.ntv.com.tr/galeri/dunya/2-dunya-savasinin-en-etkileyici-89-fotografi,IZS7sMK2oUixkW38p7AiCw/t_RnAVWruUG7cWAvsXPDHA, Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: 2. Dünya Savaşı'nın en etkileyici 89 fotoğrafı. (2010). NTV: İnternet: https://www.ntv.com.tr/galeri/dunya/2-dunya-savasinin-en-etkileyici-89-fotografi,IZS7sMK2oUixkW38p7AiCw/t_RnAVWruUG7cWAvsXPDHA, Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: Anderson, M. (1997). *Internet: Computer Evidence Processing Step 1 -- Seizure of the Computer.* Government Technology: İnternet: <https://www.govtech.com/magazines/gt/Computer-Evidence-Processing-Step-1---.html> Son Erişim Tarihi: 24.10.2019.

İnternet: Ankara Türkiye Beyaz Dekoratif Amerikan Plaka. (2019). Caddeko: URL: <https://www.caddeko.com/ankara-turkiye-beyaz-dekoratif-amerikan-plaka>, Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: Ankara Türkiye Beyaz Dekoratif Amerikan Plaka. (2019). Caddeko: İnternet: <https://www.caddeko.com/ankara-turkiye-beyaz-dekoratif-amerikan-plaka>, Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: Aydoğan, T. (2009). *Adli Bilişim (Computer Forensic).* Hukuk Sokağı: İnternet: <https://hukuksokagi.com/kaynak/adli-bilisim-computer-forensic/> Son Erişim Tarihi: 23.10.2019.

İnternet: II. Dünya Savaşı Londrası'nın hiç görüşmemiş fotoğrafları. (2017). Bursada Nerede Haber Platformu: URL: <https://haber.bursadanerede.com/2017/09/27/ii-dunya-savasi-londrasinin-hic-gorushmemis-fotograflari-3.html>, Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: II. Dünya Savaşı Londrası'nın hiç görüşmemiş fotoğrafları. (2017). Bursada Nerede Haber Platformu: İnternet: <https://haber.bursadanerede.com/2017/09/27/ii-dunya-savasi-londrasinin-hic-gorushmemis-fotograflari-3.html>, Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: Kılıç, S. (2018). *İnternet: Adli Bilişim Nedir?* Adli Bilişim Mühendisi Serpil Kılıç: URL: <https://www.serpilkilic.com/adli-bilisim-nedir/>, Son Erişim Tarihi: 23.10.2019.

İnternet: Mini'nin Tarihçesi. (2014). Sabah: URL: <https://www.sabah.com.tr/galeri/otomobil/mininin-tarihcesi/6>, Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: Mini'nin Tarihçesi. (2014). Sabah: İnternet: <https://www.sabah.com.tr/galeri/otomobil/mininin-tarihcesi/6> Son Erişim Tarihi: 04.11.2019.

İnternet: Önal, H. (2019). *Bilişim Sistemlerinde Adli Bilişim Analizi ve Bilgisayar Olayları İnceleme.* BGA Security: <https://www.bgasecurity.com/makale/bilisim->

sistemlerinde-adli-bilisim-analizi-ve-bilgisayar-olaylari-inceleme/ : Son Erişim Tarihi: 23.10.2019.

