

SINIRLI YÜZEYLERE EL YAZISIYLA ATILAN İMZALARIN DOĞRULANABİLMESİ İÇİN YÖNTEM ÖNERİSİ

İsmail Sinan TATLIGİL

20 14 50 101

DOKTORA TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Doktora Programı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU

İstanbul

T.C. Maltepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Eylül, 2023

SINIRLI YÜZEYLERE EL YAZISIYLA ATILAN İMZALARIN DOĞRULANABİLMESİ İÇİN YÖNTEM ÖNERİSİ

İsmail Sinan TATLIGİL
20 14 50 101
ORCID: 0000-0002-8495-5618

DOKTORA TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Doktora Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Eylül, 2023



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda mümkün olan en az düzeyde zamanlarını çaldığım değerli oğullarım Rüzgâr ve Toprak’a, her mesajıma en hızlı şekilde geri dönüş yapan ve cevapsız bırakmayan, bilgi ve tecrübesiyle tez çalışmam boyunca desteğini gösteren tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU ’na, akademik hayatımda sürekli olarak destek veren Prof. Dr. Ali BULDU ’ya tezimin son haline getirdiğim bir eser olarak yayınlanacağından dolayı değerli katkılarını sunan Prof. Dr. Emin Murat ESİN, Doç. Dr. Tuğba AKYEL, Dr. Öğr. Üyesi Emin BORANDAĞ ve Dr. Öğr. Üyesi Fatih YÜCALAR ‘a teşekkürlerimi sunarım.

İsmail Sinan TATLIGİL

Eylül, 2023

ÖZET

SINIRLI YÜZEYLERE EL YAZISIYLA ATILAN İMZALARIN DOĞRULANABİLMESİ İÇİN YÖNTEM ÖNERİSİ

İsmail Sinan Tatlıgil

Doktora Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Doktora Programı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu

Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2023

Günümüzde; resmî belgelerde kâğıt üzerine imza atılması kimlik göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber tablet gibi sayısal ortamlarda üretilmiş belgelere sistem üzerinden imza atılması uygulaması da son yıllarda yaygınlaşmıştır.

Hukuksal ihtilaf halinde; kâğıt üzerine atılan imzaların doğrulanması uzmanlar tarafından yapılabilmektedir. Buna karşılık, sayısal ortamlarda atılan imzaların sahte olabilme durumlarında, atıldığı iddia edilen imzaların ve eldeki belge ile ilişkilerinin doğrulanması karmaşık yöntemler gerektirmektedir.

Bu amaçla literatürde mevcut imza örneği veri setlerinden farklı olarak, imza bağışçılarının bağışladıkları imzalar ile Tatlıgil adını verdiğimiz yeni bir veri seti oluşturulmuş ve imzanın doğrulanması için yöntem önerisi sunulmuştur. Bu set için içerisinde sağ/sol el kullanan, kadın/erkek, eğitim durumu, yaş kayıtlarıyla birlikte en önemlisi aynı bağışçıya ait 20, 50 ve 100 imza biriktirilmiştir. Bunun yanı sıra bağışçıların imza atarken pozisyonları ve ara vermeden bağışta bulunmaları sağlanmıştır. İleride veri setiyle yapılacak farklı çalışmalar, doğruluk ve başarı oranının çok daha yüksek olmasını sağlayacağı ve psikolojik durum gibi farklı çalışmalarla katma değer katacağı değerlendirilmektedir.

Yeni veri setimiz ile mevcutlar arasındaki farklar ele alınmıştır. İlgili veri setleri ile yapılan çalışmalar incelenmiş ve başarı oranı en yüksek olan yöntem tespit edilmiştir. Doğruluğu, ilgili çalışmadaki veri setleri ile karşılaştırılmıştır.

Başarımı yüksek yöntem, gerçek imzalar arasına eklenen sahte imzanın tespitine ilişkindir. Ancak kişi imza atarken zaman içerisinde, art arda imzalar attığında veya imza atarken ki pozisyonu sebebiyle imzasında değişim veya bozulma olabilmektedir. Bu sebeple başarıyı yüksek tespit edilen yöntemi oluşturduğumuz veri setinde denenmiştir. Yöntem, tüm imzaların gerçek sahiplerine ait olmasına rağmen düşük başarı ve doğruluk sağlamıştır. Bu düşük başarının sebebi imzaların atılırken çeşitli nedenlerden dolayı farklılaşması diğer bir deyişle bozulmalarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Bu nedenle imzalar eğer dijital bir materyal ile alınıyorsa bu imzaların alınırken nelere dikkat edilmesi gerektiği ve doğrulamanın yapılabilmesi için nelerin yapılması gerektiğine ilişkin yöntem önerisi sunulmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Dijital imza, el imzası, el ile atılan imzanın doğrulanması, imza doğrulama

ABSTRACT

METHOD SUGGESTION TO VERIFY HANDWRITTEN SIGNATURES ON LIMITED SURFACES

İsmail Sinan Tatlıgil
PhD Thesis
Department of Computer Engineering
Doctorate of Computer Engineering Programme
Thesis Advisor: Dr. Erdal Güvenoğlu
Maltepe University Graduate School, 2023

Today; Signing on paper is used as an identity indicator in official documents. In addition, the practice of signing documents produced on digital media such as tablets via the system has become widespread in recent years.

In case of legal dispute; Verification of signatures on paper can be done by experts. On the other hand, in cases where signatures signed in digital environments may be fake, verifying the signatures claimed to have been made and their relationship with the document at hand requires complex methods.

For this purpose, unlike the existing signature sample data sets in the literature, a new data set called Tatlıgil was created with the signatures donated by signature donors and a method proposal was presented to verify the signature. For this set, 20, 50 and 100 signatures belonging to the same donor were collected, along with records of right/left handedness, male/female, education level and age. In addition, the positions of the donors while signing were ensured and that they donated without interruption. It is evaluated that different studies to be conducted with the data set in the future will ensure that the accuracy and performance rate will be much higher and will add added value with different studies such as psychological status.

The differences between our new data set and the existing ones are discussed. Studies with relevant data sets were examined and the method with the highest performance rate was determined. Its accuracy was compared with data sets in the relevant study.

The high-performance method is related to the detection of forged signatures added between real signatures. However, when a person signs, his signature may change or

deteriorate over time, when he signs repeatedly or due to his position while signing. For this reason, the method with high performance was tested on the data set we created. The method provided low performance and accuracy even though all signatures belonged to their real owners. It is considered that the reason for this low performance is that the signatures differ for various reasons, in other words, they are distorted. For this reason, if signatures are taken with a digital material, a method recommendation is presented regarding what should be taken into consideration when obtaining these signatures and what should be done to ensure verification.

Keywords: Digital signature, hand signature, verification of handwritten signature, signature verification



İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem.....	2
1.2. Amaç.....	2
1.3. Önem.....	3
1.4. Varsayımlar.....	3
1.5. Sınırlıklar	3
1.6. Tanımlar.....	5
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	7
2.1. Yapılan Ulusal Çalışmalar	7
2.2. Yapılan Uluslararası Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. İmzanın Tarihçesi	15
3.2. İmzanın Kullanıldığı Alanlar	16
3.3. İmza Atmak İçin Kullanılan Donanımlar	17
3.3.1. İmza kaşesi.....	18
3.3.2. Taşınabilir imza makinesi.....	18

3.3.3. Masaüstü imza makineleri	18
3.3.4. Yazılım marifetiyle programlanabilir imza makineleri	19
3.4. Hukuki Olarak İmzaların İncelenmesi	20
3.4.1. Resmî belgede sahtecilik	21
3.4.2. Özel belgede sahtecilik	21
3.5. İmzaların İncelenmesinde Yetkili Kişi ve Kurumlar	21
3.5.1. Adli tıp	21
3.5.2. Kişiler.....	22
3.6. İmzanın İncelenmesinde Materyallerin Önemi	22
3.6.1. Kalem.....	23
3.6.2. Mürekkep	23
3.6.3. Kâğıt.....	24
3.7. İmza İncelemesinde İmzanın Atılma Şeklinin İncelenmesi	24
3.8. El Yazısı İmzaların İncelenmesinde Genel Yaklaşımlar	25
3.8.1. K-en yakın komşu	25
3.8.2. Destek vektör makinesi.....	25
3.8.3. Rastgele orman	26
3.8.4. Naive bayes.....	26
3.8.5. Gradyan artırma	27
3.8.6. Sinir ağı.....	27
3.8.7. Karar ağaçları.....	27
3.8.8. K-ortalama kümeleme.....	28

3.8.9. Evrişimsel sinir ağları	28
3.8.10. Yinelemeli sinir ağı.....	29
3.8.11. Uzun kısa süreli bellek.....	29
3.8.12. Üretken çekışmeli ağlar	29
3.8.13. Autoencoder.....	30
3.8.14. Transformer	30
3.8.15. Derin inanç ağları.....	31
3.8.16. Derin pekiştirmeli öğrenme	31
3.8.17. Kapsül ağlar	32
3.9. Gerçekleştirilen Çalışma.....	32
3.9.1. Bağışçılardan alınacak imza adetlerinin belirlenmesi	34
3.9.2. Windows uygulamasının geliştirilmesi.....	34
3.9.3. Veri setinin oluşturulması ve akademik çalışmalarda kullanılması.....	40
3.9.4. Doğruluk oranı yüksek yöntemin tespit edilmesi	41
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	59

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. İmza Kayıt Yazılımı – “signinfos.csv” dosya içeriği görüntüsü	40
Tablo 2. Önerilen yöntemin çeşitli imza veritabanları üzerinde en son yöntemlerle karşılaştırılması.....	43
Tablo 3. Oluşturulan sinir ağının özet meta bilgisi ve eğitilen parametre sayıları	47
Tablo 4. Başarım oranı karşılaştırma tablosu.....	48



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. İmzanın değerli kâğıt ve benzeri evraklarda kullanımı	17
Şekil 2. İmza atmak için kullanılan donanımlar	19
Şekil 3. Yazılım marifetiyle programlanabilir imza makineleri	20
Şekil 4. Çalışmaya ait bölümler ve alt bölümleri	33
Şekil 5. İmza Kayıt Yazılımı – Giriş ekranı görüntüsü	35
Şekil 6. İmza Kayıt Yazılımı – İmza adedi seçildikten sonraki bilgi ekranı	36
Şekil 7. İmza Kayıt Yazılımı – İmza atma işlemi ekranı.....	37
Şekil 8. İmza Kayıt Yazılımı – İmzaların saklandığı klasör yapısı ve bilgi dosyaları ...	38
Şekil 9. İmza Kayıt Yazılımı – “participantinfo.txt” dosya içeriği görüntüsü	39
Şekil 10. 1870 Adet imzanın dağılımı	41
Şekil 11. Otsu yönteminde kullanılan test imza verisi	42
Şekil 12. Otsu yöntemi sonucu ortaya çıkan karşılaştırma.....	42
Şekil 13. Signet Mimarisi	46
Şekil 14. Başarım oranı karşılaştırmasında gerçekleştirilen yöntem.....	48

KISALTMALAR

TDK	:Türk Dil Kurumu	Turkish Language Institution
ATK	:Adli Tıp Kurumu	Institution of Forensic Medicine
TCK	:Türk Ceza Kanunu	Turkish Criminal Law
CNN	:Evrişimli Sinirsel Ağ	Convolutional Neural Networks
RNN	:Devirli Sinirsel Ağ	Recurrent Neural Networks
LSTM	:Uzun Kısa Süreli Bellek	Long Short-Term Memory
GAN	:Üretken Çekişmeli Ağlar	Generative Adversarial Networks
DBN	:Derin İnanç Ağları	Deep Belief Networks
DRL	:Derin Pekiştirmeli Öğrenme	Deep Reinforcement Learning
SVM	:Destek Vektör Makineleri	Support Vector Machine
USB	:Evrensel Seri Veriyolu	Universal Serial Bus
NIS	:Doğal Bağışıklık Sistemi	Natural Immune System
AIRS	:Yapay Bağışıklık Sistemi	Artificial Immune Recognition System
OCR	:Optik Karakter Tanıma	Optical Character Recognition

1. GİRİŞ

Kişiler tarih boyunca herhangi bir yazı ya da belgenin kendileri tarafından yazıldığını, gönderildiğini ya da onaylandığını göstermek istemişlerdir. Bunun için işaret veya işaretleyiciler kullanılmıştır. Bu işaretleyiciler günümüzde imza (ve mühür) olarak tanımlanmaktadır. Herhangi bir yüzeye atılmış olan imza iş hayatında ve özel hayatımızda önemlidir. İmzalar genellikle kâğıtlar üzerine atılmaktadır. Bir iş sözleşmesi, anlaşma, finansal işlemler (kredi başvurusu, hesap açılışı vb.) gibi birçok alanda imza kullanılmaktadır.

Dijitalleşen dünyada farklı nedenlerden dolayı artık imzalar elektronik ortamlarda atılabilmektedir. Dijital sertifika ile onaylanan imza, e-imza olarak ifade edilmektedir. Bu imzalar kriptografik yöntemlerle fiziksel olarak verilmiş akıllı (smart) kart marifetiyle yapılmaktadır. Bu kartlar USB ve benzeri cihazlara takılarak kullanılmaktadır. Merkezi bir dijital sertifika sağlayıcısı tarafından geçerliliği kontrol edilip geçerli ise onaylanır. Türkiye'deki 5070 sayılı kanuna göre RIPEMD, SHA – 1, SHA-224, SHA-256 ve WHIRLPOOL özet algoritmaları kullanılmalıdır.

Günümüzde birçok alanda artık karşımıza sayısal sözleşmeler çıkmaktadır. Sayısal sözleşmelerin imzalanmasında ise el imzasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple sayısal ortama geçen sözleşmeler bir işaretleyici kullanılarak elle imza atılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı artık elle atılan imzaların dijital bir yüzeye sayısal özellikli kalemler marifetiyle atılmasına başlanmış olup kullanımı kaçınılmaz hale gelinmiştir.

Literatür içerisinde yapılan araştırmalarda benzer çalışmaların olduğu ancak bu çalışmaların adli süreçlerde kâğıt üzerindeki imzaların incelenmesine ilişkin yöntemlerle örtüşmediği ve kullanılan algoritmaların yeterliliğiyle ilgili olarak çalışmalar yapıldığı görülmüştür.

Bu tez çalışmasında, kör ve görsel yüzeylere el marifetiyle atılan imzalar ele alınmıştır. Ancak zaman içerisinde değişim kaynaklı farklılıkların tespit edilerek elle atılan

imzaların doğrulanabilmesi için yöntem önerisinde bulunulmuştur. Bu yöntem önerisi imza bağışçılarında alınan imzalar analiz edilerek sunulmaktadır.

1.1. Problem

Günümüzde halen değerli ya da değersiz kâğıt parçası üzerine ıslak imza olarak adlandırılan imzalar atılmaktadır. İmzalar akışkan bir sıvı (mürekkep vb.) ile kalem marifetiyle atılmaktadır. Bu el ürünü imzanın doğrulanması, hukuk sistemi içerisinde grafoloji olarak tanımlanmaktadır. Grafolojik incelemeler grafologlar tarafından gerçekleştirmektedir.

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte sayısal imzalar yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Bunlar kör ekranı olmayan veya görsel ekranı olan elektronik cihazlara atılabilmektedir. Bu imzaların doğrulanması ile ilgili olarak yapılan ilk uluslararası çalışma “SVC 2004: First International Signature Verification Competition” olarak düzenlenmiştir (Yeung vd., 2004). Buradaki çalışmanın asıl amacı, imza bağışçılarının asıl imzaları ile taklitlerinin karşılaştırılmasını sağlanmasıdır. Bu çalışmalar içerisinde imzanın bozulması, imzanın atılmasında kullanılan cihazlarda; cinsiyet, yaş ve imzada kullanılan el ile ilgili detay bilgiler bulunmamaktadır.

1.2. Amaç

Araştırmanın amacı, kâğıt üzerindeki imzaların incelenme yöntemleriyle bu imzaların elektronik cihazlarda atılan imzalarla örneklem evreni kapsamında değişimini ele alarak yöntem önerisinde bulunmaktır.

Çalışma için veri setinin oluşmasında katkıda bulunanlar; kişisel, kişi tanımlayıcı bilgileri bulunmayan imza bağışçılarıdır. Kendi rızaları ile imza bağışında bulunmaktadırlar. Ardarda atılan imzalarında değişim olması beklenen bir olgudur. Bu nedenle her bağışçıdan öncelikle yirmi adet imza alınmaktadır. Ara vermeden imza alma yazılımında tekrar elli imza daha bağışlamaktadır. Son olarak yine ara vermeden yüz imza bağışlamaktadır. İmzalar veri setinde klasörler içerisinde 20-50-100 olarak saklanmaktadır.

Literatür araştırması içerisinde imza sahteciliğine ilişkin olarak farklı yöntem ve metotlarla geliştirilenler içerisinde en yüksek doğruluk oranı tespit edilmektedir. İmza

bağışçılarının ara vermeden oluşturdukları el ürünü imzalarında zaman içerisinde bozulmaların olacağı değerlendirilmektedir.

1.3. Önem

Günümüzde artık birçok alanda dokunmatik ekrana sahip cihazlar kullanılmaktadır. Bu tür cihazların tümünde el ya da farklı bir iz bırakabilen materyal ile çizim yapılabilmektedir. Birçok yerde de bu cihazlar marifetiyle uyumlu bir iz bırakıcı kalem ile gerçekleştirilmektedir.

Akışkan mürekkep ve emici özelliği olan kâğıt gibi bir materyal olmadığından geleneksel grafoloji yöntemleri ile imzanın ilgili kişiye ait olup olmadığı belirlenememektedir. Bu nedenle elektronik cihazlar ve aksamaları ile atılan imzaların değerlendirilmesi hukuk ve adalet sistemi içerisindeki önemini gittikçe artırmaktadır.

Bu çalışmada imzaların atılma esnasındaki bozulmalara, imza atım süreleri ve farklı diğer etkenler (imza atarken fiziksel durumu ayakta, oturarak vb.) göz önünde bulundurularak yeni yöntem önerisi sunulmaktadır.

1.4. Varsayımlar

Tüm çalışma, temiz arka plana sahip, bir beyaz alana imza atıldığı varsayılarak gerçekleştirilmektedir. Ortaya çıkabilecek diğer tüm durumlar, sınırlılıklar başlığı altında değerlendirilmiştir.

1.5. Sınırlılıklar

İmza bağışçılarının imzalarının değişimine etki edebilecek birçok etken bulunmaktadır. Bu etkenler kişilerin fiziksel durumlarının yanı sıra ruhsal durumlarıyla da ilgili olabilmektedir. Bunlara ilişkin durumlar aşağıda sırasıyla ele alınmaktadır.

Fiziksel uzuvlarının olmaması: İmza bağışçılarının tümünün fiziksel uzuvları tamdır. Bazı insanlar, doğuştan ya da daha sonrasında el, kol, parmak ve diğer uzuvlarını farklı nedenlerle kaybedebilmektedirler.

Yaş a bağı lı rahatsızlıklar: İmza bağı şçı larının beyanlarına istinaden yaş a bağı lı olarak hastalıklarının olmadığı bilinmektedir. Yaş a bağı lı olarak kiş i lerin Parkinson gibi hastalıkları olabilmektedir.

Psikolojik durumları: İmza bağı şçı larının beyanlarına istinaden psikolojik etkili ila ç kullanmadıkları bilinmektedir.

Ruhsal durumları: İmza bağı şçı larının beyanlarına istinaden imza bağı şı ö ncesinde tartışma, olumsuz bir haber, yetiş mesi gereken bir iş lerinin olmadığı bilinmektedir.

Yasal yaş sınırı: İmza bağı şçı larının beyanlarına, fiziksel görünüm ve bağı şçı istediğini belirttiğı lokasyona istinaden, yasal yaş sınırı olan on sekiz yaş ının üstünde oldukları bilinmektedir.

İmzanın atıldığı ortamın fiziksel durumu: İmza bağı şçı larının tümü uluslararası iş sağı lığı ve güvenliğı standartlarında masa ve ergonomik bir sandalyede, dik pozisyonda kendilerini rahat hissettikleri şekilde imzalarını bağı şlamaktadır.

İmzanın atılma amaçları: İmza bağı şçı sı el ürünü imzasının, kiş i tanımlayıcısı bir bilgisinin tutulmayacağını ve akademik bir çalış ma olduğunu bilmesi sebebiyle herhangi bir stres altında bulunmamaktadır.

Kullanılan dile ilişkin alfabeler: İmza bağı şçı sı imzasında eğer harfler kullanıyorsa bulunduğu ülke sebebiyle Latin alfabesi harfleri kullanacağını bilmektedir. Türkçe’de kullanılan büyük ve küçük “A B C Ç D E F G Ğ H İ I J K L M N O Ö P R S Ş T U Ü V Y Z” harflerine “Q W X “de dahil edilmiştir. Diğer dünya dillerindeki alfabeler bu çalış ma kapsamı dışında tutulmuştur.

İmzanın alındığı elektronik cihazlar: İmzaların alındığı cihazların farklı olması ve hassasiyetleri dolayısıyla farklılar oluşturacaktır. Bu çalış mada WACOM CTL-472 cihazı kullanılmıştır.

İmzanın alındığı elektronik cihazın iz bırakma aparatı: Dokunmatik yüzeylere imzalar, parmak ile de atılabileceğı gibi farklı kalınlıklardaki uçlara sahip özel kalemlerle de (stylus) atılabilmektedir. Bu çalış mada WACOM CTL-472 cihazı içerisinden çıkan orijinal kalem kullanılmıştır.

Hastalık durumu: İmza başışçılarının beyanlarına istinaden imzaya etki edebilecek herhangi bir öksürük, titreme gibi hastalık durumları bulunmamaktadır.

Farklı ve gelişen teknoloji: Sınırlı yüzeyler, birçok taşınabilir bilgisayarlarda imleç hareket ettirme yerine kullanılan dokunmatik yüzeyler dâhildir. Ancak gelişen teknolojiyle birlikte yüzeylerin değışimi gerçekleşmiştir. Sanal gerçeklik teknolojisi cihazların değışmesi ve gelişmesi nedeniyle farklı yüzeyler ortaya çıkabilecektir. Bu çalışmada ileri teknoloji kullanılmamıştır.

1.6. Tanımlar

Bağışçı: Veri seti için gönüllü olarak imza atan kişiler.

Sınırlı yüzey: İmzanın atıldığı alanı sağlayan elektronik cihazın imza atılan yüzeyi

Kör sınırlı yüzey: İmza atılan yüzeyde imzanın atıldığını anlık olarak göstermeyen elektronik cihazlar.

Görsel yüzey: İmza atılan yüzeyde imzanın atıldığını anlık olarak gösterebilen elektronik cihazlar.

Kalem: Sınırlı yüzeye imzanın atılmasını sağlayan organ ya da materyal (parmak, akıllı kalem vb.)

Değerli kâğıt: Üzerinde herhangi bir değer bulunan ve elinde bulunduranın her an yarar sağlayabileceği para.

Değersiz kâğıt: Herhangi bir hamurdan üretilmiş olan maddi değeri olmayan kâğıt parçası

Islak imza: Değerli ya da değersiz kâğıt üzerine mürekkepli kalem vasıtasıyla atılmış imza.

Mürekkepli kalem: İçerisindeki akışkan bir sıvıyı akıtarak kâğıt üzerinde iz bırakan kalem.