- Janani, P., Premaladha, J., and Ravichandran, K. (2015). Image Enhancement Techniques: A Study. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(22), 1-12.
- Jiang, M., and Wang, G. (2003). Development of Blind Image Deconvolution and Its Applications. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 11, 13-19.
- Kardell, R. (2007). Five Ways Computer Forensics Can Aid. *The Nebraska Lawyer*.
- Kaur, R., and Singh, N. (2014). Image Restoration-A Survey . *IOSR Journal of Computer Engineering*, 107-111.
- Khandelwal, P., and Kaur, G. (2016). Comparative Study of Different Image Enhancement Technique. *IJECT International Journal of Electronics&Communication Technology*, 116-121.
- Ko, S., and Lee, Y. (1991). Center Weighted Median Filters and Their Applications to Image Enhancement. *IEEE Trans. Circuits and Systems*, 38(9), 984-993.
- Kock, W., and Harvey, F. (1951). A Photographic Method for Displaying Sound Wave and Microwave Space Patterns. *Bell Labs Technical Journal*, 564-587.
- Kruse, W., and Heiser, J. (2001). *Computer Forensics: Incident Response Essentials*. Addison-Wesley Professional.
- Maru, M., and Parikh, M. (2017). Image Restoration Techniques: A Survey. *International Journal of Computer Applications*, 160(6), 15-19.
- Mohay, G., Anderson, A., Collie, B., Vel, O., and McKemmish, R. (2003). *Computer and Intrusion Forensics*. Artech House-Computer Security Series.
- Özen, M., ve Özkocak, G. (2015). Adli Bilişim, Elektronik Deliller ve Bilgisayarlarda Arama ve El Koyma Tedbirinin Hukuki Rejimi (CMK M. 134). *Ankara Barosu Dergisi*, 43-77.
- Pitas, I., and Venetsanopoulos, A. (1992). Order Statistics in Digital Image Processing. *Proceedings of the IEEE*, 80(12), 1893-1921.
- Rabie, T. (2004). Adaptive Hybrid Mean and Median Filtering of High-ISO Long-Exposure Sensor Noise for Digital Photography. *Journal of Electronic Imaging*, 13(2), 264-277.
- Senthilsevi, A., and Sukumar, R. (2014). A Survey on Image Restoration Techniques. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, 123-128.
- Sharma, S., Sharma, S., and Mehra, R. (2013). Image Restoration using Modified Lucy Richardson Algorithm in the Presence of Gaussian and Motion Blur. *Advance in Electronic and Electric Engineering*, 3(8), 1063-1070.

- Sharumathi, K., and Priyadharsini, R. (2016). A Survey on Various Image Enhancement Techniques For Underwater Acoustic Images. *International Conference on Electrical, Electronics and Optimization Techniques*, 2930-2933.
- Shi, K., Zhang, D., Guo, Z., Sun, J., and Wu, B. (2016). A non-Divergence Diffusion Equation for Removing Impulse Noise and Mixed Gaussian Impulse Noise. *Neurocomputing*, 173(3), 659-670.
- Smrkovski, L. (1996). Investigative, Technical, and Legal Aspects of Forensic Voice Identification and Introduction to Audio/Video Enhancement and Authentication. *Applied Forensic Technologies Int'l*.
- Sprawls, P. (1993). *Physical Principles of Medical Imaging* (2 b.). Madison: Medical Physics Publishing Corporation.
- Tamay, G. (2011). Denetim ve Adli Bilişim. *II. Bilgi Teknolojileri Yönetişim ve Denetim Konferans*. Ankara: Bilgi Teknolojileri Yönetişim ve Denetim.
- Ulu, A., Özen, Y., Öztürk, E., ve Dizdaroğlu, B. (2018). Renkli İmgelerde Çoklu Gürültü Giderme İşlemi İçin İki Aşamalı Bir Yöntem Geliştirilmesi. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(3), 22-29.
- Uzunay, Y., ve Bıçakcı, K. (2005). A3D3M : Açık Anahtar Altyapısı Destekli Dijital Delillerde Doğrulama Modeli. National Network and Information Security Symposium.
- Vaseghi, S. (2008). *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction*. John Wiley & Sons Ltd, New York.
- Yang, R., Yin, L., Gabbouj, M., Astola, J., and Neuvo, Y. (1993). Performance of Detail-Preserving Weighted Median Filters for Image Processing. *IEEE Winter Workshop on Nonlinear Digital Signal Processing*, 5(1), 31-36.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÜTÜKCÜ, Gözde Nur
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri :
 Medeni hali :
 e-mail :

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Adli Bilişim Sistemleri	Devam ediyor
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi / Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	2013
Lise	Başkent Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-Halen	Ericsson AR-GE	Yazılım Test Mühendisi

Yayınlar

Coşkun, A., Kütükcü, G.N. (2019). Adli Bilişimde Görüntü İyileştirme ve Görüntülerdeki Bulanıklığın Giderilmesi. *Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu*, Ankara, 1, 228-239

Coşkun, A., Kütükcü, G.N. (2019). Adli Bilimlerde Ses/Görüntü Kaydı İncelemelerinde Kayıt İyileştirme Ve Görüntü Kayıtlarının Gürültüden Arındırılması. *7t International Symposium on Academic Studies in Science, Engineering and Architecture Sciences*, Ankara, 1(1), 3-22



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..