Grafoloji: Yazı bilimi. El yazısından karakter tahlili yapmaya çalışan bir çalışma sahası. Grafolojistlere göre, diğer davranış şekilleri gibi, el yazısı da insanın kişiliği hakkında bilgi vermektedir. Bu teori her şahsın belirli bir şahsiyet ve davranışlarında devamlılık göstereceğini kabul etmektedir.

Tuğra: Osmanlı padişahlarının imza yerine kullandıkları, özel bir biçimi olan sembolleşmiş işaret.

Mühür: Bir kimsenin, bir kuruluşun adının veya unvanının tersine kazılı bulunduğu, metal, lastik vb. nden yapılmış araç, damga, kaşe.

İmza: Bir kimsenin herhangi bir belgeyi yazdığını veya onayladığını belirtmek için her zaman aynı biçimde kullandığı işaret.

Paraf: Yalnız adın veya ad ve soyadının baş harfleriyle atılan kısa imza.

Noter: Çeşitli belge ve işlemlere geçerlik kazandırmak ve yasanın öngördüğü diğer görevleri yerine getirmekle yükümlü, belli nitelikleri ve kendine özgü bir hukuk statüsü olan kamu görevlisi, kâtibiadil.

Adli tıp: Tıbbın adli olayların aydınlatılmasıyla uğraşan kuruluşu. Mahkemelerin gerçeği ortaya çıkarmasına yardım eden tıp kolu.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Herhangi bir yüzey üzerine atılan bu imzaların hukuk alanında inceleme ve değerlendirilmeleri de ele alınmaktadır. Ardından ilgili kanunlar çerçevesinde incelemeye yetkili kişi ve kurumlar Türkiye Cumhuriyeti yasaları kapsamında ele alınmakta ve örneklendirilmektedir. İmzanın incelenmesine ilişkin kullanılan materyallerin önemi ele alınmış ve inceleme için imzaların atılma şekillerine ilişkin açıklamalara yer verilmiştir. Bu tez çalışmasının bu bölümünde yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalara yer verilmektedir.

2.1. Yapılan Ulusal Çalışmalar

İmza; bir metnin altına atıldığında imzayı atan kişiye metnin içeriğine bağlı olarak maddi, manevi veya kanuni sorumluluklar yükleyebilmektedir. Genel olarak iki taraf arasında bir mutabakat anlamına gelirken, tek taraflı gibi görünen ancak kişileri borç, sorumluluk ya da kanunlara karşı sorumlu tutabilecek duruma getirebilecektir. Bu şekilde sorumlu olduğumuz için uyuşmazlık halinde adalete başvurmak durumunda kalınmaktadır.

Adalet, soruşturma ve kovuşturma olarak iki aşamada karşımıza gelmektedir. Soruşturma ülkemizde Cumhuriyet Savcıları tarafından gerçekleştirilmekte olup, delillerin toplanması ve iddia edilen suçun yazılması anlamına gelen iddianamenin oluşturulması aşamasıdır. Ardından bu iddianame mahkemeye sevk edilerek ilgili kanun maddeleri kapsamında değerlendirilmesi istenmektedir. Tarafsız mahkemeler ise iddia, davalı/sanık/şüpheli ve davacı/müşteki/mağduru dinleyerek ve delillerle birlikte karar verir.

Deliller içerisinde imza bulunuyorsa bunun uzmanlar tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle inceleme için mahkeme ATK ya da bilirkişileri görevlendirebilmektedir. Ancak bu süreçler raporların hazırlanması, iş yoğunluğu, maddi imkansızlıklar, tecrübeli ve bilgili uzman eksikliği olması nedeniyle beklenen süreler içerisinde gerçekleşmeyebilmektedir. Bir de taraflardan veya avukatlarından gelen rapora itiraz edilirse süreç daha da uzamaktadır. Bu konuyla ilgili olarak adli belgelerin 780 olgu üzerinden incelenmesine ilişkin çalışmayı gerçekleştirilmiş. Birincioğlu ve arkadaşları

(Birincioğlu, Kirci, Aydoğdu, Okumuş ve Özer, 2016), Trabzon il ve ilçelerinden yasal mevzuat çerçevesinde resen seçilmiştir. Bilirkişi ataması ile rapor tanzim eden görevliler, adli belge dosyaları üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmiştir.

Çalışmada 539 olgunun Cumhuriyet Başsavcılığından, 241 olgunun çeşitli ceza ve hukuk mahkemelerinden geldiği belirtilmektedir.

Denizli Adliyesi'nden elde edilen 19 belge üzerinde yazı ve imza incelemesi çalışmasını gerçekleştiren Boz (Boz, 2019), “Adli Olay Belgelerine İlişkin Uzman Raporlarından Yazı ve İmza İnceleme Yaklaşımlarına Yönelik Görünümler” çalışmasında üç alt probleme odaklanmıştır. İlk olarak çözümleme yaklaşımı, araçları ve varılan kanıları incelemiştir. İkinci olarak ise şüpheliye ilişkin el yazısı ve imza karşılaştırmalarının nasıl yapıldığını incelemiştir. Son olarak ise uzman raporlarını özellikleri açısından incelemiştir. Birinci alt problemde kaligrafik, grafolojik ve filigran yöntemlerinin kullanıldığı, ikinci alt problemde inceleme aracı olarak büyüteç, mikroskop, belge inceleme aygıtı, stereo mikroskop ve morötesi ışık kaynağı kullanıldığı, son olarak ise adli belge incelemelerinin en az üç uzman tarafından yapıldığı belirtilmektedir.

İmzalara ilişkin ülkemizde yapılan ilk çalışmalardan biri olarak kabul edilen, açığa atılan imzanın kötüye kullanılmasına ilgilidir. Çalışmanın yapıldığı 1988 tarihindeki Türk ceza kanununa ilişkin maddelerle desteklenen çalışma, emniyeti suistimalin üzerinde durmaktadır. Aynı zamanda benzer suçlar olan dolandırıcılık, hırsızlık ve zimmet ile karşılaştırmaktadır (İnan, 1988). İnan tarafından yapılan bu çalışmada imzanın önemini gösterilmiştir. İlgili imzanın açığa atılmasına ilişkin sonuçlar irdelenmiştir. Açığa atılan imza ile satmak, rehin, sarf ve istihlak, ketim ve inkâr, tahvil ve tağyir maddi unsuru oluşturan filler ile suçun tamamlanması ve mağdurun suçtan zarar görmesine ilişkin sonuçları ele alınmaktadır.

Borç altına imza atıldığı takdirde genel olarak icra yolu tercih edilmektedir. Bu yol, genel olarak icra ve iflas hukukudur. Bu nedenle de ortada bir borcun olması, borcun olması içinde imzanın olması gerekmektedir. İmza varsa eğer icrayı durdurmanın en kolay yolu borçlunun imzanın kendisine ait olmadığını iddia etmesidir. İtirazın tabii sonuçları vardır. Hukuk içerisinde de itirazın sonuçları, icra inkâr tazminatıyla sonuçlanabilmektedir.

“İcra ve iflas hukukunda itiraz ve imzaya itirazların sonuçları” çalışmasında Yazar (Yazar, 2018), itirazın yapılmasına ilişkin olarak itiraza konu olabilecek senet vb. belgeler, itirazın şekline, süresine ve sonuçlarına ilişkin değerlendirmelerde bulunmuştur.

Günümüzde çoğunlukla imzaların atıldığı evrakın türüne göre imza sahteciliği önem kazanmaktadır. Birçok imza sahteciliği mağdurun zarar etmesi ve sanığın bundan kazanç elde etmesi üzerine kuruludur. Sahtecilik yöntemlerinden biri de imzanın üzerine imza atılarak gerçek kişinin imzasının gizlenmesini sağlamaktadır. Bu tarz sahtecilikler video-spektral analiz ile uzmanlar tarafından ortaya çıkarılabilmektedir. Video-spektral analizde filtreler ve çeşitli ışıklar kullanılmaktadır.

Aşıcıoğlu, çalışmasında üste imza atmak suretiyle imza atan kişinin imzasının maskelenmesini ele almaktadır (Aşıcıoğlu, 2020). İnceleme uzmanlarına ilişkin değerlendirmelerinde ise video-spektral cihazların üreticileri tarafından ayarlanmış hazır genel yöntemlerin kullanılmasının uzmanları yanıltabileceğini değerlendirmektedir.

İmza sahteciliğinin birçok farklı metodu bulunmaktadır. Üstten ve bakarak kopya, serbest taklit, nakil, uydurma yöntemi, inkâr etmek için atılmış, bilgisayar yardımıyla ve imza makineleri ile sahte imzalar atılabilmektedir. Bu imzaları atan kişiler uzmanlar olabildiği gibi uzman olmayan kişiler tarafından da atılabilmektedir. Burada kişinin konunun uzmanı olmasından daha çok yetenek ve kabiliyetinin daha önemli olduğu varsayılabilmektedir.

Gültakar tarafından yapılan çalışmada (Gültakar, 2020) imza konusunda uzman ve uzman olmayan kişilerden imza ve paraf örnekleri almıştır. Bu imza ve paraf örneklerini yedi farklı uzmanın incelemesini sağlamıştır. Bu incelemeler sonucunda imza sahteciliği üzerine genel kanının uzmanların daha etkin sahte imza üretebileceği üzerine olmasına karşın, çalışmanın sonunda uzman olmayan kişilerin daha iyi sahte imzalar üretebildiği kanaatine varmıştır. Bu konuda daha geniş kapsamlı çalışmaların yapılması gerektiği kanaatini bildirmiştir.

İmzaların incelenmesinde birçok farklı kriter bulunmaktadır. Bunlar imzanın biçimi, boyutu, eğimi, oranı olarak genel olarak belirlenebilir. Bunlar dışında çizgi kalitesi, kalem baskısı da etki etmektedir. İmzanın bir de karakteristik özellikleri vardır. Başlangıç

hareketi, harf karakteri, el kaldırma, dönüş, bukleme hareketi, yatay çekiliş, dikey çıkışlar ve son olarak bitiş hareketi ile tamamlanmaktadır.

Dinçer çalışmasında (Dincer, 2020), uzmanlar tarafından imzaların incelenirken boyutlarının uzmanların görüşüne etkileri üzerine değinmiştir. Çalışmasının sonucunda farklı boyutlardaki ve küçülen dikdörtgen kutulara atılan imzaların incelemesi sonucunda uzmanların görüşlerinin uzmandan uzmana değiştiğini belirtmektedir. Bir numaralı uzmanın 36 katılımcı imzası için “Kanaatim değişmezdi”, 17 katılımcı imzası için “Kanaatimi bir derece düşürdüm” ve bir katılımcı içinse “Kanaat bildirmezdim” şeklinde beyanda bulunduğunu belirtmektedir.

Adli bilimler ve hukuk açısından imzanın önemi tartışılmaz bir gerçek olduğu açıktır. ATK ve bilirkişiler dışında kolluk kuvvetlerinin de imza inceleme birimleri bulunmaktadır. Bu birimler kriminal daire altında bulunmaktadır. Sadece ülkemizde değil, dünyanın birçok ülkesinde benzer uzmanların, bağlı bulunduğu birimler ve dernek odaları bulunmaktadır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri’nde Amerika Şüpheli Belge İnceleme Uzmanları Derneği (ASQDE- The American Society of Questioned Document Examiners) (ASQDE, 2023), Amerika Belge İnceleme Uzmanları Odası (ABFDE - American Board of Forensic Document Examiners) (ABFDE, 2023), Almanya’ da Adli Bilimler Yazı İncelemeler Topluluğu (GFS- Gesellschaft fuer Forensische Schriftuntersuchung) (GFS2000, 2023) bulunmaktadır. Ancak ülkemizde ve dünyada imza incelemelerine ilişkin sorunlar yaşanmaktadır.

Bunlara ilişkin olarak Sayıcı (Sayıcı, 2018) çalışmasında, Avrupa ve Amerika açısından değerlendirmelerde bulunmuştur. Ülkemizde imzaların harf ve yazı ağırlıklı olmadığı şekilsel veya basit tersimli olduğundan dolayı çok karakteristik bir şekli olmadıkça el ürünü olduğunun belirlenmesinin imkânsız olduğunu değerlendirmektedir. Bilirkişilerin seçimi ve uzmanlıklarına ilişkin eleştirilerde bulunmakta ve alana ait lisans eğitimlerinin olmayışı sebebiyle uzmanlıkları ile ilgili ihtilaf olabileceğini değerlendirmektedir.

Literatür içerisinde imzaya ilişkin, hukuki süreçlerin, karşılaşılan sorunların, uzmanlar ve uzmanların kullandığı yöntemlere ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Ayrıca literatür içerisinde uzmanlarında kullanmış oldukları yöntemlere ilişkin teknik çalışmalarda bulunmaktadır.

Bu teknik çalışmalar literatür içerisindeki buraya kadar ele alınan, kâğıt üzerine atılan imzalara ilişkin incelemelerin ne şekilde yapılabileceğine dair yöntemleri izlemektedir. Teknik olarak incelemeler ise daha detaylı ve önerdiğimiz yöntemin temellerini oluşturmaktadır. Değişen ve gelişen teknoloji çağına yetişebilmek için bu dönüşümü doğru şekilde gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu nedenle imzaya ilişkin tüm süreçler ele alınmalıdır.

İmzalara ilişkin bir diğer inceleme alanı ise atılan imzanın karakterleri, kıvrımları ve özellikleridir. Buna ilişkin yazıdan karakter analizine kadar birçok eğitim, kitap ve yayın hazırlanmıştır. İmzanın kişiden kişiye farklı olması, harflerin ve çizgilerin kullanımının değişikliği nedeniyle ayrıca ele alınması gerekliliği doğmaktadır.

Kâğıt üzerine atılan imzanın kıvrım ve karakter analizinin yapılabilmesi için öncelikle imzanın tespit edilmesi gerekmektedir. İmza tespit edildikten sonra ise incelemenin yapılabilmesi için imzanın atıldığı yerin incelemeye uygun bir zemin haline getirilmesi gerekmektedir. Cüceloğlu çalışmasında (Cüceloğlu, 2018), imzanın bölge analizini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada ön işleme, ölçütleme, özellik çıkarımı ve sınıflandırma adımları kullanılmıştır.

Conway'e göre "Çoğu kişinin en az üç tip imzası vardır. Bu imza türlerini şu şekilde sıralamak mümkündür: vasiyet, tapu senedi belgesi gibi önemli dokümanlar için resmi, tam ve doğru imza, günlük hayatımızda sıkça kullandığımız rutin dokümanlar ve kişisel yazışmalar için gayri resmi geliş güzel imzalar ve son olarak da postacı, dağıtıcı gibi kimseler için aceleyle atılan çiziktirme tarzı imzalar"dır (Conway, 1959).

İmzaların karakteristikleri açısından incelenmesine ilişkin olarak istatistikler ortaya çıkarmak imzaların kişilere aidiyetliğine ilişkin bize tekil olduğunu ispatlayacaktır. Nitekim Yaren çalışmasında (Yaren, 2020), kişilerin cinsiyeti, medeni hali, gelir ve eğitim durumları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit etmiştir. Yine aynı çalışmada Yaren, akademik personel ile idari personel, akademik personel ile öğrenci grupları, idari personel ile öğrenci grupları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit etmiştir.

İmzanın atılmasında en önemli rollerden biri de işaretleyici olarak tanımlayabileceğimiz kalemin ve işaretlenen kâğıdın özelliğidir. Günümüzde halen imzaların tükenmez, dolma ve jel tükenmez kalem gibi farklı mürekkep türlerinin kullanıldığı değerlendirildiğinde kalemin de irdelenmesi gerekmektedir. Buna ilişkin olarak kalemin iz bıraktığı kâğıdın da aynı paralellikte irdelenmesi gerekmektedir. Herhangi bir evraka imza attıktan hemen sonra hukuk yoluna başvurmuyoruz. Belirli bir süre ya da olayların gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu nedenle de kalemin mürekkebi ve kâğıdın durumundan yaş tayini yani imzanın atıldığı yaklaşık tarih tespit edilebilmektedir.

Salkım İşlek; piyasadan edindiği 20 markaya ait farklı tükenmez kalemi kullanarak yaptığı çalışmada “Belli bir kalınlığın üzerindeki ve belli kalitedeki selüloz kâğıt üzerine yazılmış olan mavi tükenmez kalem mürekkepleri ile oluşturulmuş yazı ve imzaların yapı ve yaş tayinine uygulanabildiği görülmüştür.” sonucuna varmıştır (Salkım İşlek, 2018).

2.2. Yapılan Uluslararası Çalışmalar

Benzer çalışmalar ülkemiz dışında da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar teknolojiyi üreten uluslar tarafından ve akademik araştırmalara verilen değerle doğru orantılı olarak yeni teknolojiler barındırmaktadır. Nitekim ulusal çalışmalarda kâğıda atılan imzaların incelenmesi için kullanılan çoğu cihaz yabancı menşelidir. Bu nedenle yapılan uluslararası çalışmalar daha etkin çalışmalar olabilmektedir.

Serdouk ve arkadaşları çalışmada (Serdouk, Nemmour ve Chibani, 2016), Doğal bağışıklık sistemi (NIS-Natural Immune System) ile birlikte yapay bağışıklık tanıma sistemini (AIRS - Artificial Immune Recognition System) kullanarak umut verici bir performans sergilediğini belirtmektedir. Çalışmada CEDAR ve GPDS-100 veri setleri kullanılmıştır.

El yazısı olarak atılan imzaların incelenmesi, imza konusunun dışında kalıyor gibi düşünülebilmektedir. Ancak ilgili kâğıdın üzerine ad ve soyad gibi bilgiler yazılmasının veya mektubun sonunda hitap edilen “abin”, “baban” gibi kelimelerin kullanılmasından dolayı önem arz etmektedir. İsmi ya da sözcüğün altında bulunan imza eğer ki harflerle atıldıysa çizgilerin dönüşlerinden yola çıkılarak incelemeye konu olabilecektir.

Plamondon ve Srihari'nin Optical Character Recognition (OCR) teknolojisi kullanarak gerçekleştirdiği çalışmasında çevrimdışı başarıların çoğu posta adresi, banka çekleri ve sayım formu üzerinde olduğunu belirtmektedir (Plamondon ve Srihari, 2000).

El yazısı tanıma dışında farklı çalışmalarda bulunmaktadır. Munich ve arkadaşları geleneksel bir kamera ile imzanın atılmasını kayıt altına alarak farklı bir çalışma gerçekleştirmiştir (Munich ve Perona, 2003). Bu çalışmada retina gibi biyometrik hiçbir özel donanıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Çalışmada, %1'lik tanıma hata oranı, vasıflı sahtecilikler için yüzde 3,95'ten daha iyi ve rastgele sahtecilikler için yüzde 0,84'ten daha iyi olan doğrulama hata oranlarını elde etmişlerdir.

İmzanın grafolojik özellikleri ele alınarak yapılan çalışmalardan Bertolini ve arkadaşları (Bertolini, Oliveira, Justino ve Sabourin, 2010), 100 katılımcıdan oluşan veri seti üzerinde sahtecilik ve gerçek imzalar üzerine çalışma yapmışlardır. Grafolojik yöntemlerin sahteciliği tespit etmede önemli bir unsur olduğuna kanaat getirmişlerdir.

Bir kümeleme algoritması olan Gaussian dağılımı baz alınarak olasılık temelli bir yaklaşım sunan Xia ve arkadaşları (Xia, Chen, Luan ve Song, 2017), çevrimiçi imza doğrulama üzerine çalışmışlardır. Açık erişim imza veri tabanı SVC2004 task2'yi kullanmışlardır. Çalışma sonunda Gaussian yöntemi ile en iyi hata oranı olarak 2,15 ve 2,63 elde ettiklerini sunmaktadırlar.

Ferrer ve arkadaşları, 16 Bitlik sabit nokta aritmetiği, gizli Markov modelleri, destek vektör makineleri ve Öklid mesafe sınıflandırıcı gibi farklı sınıflandırıcılarla test edilerek çevrimdışı geometrik parametrelerle otomatik imza doğrulaması çalışması gerçekleştirilmiştir (Ferrer, Alonso ve Travieso, 2005). Kullandıkları yöntemin adli belge inceleme özelliklerini dikkate almadığını belirtmektedirler. Çalışmanın sonucunda SVM araştırma çizgisinin takip edilmesinin daha teşvik edici olacağı ve bu nedenle sonraki çalışmalarında veri setleri üzerine olacağını belirtmektedirler.

Bir diğer CEDAR üzerine yapılan çalışma ise Kalera ve arkadaşlarının (Kalera, Srihari ve Xu, 2004), mesafe istatistikleri kullanılarak imza alanına eşleşme tasvir etmişlerdir. İmzanın global, istatistiksel ve geometrik özelliklerini kullanmışlardır. Doğrulama için %78,1 ve tanımlama için %93,18'e kadar yüksek doğruluk elde etmişlerdir.

Literatür araştırmaları ve yapılan çalışma incelendiğinde, bu tez çalışmasının literatüre olan ana katkıları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Bağışçıların vermiş olduğu farklı şekillerde sınıflandırılabilir 1870 adet imza
- Bağışçıların imza pozisyonlarına ilişkin standart bilgi ve pozisyon
- Bağışçıların sınırlı yüzey ve elektronik kaleme alışma süreci olduğu kabul edilen 20 imza
- Bağışçıların sınırlı yüzey ve elektronik kaleme alıştığı kabul 50 imza
- Bağışçıların sınırlı yüzey ve elektronik kaleme alıştığı ve artık yorulmaya ve sıkılmaya başladığı kabul edilen 100 imza
- Bağışçıların bağışladığı imzayı beğenmemesi durumunda silmesini izin verilmesi sebebiyle farklı çalışmalar yapılabilir 20, 50 ve 100 imza.
- Bağışçıların imza esnasında elektronik kaleme ilişkin teknik imkanların sağladığı kadar elde edilen basınç değerleri
- Bağışçıların imza esnasında elektronik kaleme ilişkin teknik imkanların sağladığı kadar elde edilen imza koordinatları
- Bağışçıların imza esnasında elektronik kaleme ilişkin teknik imkanların sağladığı kadar elde edilen silinen imzalara ilişkin basınç koordinat bilgileri
- Sahtecilik imzalarını tespit eden literatür içerisinde tespit edilen en başarılı yöntemin imza atılma zamanı içerisinde değişmesi sebebiyle yeteri kadar doğruluk ve başarım oranı sağlayamaması.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan ulusal çalışmaların ağırlıklı olarak Türkiye Cumhuriyeti hukuk sistemi çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmalar geleneksel olarak adlandırabileceğimiz kâğıt üzerine atılan imzanın üzerine yoğunlaşmaktadır. Gelişen ve değişen teknolojiyle beraber artık tek bir ünite, ekran devresi ve batarya bulunan, tablet adı da verilen mobil bilgisayarlar üzerinde imzalar atılmaktadır.

Tabletler üzerine atılan imzaların doğrulanmasına ilişkin geçerli bir yöntem halen bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan uluslararası çalışmalar yoğun olarak ekranı olmayan kör veya ekran devresi olan görsel bir alana sahip tabletlere atılan imzalara yoğunlaştığı görülmektedir.

Bu yöntemle atılan imzaların incelenmesinde ise yüksek teknoloji olarak adlandırılan makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknolojileri kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin içerisinde de birçok farklı algoritma ve yöntem bulunmaktadır. Her biri farklı bir algoritma olmasına karşın doğruluk ve başarı oranını arttırmak için birlikte kullanılabilir. Birden fazla algoritma ve yöntemin birlikte kullanılmasıyla başarımın ve doğruluğun arttırıldığı görülmektedir.

3.1. İmzanın Tarihçesi

İmzanın tarihçesi yazının kökenlerine dayanmaktadır. İnsanoğlu “Paleolitik devirden itibaren hemcinsleriyle iletişim kurabilmek için önce bazı sesler çıkartmış, sonra da bazı işaretler ve semboller kullanarak, bunları bazı nesneler üzerine yazmıştır”(Peker, 2009). M.Ö ± 2500’lerden kalma Mezopotamya’nın çeşitli yerlerinden ele geçmiş metinlerde Anadolu’dan bahsedilmektedir. İnsanlık tarihi boyunca kullanılan imza, kullanım alanlarının çok geniş olması nedeniyle günümüzde de halen kullanılmaktadır. Öncelikli olarak basın yayın alanında kullanılan imza, etkinliği ve yeterince analizi yapılamadığı için maalesef sahtecilikte de kullanılabilir. Sahtecilikte imza atmak için kullanılan donanımlar olduğu gibi taklit yöntemlerini kullanan kişiler de vardır.

Kullanım alanı olarak değerli ve değersiz kâğıtlar olarak ifade edilen kâğıtlar üzerine atılmaktadır. Bu tarz kâğıtlara örnek olarak çek, senet ve teminat mektubu gibi yarar sağlanabilecek veya para karşılığı olan kâğıtlar verilebilmektedir. Bunun dışında değersiz kâğıtlar üzerine de imzalar atılmaktadır. Bunlar ise ağırlıklı olarak sözleşmelerdir. Sözleşmeler tek sayfa olduğu gibi onlarca ve yüzlerce sayfa da olabilmektedir. Bu gibi çok sayfalı sözleşmelerde ise imza atmak yerine paraf atılabilmektedir.

İmza ve parafın geçerliliğinin ve gerçekliğinin kabul edilmesi için yetkili bir makam tarafından onaylanmış olması gerekmektedir. Ülkemizde ve diğer devletlerde, yetkilendirilmiş kişi ve kişilerin bağlı bulunduğu kuruluşlar bulunmaktadır.

Kişilerin imza ve parafının onaylanması noterlik makamlarınca imza beyannamesi, şirketlerin yetkili kişilerinin imza ve parafının onaylanması ise imza sirküsü olarak adlandırılmaktadır.

İmzaların ve parafların doğrulukları ise özel uzmanlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu uzmanlar grafoloji alanındaki grafologlardır. Uzmanlar incelemelerini gerçekleştirirken imzanın atıldığı kâğıdı, kullanılan kalemi, kalem içerisindeki mürekkebi ve imzanın yapısını incelemektedir. Bu sayede imzanın ilgili kişinin elinden çıkıp çıkmadığını, imzanın ne zaman atıldığı gibi bilgileri analiz ederek değerlendirebilmektedirler.

3.2. İmzanın Kullanıldığı Alanlar

İmzalar ortaya çıkış şekli olarak ele alındığı takdirde, kişinin kendisi tarafından işaretlendiği veya onaylandığı şeklinde ifade edilebilir. Ancak o şeklin ağırlıklı olarak kâğıt üzerine atılmasının yanında farklı materyaller hatta insan dokusuna dahi imzalar atılabilmektedir.

İmzaların değerli kâğıt ve benzeri evraklarda kullanımı;

En yaygın ve tarih boyunca en sık kullanım alanı ise kâğıdın üzerine imza atılmasıdır. Bu imzalar halen günümüzde sözleşmeler, çek, senet ve benzeri evraklar üzerinde bulunmaktadır. Bu şekilde değerli kâğıt üzerine imza atılması kişilere maddi ya da manevi olarak sorumluluk yüklenmesi anlamına gelmektedir.

Nitekim ihtilaf durumunda kişiler ve kurumlar imzalı evrağı hukuk sisteminde ispat için kullanmakta ve delil olarak sunmaktadır. Şekil 1 (a)'da değerli kağıt olan ve bankalar tarafından temin edilen çek üzerine atılmış imzalar görülmektedir. Şekil 1 (b)'de ise günümüzde kırtasiyelerden bile kolaylıkla temin edilebilecek veya bilgisayar çıktısı olarak da alınabilecek senet üzerine atılmış imza görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1. İmzanın değerli kâğıt ve benzeri evraklarda kullanımı

(a) İmzalı çek (Wordpress.com), (b) İmzalı senet (Huring, 2023)

3.3. İmza Atmak İçin Kullanılan Donanımlar

Kişiler sayfa sayısı fazla olan dokümanlara, kitap ya da tebrik gibi çok sayıda imzalanması gereken materyal bulunduğunda bunlar için basit çözümler aramaktadırlar. Bu çözümler ise genellikle otomatikleştirme üzerine kurulmaktadır. Bazı çözümler taklit yöntemi olarak da kullanılabildiği gibi bazıları ise kolayca tespit edilebilir yöntemler olmaktadır.

3.3.1. İmza kaşesi

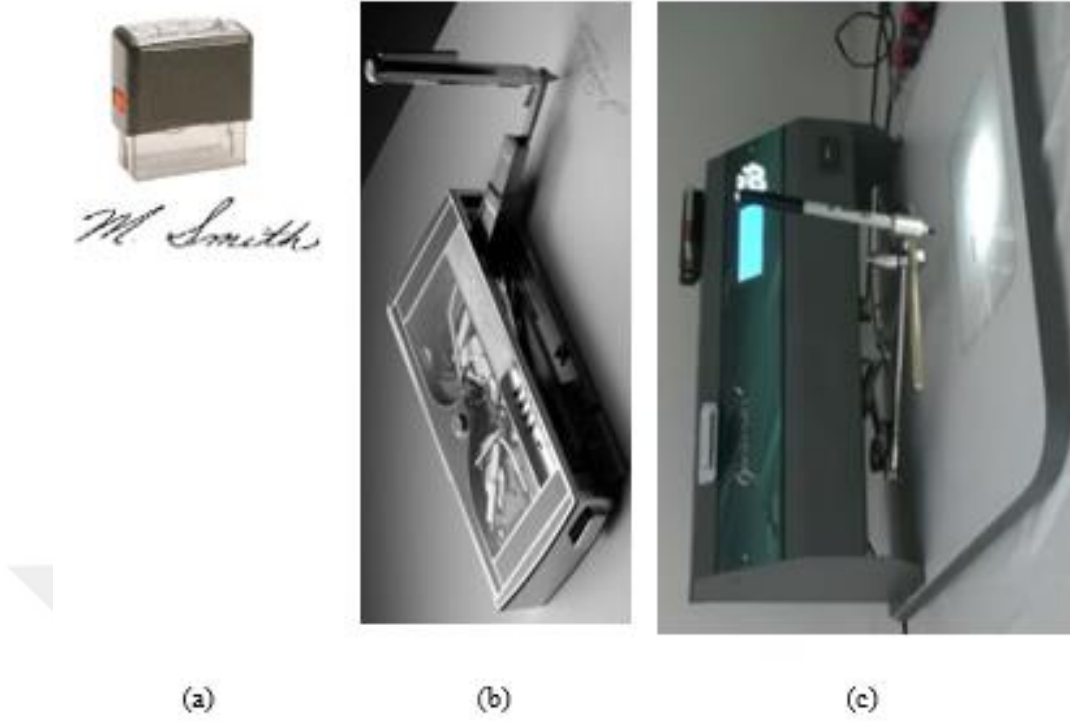
İmza kaşesi şirketlerin de günümüzde kullanmış oldukları kaşelere benzerlik göstermektedirler. Bazı kişiler imzalarının taklidinin önüne geçebilmek adına imzaların belirli bölümlerini boş bırakarak kullandıkları gibi bazılarında ise tamamını kullanabilmektedir. Şekil 2 (a)'da imza kaşesi görülmektedir.

3.3.2. Taşınabilir imza makinesi

İmzaların makine marifetiyle bir kalem kullanılarak atılanları da bulunmaktadır. Bunlar taşınabilir ve küçük boyutlarda olabilmektedir. Bu yöntem, yanınızda kolaylıkla taşıyabileceğiniz ve bulunduğunuz yerlerde kitap, posta kartı ve tebrik kartı gibi materyalleri imzalamanıza yardımcı olmaktadır. İmza kaşesi yerine bu tarz makinelerin tercih edilmesinin bir nedeni de imzanın kişiye özel olarak kalemle atıldığı hissi verilmek istenmesidir. Şekil 2 (b)'de cebinizde taşıyabileceğiniz büyüklükte imza makinesi görülmektedir.

3.3.3. Masaüstü imza makineleri

Taşınabilir olduğu gibi yükseklikleri de ayarlanabilen kitap ve veya benzeri materyal üzerine imza atılabilmesi için kullanılan masa üstü imza makineleri de bulunmaktadır. Masaüstü imza makinelerinin tercih edilme sebebi ağırlıklı olarak imza sahibi kişi olmadan istediği kadar materyale imzanın başkaları tarafından atılmasını amaçlamaktadır. Genel olarak yayıncılık sektöründe tercih etmektedir. Şekil 2 (c) 'de yüksekliği de ayarlanabilen masa üstü imza makinesi görülmektedir.

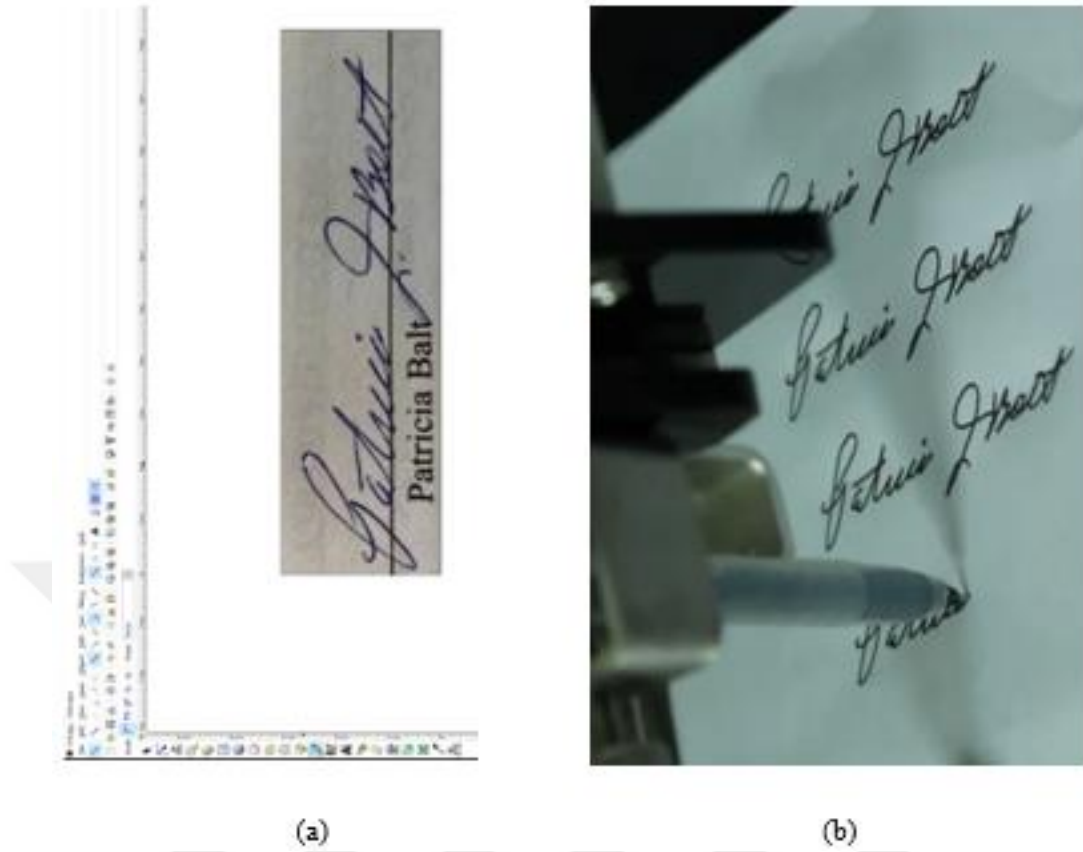


Şekil 2. İmza atmak için kullanılan donanımlar

(a) İmza kaşesi (Blogspot, 2023), (b) Taşınabilir imza makinesi (Youtube, 2023b), (c) Masaüstü imza makinesi (Youtube, 2023a)

3.3.4. Yazılım marifetiyle programlanabilir imza makineleri

Yayıncılık sektöründe korsan olarak adlandırılan ve yasa dışı olarak çoğaltılan kitaplarda dünyanın her yerinde karşılaşılan bir durumdur. Korsan dahi olsa kitabın değerinin arttırılabilmesi için yazarın imzasının bulunması gerekir. Bu nedenle yazarın imzası bulunduktan sonra yazılım marifetiyle imza oluşturulabilmektedir. Sonrasında üç eksen olarak ifade edilen X, Y ve Z eksenlerinde hareket eden mekanizmalar ile de imzalar herhangi bir materyal üzerine atılabilmektedir. Bunun için öncelikle ilgili imzanın bir yazılım marifetiyle hatlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Şekil 3 (a)'da bir imzanın yazılım marifetiyle imzanın hatlarının nasıl çıkarılacağı görülmektedir. Şekil 3 (b)'de ise hatları oluşturulmuş olan imzanın X, Y ve Z eksenleri ayarlanmış makinenin kâğıt üzerine sırayla imza attığı görülmektedir.



Şekil 3. Yazılım marifetiyle programlanabilir imza makineleri

(a) Yazılım marifetiyle imzanın kopyalanarak oluşturulması (Youtube, 2023c), (b)

Yazılım marifetiyle X, Y, Z eksenlerinde programlanabilir imza makinesi (Youtube, 2023d)

3.4. Hukuki Olarak İmzaların İncelenmesi

Tüm dünyada kullanılan, bir evrak üzerine imza atılması ve bu imzaya ilişkin imzayı atan kişinin itiraz etmesi yani kişi ya da kurumlar arasında ihtilaf durumu olduğu takdirde bunu hukuk marifetiyle mahkemeler değerlendirmektedir.

Mahkemeler değerlendirmelerini ise Türkiye Cumhuriyeti yasa ve kanunları çerçevesinde değerlendirmekte ve ceza muhakemesi alanına girmektedir. Türk Ceza Kanunu'nda (TCK) evrakta sahtecilik ise iki farklı maddede düzenlenmektedir (Gazete, 2004a).

3.4.1. Resmî belgede sahtecilik

Resmî belgede sahtecilik kamuya karşı işlenen bir suçlar arasında yer almaktadır. Bu sorumluluk resmî belgeyi düzenlemekle görevli kamu yetkilisine aittir. Kamu yetkilisinin gerçekleştirmesiyle bağlantılı olarak üç farklı seçimlik hareketle kasten işlenebilen suçtur (Gazete, 2004b).

- Sahte resmî belge üretilmesi veya mevcut resmî belgenin gerçeğe aykırı düzenlenmesi,
- Gerçek bir resmî belgenin başkalarını aldatacak şekilde değiştirilmesi,
- Sahte resmî belgenin kullanılması

3.4.2. Özel belgede sahtecilik

Özel belgede sahtecilik herkes tarafından işlenebilen suçlar arasında yer almaktadır. Kişilerin gerçekleştirmesiyle bağlantılı olarak üç farklı seçimlik hareketle kasten işlenebilen suçtur (Gazete, 2004c).

- Özel bir belgenin sahte olarak düzenlenip kullanılması,
- Gerçek bir özel belgenin başkalarını aldatacak şekilde değiştirilerek kullanılması,
- Sahte olduğunu bilerek özel belge kullanma.

3.5. İmzaların İncelenmesinde Yetkili Kişi ve Kurumlar

İmzaların incelenmesi sürecinde yetkili kurumlar bulunmaktadır. Bu kurumların başında en yetkilisi Adli tıp kurumudur.

3.5.1. Adli tıp

Ülkemizde adli konularda inceleme yapan resmi devlet kurumu Adli Tıp Kurumu'dur. "Kökü çok eskilere ve inancımıza dayanan yüksek adalet bilincinin en anıtlanmış tezahürlerindendir. Adli Tıp ülkemizde gelişmiş ve kurumsallaşmasıdır. Ülkemizdeki Adli Tıp Kurumu'nun kökleri 1839 yılında Sultan II. Mahmut tarafından Galatasaray'da açılan Mekteb-i-Tıbbiyye-i Şahane'de ilk defa Tıbb-ı Kanuni (Adli Tıp) dersleri verilmesine dayanır (Kurumu, 2023a). Kurum birçok ihtisasa sahip olmasının yanı sıra imza incelemelerine ilişkin işlemler Fizik İhtisas Dairesi tarafından

gerçekleştirilmektedir. Fizik İhtisas Dairesinin şubelerinden biri olan Adli Belge İnceleme Şubesi dört başlık altında hizmet vermektedir (Adli Tıp Kurumu, 2023a).

- İncelemelerinde, yazı ve imzanın el ürünü olup olmadığı, öğrenmek için incelemesinin yapılması
- Belgede sahtecilik ve iğfalde, belgenin sahte olup olmadığı, Fotoğraf değişikliği yapılıp yapılmadığı, Belgenin iğfal (aldatıcılık) kabiliyetine haiz olup olmadığı, Yazı yaşı, belge üzerinde yazı ve imzaları yazılış zamanı
- Belgede İlave veya Tahrifatta, İlave veya tahrifat yapılıp yapılmadığı, başka belgeden yararlanılarak oluşturulup oluşturulmadığı
- Belge Üzerinde Parmak İzi İncelemesinde, Senet, noter vb. belgelerde imza niteliği taşıyan parmak izlerinin kişiye ait olup olmadığı incelenmektedir.

3.5.2. Kişiler

Ülkemizde imzaların incelenmesi Adli Tıp Kurumu dışında da gerçekleştirilir. Dünya genelinde de benzer bir eğilim bulunmaktadır. Ülkemizde bu işlem bilirkişiler ve uzmanlar tarafından gerçekleştirilir.

Bilirkişiler: Ülkemizde Bilirkişi Daire Başkanlığı tarafından yılda bir kez olmak üzere uzmanlık gereklilikleri sağlayan kişiler seçilir. Daha sonra bu kişiler yemin ederler. Bu kişilere hukuk sistemimiz içerisinde Bilirkişi unvanı verilmektedir. Bilirkişiler raporlarını tarafsız ve bağımsız olarak hazırlarlar. Bilirkişiler 6754 sayılı bilirkişilik kanununa tabiidirler (Gazete, 2016).

Uzmanlar: Bilirkişilerin dışında hukuk sistemimiz içerisinde uzman görüşü veya mütalaa olarak da bilinen görüş alma ya da rapor alma imkânı da bulunmaktadır. Bu hak Hukuk Usulü Muhakemeleri Kanunu tarafından sağlanmaktadır (Gazete, 2011).

3.6. İmzanın İncelenmesinde Materyallerin Önemi

İmzalar günümüze kadar bir materyal yardımıyla, bir kâğıt türevi materyal üzerine bası sonucu oluşturulmaktadır. Tarihte kullanılan tuğra ve benzeri materyaller ve mumun materyal üzerine uygulanmasını görmekteyiz. Bunların yanı sıra kumaş ve kumaşa yakın materyallerin üzerine mürekkebin kuş tüyünün sert bölümü kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle imzaların incelenmesinde materyallerin önemi ana çerçeveyi oluşturmaktadır. Yukarıda izah edilen nedenlerle çalışmanın amacına uygun olarak kalem, kâğıt ve mürekkeplerinde ele alınması gerekir.

3.6.1. Kalem

TDK kalemi yazma, çizme vb. işlerde kullanılan çeşitli biçimlerde araç olarak ifade etmektedir (Sözlük, 2023b). Günümüzde birçok farklı şekilde kalemler bulunmakta olup imzalar kalemler marifetiyle atılmaktadır.

Kalemlerin içerisinde bulunan uç, akışkan sıvı diğer bir ifade ile mürekkep ve benzeri birçok farklı kimyasal ve doğa elementlerinin işlenmesi ile kâğıt ve türevi materyaller üzerinde iz bırakma için kullanılmaktadır. İmzalarda ağırlıklı olarak mürekkep kullanılmaktadır. Kalemlerin içerisinde bulunan mürekkebin kalemin dışına çıkması için bir çıkışının bulunması gerekmektedir. Bu çıkış noktası iz bırakmayı sağladığı gibi boyutları, ucun mürekkebin çıkışına ne kadar izin verdiği gibi birçok etkende bulunmaktadır. Örneğin dolma kalemin kullanımı ile tükenmez kalemin kullanımının farklar yaratmasının yanı sıra pilot kalem olarak ifade edilen kalemlerin 0.5 ya da 0.7 uç özelliklerinin olması kalem içerisindeki mürekkebin çıkışını etkileyecektir.

3.6.2. Mürekkep

Mürekkep kalem içerisinde bulunarak, temas ettiği yüzeye akışkanlık özelliğiyle birlikte materyalin tutma, emme, geçirgenlik ve yüzeyde iz bırakma işlemi gerçekleştirebilmektedir. Mürekkepler ağırlıklı olarak asit ve kimyasal maddelerin karıştırılması ile elde edilmektedir. TDK mürekkebi yazı yazmak, desen çizmek veya basmak için kullanılan, türlü renklerde sıvı madde olarak ifade etmektedir (Sözlük, 2023c).

Asit ve kimyasal maddelerin karıştırılması sonucu ortaya çıkması nedeniyle kullanılan mürekkebin özelliklerinin de incelenmesi, imzanın incelenmesi kadar önem arz etmektedir. Bunun en önemli sebebi sıvı olması sebebiyle akışkanlığa göre ve imzanın atılma şekline göre basınca dayalı olarak akışkanlığın farklılık gösterebileceğidir. Tabii ki kalemin ucunun basınca dayalı olarak verdiği tepki de bu işlemler için önem arz

etmektedir. Mürekkep yeterince akışkan değil ya da azaldı ise imzaların yani izlerin belirli kısımlarının oluşmamasına sebebiyet verebilecektir.

3.6.3. Kâğıt

Kalem ve içerisindeki mürekkebin yüzeyine temas ettiğinde bıraktığı izi üzerinde tutan materyal olarak tanımlayabiliriz. Kağıtlar ilgili mürekkebin akış miktarı, temas şekli olmak üzere farklı kimyasal ve hamur teknikleri ile üretilen materyallerdir. TDK hamur durumuna getirilmiş türlü bitkisel maddelerden yapılan, yazı yazmaya, baskı yapmaya, bir şey sarmaya yarayan kuru, ince yapraktır (Sözlük, 2023a)

Kâğıtların özellikleri imzanın doğrulanmasında önemli etkiye sahiptir. İmzanın atıldığı tarihin tespiti yani yaşının tespitinde rol almaktadır. İlgili imza mürekkebin ve kâğıdın özelliğine göre özel metotlarla incelenerek yaş tayini yapılabilmektedir.

3.7. İmza İncelemesinde İmzanın Atılma Şeklinin İncelenmesi

İmzanın atılma şeklinin incelenebilmesi için belirli yöntemlerin tespiti gerekmektedir. Bu yöntemler, üstten ve bakarak kopya, nakil, uydurma ve inkâr kastıyla atılma ve serbest taklit olarak bilinmektedir. Bu yöntemlerin yanı sıra makine ile imza atma da tespit edilebilmektedir.

Bir imza örneğinin karşılaştırma yapılabilmesi için inkâr kastı da değerlendirilmektedir. ATK Fizik İhtisas Dairesinin istediği belge ve materyallerde, belge düzenleme tarihine yakın ve tercihen bu tarihten önce başka amaçlarla atmış olduğu samimi imzaları gereklidir. Bu belgeler; muhtarlıklar, ilçe seçim kurulu, nüfus müdürlüğü, tapu ve vergi daireleri, askerlik şubesi, bankalar, noterlik, elektrik, belediyeler vb. kurum ve kuruluşlardan temin edilmelidir (Adli Tıp Kurumu, 2023b).

İlgili incelemelerin yapılabilmesi için mahkemeler daha hızlı sonuç alabilmek adına kişilerden ağırlıklı olarak 10 sayfa dolduracak kadar imza yazı örnekleri alabilmektedir. Bunların içerisinde sağ/sol el, önce yavaş sonra hızlı hareket etmeleri bu sayede gerçek reflekslerinin ortaya çıkmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bilgiler içerisinde büyük küçük harf ve noktalama işaretlerinin de bulunmasına özen gösterilmektedir.

Bu incelemeler esnasında benzer bir kalem ve benzer bir kâğıda yakın materyaller kullanılması da yine aynı derecede önem arz etmektedir. Teknik incelemede genel şekil, açısal ve eğim özellikleri, kalem baskısı ve karakteristik özellikler incelenmektedir.

3.8. El Yazısı İmzaların İncelenmesinde Genel Yaklaşımlar

Uluslararası literatür araştırması içerisinde yapılan çalışmalar incelendiğinde makine öğrenmesi, derin öğrenme ve istatistik işlemleri çerçevesinde birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Bunlar içerisinde en çok kullanılan algoritmalar ve yöntemler aşağıdaki gibi olduğu değerlendirilmektedir.

3.8.1. K-en yakın komşu

Von Neumann'ın mimarisine dayanan, geleneksel bilgi işlem için geliştirilen yapay zeka algoritmaları, hesaplama kaynakları açısından yavaş ve pahalıdır (Mezquita, Alonso, Casado-Vara, Prieto ve Corchado, 2021).

Sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek için kullanılan bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Bu algoritma, verileri görsel bir şekilde ayırmak için bir eksen çizer ve bu eksen üzerindeki benzer verileri bir araya getirir. Bu nedenle, K-En Yakın Komşu (K-NN, K-Nearest Neighbours) sınıflandırma yöntemi, örnek verilerin komşuları arasındaki uzaklığı hesaplayarak yeni bir örnek verinin hangi sınıfa ait olduğunu tahmin eder.

K-NN algoritması, yeni bir örneğin sınıfını belirlemek için veri setindeki "K" sayısı kadar en yakın örneği seçer ve bu örneklerin ait olduğu sınıfın ağırlıklı ortalamasını hesaplar. Bu sınıf, tahmin edilen sınıf olarak atanır. K-NN algoritması, basit, kullanımı kolay ve yüksek performans gösterir, ancak çok büyük veri kümelerinde hesaplama açısından pahalı olabilir.

3.8.2. Destek vektör makinesi

Destek Vektör Makinesi (SVM, Support Vector Machine), sınıflandırma, regresyon ve ayırma problemlerini çözmek için kullanılan bir makine öğrenimi algoritmasıdır. SVM algoritması, bir eğitim veri kümesi içinde farklı sınıfların örnekleri arasındaki en geniş marjı belirleyerek çalışır. Marj, sınıflar arasındaki en küçük mesafedir ve örneklerin yanlış sınıflandırılmasını önlemek için olabildiğince geniş olmalıdır. SVM son

zamanlarda makine öğrenimi ve örüntü sınıflandırması alanında önem kazanmıştır (Mezquita vd., 2021).

SVM algoritması, örneklerin doğru bir şekilde sınıflandırılması için hiper düzlemleri kullanır. Bu, veri noktalarını farklı sınıflara ayırmak için kullanılmaktadır. SVM, verileri yüksek boyutlu uzayda temsil edebilir ve böylece sınırlayıcı olmayan hiper düzlemleri kullanarak doğru bir şekilde sınıflandırabilir. SVM, düzgün çalışması için uygun parametrelerin seçilmesi gerektiğinden, parametre ayarlaması yapmak zor olabilir.

3.8.3. Rastgele orman

2001 yılında L. Breiman tarafından önerilen rastgele orman algoritması, genel amaçlı bir sınıflandırma ve regresyon yöntemi olarak son derece başarılı olmuştur (Biau ve Scornet, 2016).

Rastgele Orman, (RF, Random Forest), sınıflandırma, regresyon ve diğer makine öğrenmesi problemlerini çözmek için kullanılan bir topluluk öğrenmesi algoritmasıdır. Bu algoritmada, bir veri kümesi birden fazla karar ağacı (decision tree) kullanarak analiz edilir. Random Forest algoritması, her bir karar ağacının bağımsız olarak oluşturulduğu ve sonuçların birleştirildiği bir algoritmadır.

Random Forest algoritması, her bir karar ağacının ayrı ayrı eğitildiği bir topluluk öğrenme algoritmasıdır. Her karar ağacı, özellikleri rastgele örnekleme yaparak eğitilir. Bu, veri kümesindeki farklı özelliklerin farklı karar ağaçları tarafından kullanılmasını sağlar.

Her bir karar ağacı, veri kümesindeki örneklerin sınıflarını tahmin eder. Bu sınıflar, daha sonra tüm karar ağaçlarından gelen sonuçlar arasında bir çoğunluk oyu ile birleştirilir. Bu, topluluk öğrenmesi olarak adlandırılır. Random Forest algoritması, yüksek doğruluk oranları elde eder ve aynı zamanda verilerin aşırı uyumunu (overfitting) önlemek için kullanılır.

3.8.4. Naive bayes

Naive Bayes, en popüler veri madenciliği algoritmalarından biridir. Verimliliği, öznelilik bağımsızlığı varsayımından gelir. Ancak bu birçok gerçek veri setinde ihlal edilebilir. Öznelilik seçiminin önemli bir yaklaşım olduğu varsayımını hafifletmek için çaba

gösterilmiştir. Sınıflandırma problemleri için kullanılan bir olasılık tabanlı algoritmadır. Çok hızlı çalışır ve büyük ölçüde kullanılan bir sınıflandırma algoritmasıdır (Chen, Webb, Liu ve Ma, 2020).

3.8.5. Gradyan artırma

Gradyan artırma (GB, Gradient Boosting) algoritmaları ailesi, yakın zamanda hem hızı hem de doğruluğa odaklanan birkaç ilginç teklifle (örn. XGBoost, LightGBM ve CatBoost) genişletildi. XGBoost, güvenilir ve verimli bir makine öğrenimi zorluk çözücüsü olduğunu kanıtlamış, ölçeklenebilir bir topluluk tekniğidir (Bentéjac, Csörgő ve Martínez-Muñoz, 2021).

Gradient boosting, ağaç tabanlı bir topluluk öğrenme algoritmasıdır. Zayıf öğrencileri, yani düşük doğruluklu karar ağaçlarını kullanarak sınıflandırma veya regresyon problemlerini çözmek için güçlü bir öğrenci oluşturur.

3.8.6. Sinir ağı

Sinir ağları (NN, Neural Network), bilgisayar görüşünden kontrole kadar değişen uygulamalarla, doğrusal olmayan fonksiyon yaklaşımı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ağlar basit aritmetik işlemlerin bileşimini içerse dahi, belirli bir ağı belirli girdi-çıkı özelliklerini karşılayıp karşılamadığını doğrulamak çok zor olabilir (Liu vd., 2021).

Sinir ağları, biyolojik nöronların işlevlerini taklit eden matematiksel modellerdir. Derin öğrenme gibi diğer makine öğrenimi tekniklerinin temeli olan bir algoritmadır. Görüntü işleme, ses işleme ve doğal dil işleme gibi uygulamalarda etkilidir.

3.8.7. Karar ağaçları

Bilgisayar teknolojisi ve bilgisayar ağ teknolojisi geliştikçe, bilgi endüstrisindeki veri miktarı giderek artmaktadır. Bu büyük miktardaki veriyi analiz etmek ve ondan faydalı bilgiler çıkarmak gerekiyor. Büyük miktarda eksik, gürültülü, bulanık ve rastgele verilerden yararlı bilgileri çıkarma işlemine veri madenciliği denir. Karar ağacı (Decision Tree) sınıflandırma tekniği, en popüler veri madenciliği tekniklerinden biridir. Karar

ağacında temel öğrenme stratejisi olarak böl ve fethet tekniği kullanılmaktadır (Sharma ve Kumar, 2016).

Karar ağaçları, veri kümesinin özelliklerine dayalı olarak sınıflandırma veya regresyon için bir ağaç yapısı oluşturur. Bu, kararları anlaşılır bir şekilde görselleştirir ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilir.

3.8.8. K-ortalama kümeleme

K-Ortalama Kümeleme (K-means Clustering), Örüntü tanıma, görüntü işleme, makine öğrenimi ve istatistik gibi çok çeşitli alanlarda sıklıkla ortaya çıkan temel bir problem kümeleme yöntemidir. Kümeleme problemi, temel haliyle, belirli bir veri setinde homojen veri noktaları, grupları bulma problemi olarak tanımlanır. Bu grupların her birine küme adı verilir. Nesnelerin yoğunluğunun yerel olarak diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu bir bölge olarak tanımlanabilir (Likas, Vlassis ve Verbeek, 2003).

Verileri benzer özelliklere göre gruplandırır. Kullanım alanları arasında pazarlama, görüntü işleme ve genetik kümelenme yer alır.

3.8.9. Evrimsel sinir ağları

Makine öğrenimi alanı, son zamanlarda Yapay Sinir Ağı'nın (ANN, Artificial Neural Network) yükselişiyle dramatik bir dönüş aldı. Biyolojiden ilham alan bu hesaplamalı modeller, yaygın makine öğrenimi görevlerinde, önceki yapay zekâ biçimlerinin performansını çok aşabilir. ANN mimarisinin en etkileyici biçimlerinden biri Evrimsel Sinir Ağı'dır (CNN, Convolutional Neural Networks). CNN'ler öncelikle zor görüntü odaklı örüntü tanıma görevlerini çözmek için kullanılır. Kesin ancak basit mimarileri ile ANN'leri kullanmaya başlamak için basitleştirilmiş bir yöntem sunar (O'Shea ve Nash, 2015).

CNN, görüntü işleme ve tanıma alanında kullanılan bir tür derin öğrenme algoritmasıdır. Girdi verisi olarak görüntü alır ve önceden tanımlanmış özellikleri tespit etmek için farklı evrimsel filtreleri kullanır. Bu özellikleri kullanarak girdi görüntüyü sınıflandırmak veya öznitelik çıkarmak için kullanılmaktadır.

3.8.10. Yinelemeli sinir ağı

"Dil Modelleme ve Metin Oluşturma", "Konuşma Tanıma", "Görüntü Açıklamaları Oluşturma" veya "Video Etiketleme" alanlarındaki son teknoloji çözümler, yaklaşımlarının temeli olarak Yinelemeli Sinir Ağlarını (RNN, Recurrent Neural Networks) kullanıyor (Schmidt, 2019).

Seri verilerle çalışmak için kullanılan bir tür derin öğrenme algoritmasıdır. RNN'ler, önceki girdilerden ve önceki durumlardan yararlanarak gelecekteki çıktıları tahmin etmek için öğrenir. Bu nedenle doğal dil, işleme, konuşma, tanıma ve müzik öğrenimi gibi birçok alanda kullanılır.

3.8.11. Uzun kısa süreli bellek

Bu algoritma, RNN'lerin temel problemlerinden biri olan "gradiyent kaybı" sorununu çözmek için tasarlanmıştır. Uzun vadeli bellekli bir hücre ve kapı mekanizmaları gibi ek bileşenleri içerir.

Uzun kısa süreli bellek (LSTM, Long Short-Term Memory), hem makine öğrenimini hem de sinirsel hesaplama alanlarını dönüştürdü. Birkaç çevrimiçi kaynağa göre, bu model Google'ın konuşma tanıma özelliğini, Google Çeviri'deki makine çevirilerini ve Amazon'un Alexa'sının yanıtlarını büyük ölçüde iyileştirdi. Bu sinir sistemi aynı zamanda Facebook tarafından da kullanılıyor ve 2017 itibarıyla günde 4 milyardan fazla LSTM tabanlı çeviriye ulaşıyor. İlginç bir şekilde, tekrarlayan sinir ağları, LSTM ortaya çıkana kadar oldukça ayrık bir performans göstermişti. Bu tekrarlayan ağın başarısının bir nedeni, tekrarlayan veya çok derin sinir ağlarını eğitirken üstesinden gelinmesi zor bir sorun olarak duran patlayan/kaybolan gradyan probleminin üstesinden gelme yeteneğinde yatmaktadır (Van Houdt, Mosquera ve Nápoles, 2020).

3.8.12. Üretken çekişmeli ağlar

Yapay veriler oluşturmak için kullanılan bir tür derin öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma, iki yapay sinir ağının (jeneratör ve ayırt edici) birbirine karşı oynadığı bir oyun teorisine dayanır. Jeneratör, yeni veriler üretirken, ayırt edici bu verileri doğru bir şekilde sınıflandırmaya çalışır.

Üretken çekişmeli ağlar (GAN, Generative Adversarial Networks), kapsamlı açıklamalı eğitim verileri olmadan derin temsilleri öğrenmenin bir yolunu sağlar. Bunu, bir çift ağ içeren rekabetçi bir süreç aracılığıyla geri yayılım sinyalleri türeterek başarırlar. GAN'lar tarafından öğrenilebilen gösterimler, görüntü sentezi, anlamsal görüntü düzenleme, stil aktarımı, görüntü süper çözünürlüğü ve sınıflandırma dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılabilir (Creswell vd., 2018).

3.8.13. Autoencoder

Verilerin temsil edilmesi ve sıkıştırılması için kullanılan bir tür derin öğrenme algoritmasıdır. Girdi verisini kodlayan bir kodlayıcı (encoder) ve kodu yeniden oluşturan bir kod çözücü (decoder) olmak üzere iki parçadan oluşur. Bu algoritma, boyut azaltma ve veri sıkıştırma gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılır.

Bireysel veya toplu gözlemlerden çıkarılacak özelliklerin doğru seçimi, makine öğrenimine dayalı modern ağ trafiği, sınıflandırma yaklaşımlarının başarısı için son derece kritik bir faktördür. Genellikle sınıflandırma şemasının tasarımcılarının sorumluluğunda olan bu tür faaliyetler, onların deneyim ve becerileriyle güçlü bir şekilde ilişkilidir ve kesinlikle tüm yaklaşımı, uygulama stratejisini ve performansını karakterize eder (D'Angelo ve Palmieri, 2021).

3.8.14. Transformer

Doğal Dil İşleme alanında kullanılan bir tür derin öğrenme algoritmasıdır. Girdi olarak bir metin alır ve metnin farklı kısımlarındaki bağımlılıkları tanımlamak için multi-head attention ve layer normalization gibi teknikleri kullanır. Bu algoritma, büyük metin veri setlerinde iyi performans gösterir.

Bilgisayar görüşü için modern makine öğrenimi modelleri, belirli görsel tanıma görevlerinde, özellikle de ImageNet gibi veri kümelerinde doğruluk açısından insanları aşıyor. Ancak birçok yolla yüksek doğruluk elde edilebilir. Bir makine öğrenimi sistemi tarafından bulunan belirli karar işlevi, yalnızca sistemin maruz kaldığı veriler tarafından değil, aynı zamanda tipik olarak karakterize edilmesi daha zor olan modelin tümevarımsal önyargıları tarafından da belirlenir (Tuli, Dasgupta, Grant ve Griffiths, 2021).

3.8.15. Derin inanç ağıları

Derin inanç ağıları (DBN, Deep Belief Networks) yapay sinir ağı tabanlı bir tür derin öğrenme algoritmasıdır. Çok katmanlı sinir ağılarına dayanır ve birinci katmanın özelliklerini çıkardıktan sonra ikinci katmanın özelliklerini çıkararak devam eder. Bu özellikleri çıkarırken, RBM (Restricted Boltzmann Machine) gibi unsupervised learning yöntemlerini kullanır. Bu algoritma, özellik çıkarma ve sınıflandırma için kullanılır.

Derin inanç ağıları, çok sayıda stokastik, gizli değişken katmanından oluşan olasılıksal üretken modellerdir. Gizli değişkenler tipik olarak ikili değerlere sahiptir ve genellikle gizli birimler veya özellik algılayıcılar olarak adlandırılır. En üstteki iki katman, aralarında yönsüz, simetrik bağlantılara sahiptir ve çağrışımsal bir bellek oluşturur. Alt katmanlar, yukarıdaki katmandan yukarıdan aşağıya, yönlendirilmiş bağlantılar alır. En alt katmandaki birimlerin durumları bir veri vektörünü temsil eder (Hinton, 2009).

3.8.16. Derin pekiştirmeli öğrenme

Derin pekiştirmeli öğrenme (DBL, Deep Reinforcement Learning) bir gözlemci (agent) tarafından bir gözlemcinin ortamında bir göreve göre karar alması gereken durumlarda kullanılır. Gözlemci, ortamın durumlarını gözlemler, bir eylem seçer ve daha sonra bir ödül veya ceza alır. Bu ödül veya ceza, gözlemciyi daha iyi bir karar vermek için teşvik eder. Bu algoritma, oyun oynama, robotik kontrol ve optimizasyon gibi birçok alanda kullanılır.

Derin pekiştirmeli öğrenme (DRL), yapay zekâ (AI) alanında devrim yaratmaya hazırlanıyor ve görsel dünyayı daha üst düzeyde anlayarak otonom sistemler oluşturmaya yönelik bir adımı temsil ediyor. Şu anda derin öğrenme, doğrudan piksellerden video oyunları oynamayı öğrenmek gibi daha önce zor olan sorunlara ölçeklendirmek için pekiştirmeli öğrenmeyi (RL) mümkün kılıyor. DRL algoritmaları robotiklere de uygulanarak, robotlar için kontrol politikalarının gerçek dünyadaki kamera girdilerinden doğrudan öğrenilmesine olanak tanır (Arulkumaran, Deisenroth, Brundage ve Bharath, 2017).

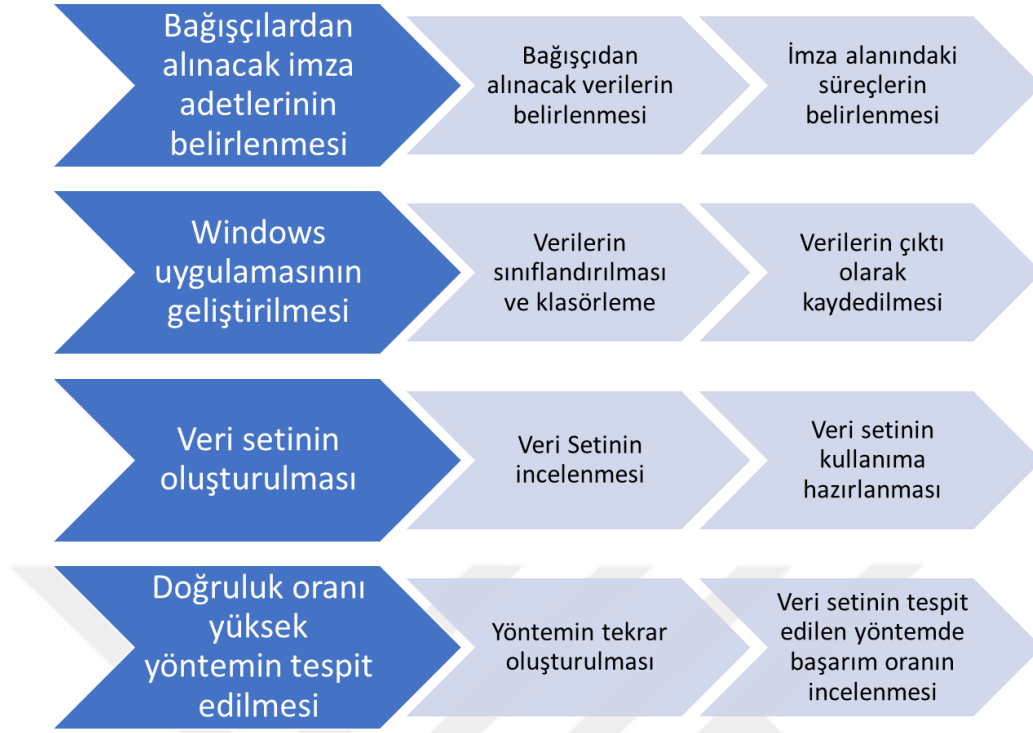
3.8.17. Kapsül ağılar

Görüntü işleme ve tanıma alanında kullanılan bir tür derin öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma, nesne tanıma gibi görevlerde geleneksel CNN'lerden daha iyi sonuçlar verir. Kapsül ağılar (Capsule Networks) özelliklerin ölçeklendirilmesi, rotasyonu ve değişimi gibi görüntü özelliklerinin farklılıklarını daha iyi modelleyebilen dinamik bir yapı kullanır.

Günümüzün bilgisayarlı görü görevleri, görüntü tanıma, doğal dil işleme, nesne algılama, nesne segmentasyonu ve dil çevirisi gibi sorunlara verimli çözümler gerektirir. Sembolik Yapay Zekâ, katı kodlama kuralları ile bu karmaşık sorunları çözemez, bu da Tekrarlayan Sinir Ağları ve Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN) gibi Derin Öğrenme (DL, Deep Learning) modellerinin ortaya çıkmasına neden olur. Bununla birlikte, CNN'ler çok sayıda eğitim verisi gerektirir ve Kapsül Ağlarının tanıtılmasına yol açan nesnelerin pozunu ve deformasyonunu tanımaktan acizdir. Kapsül Ağları, Derin Öğrenmedeki yeni sansasyondur (Patrick, Adekoya, Mighty ve Edward, 2022).

3.9. Gerçekleştirilen Çalışma

Bu çalışma dört ana bölümde gerçekleştirilmiştir. Bunlar bağışçılardan alınacak bilgilerin belirlenmesi, bağışçılardan alınacak imzalar için gerekli olan uygulamanın geliştirilmesi, veri setinin oluşturulması ve doğruluk oranı en yüksek yöntemin tespit edilerek bu yöntemle oluşturulan veri seti üzerindeki başarımlarının tespit edilmesidir. Şekil 4' te ilgili dört ana bölüm ve alt bölümleri verilmektedir.



Şekil 4. Çalışmaya ait bölümler ve alt bölümleri

Ulusal ve uluslararası literatür içerisinde yapılan benzer çalışmalar incelenerek doğruluk oranı en yüksek olduğu ifade edilen yöntem belirlenmiştir. Bu yöntem veri seti içerisinde bulunan gerçek imzaların içerisine eklenen sahte imzaların tespitine yönelik çalışmadır. Bu çalışma içerisinde kişinin attığı imzanın uzman bir sahteci olduğu belirtilen kişi tarafından sahte imzaları eklenerek sahte imzanın tespit edilebilmesi üzerine çalışma gerçekleştirilmiştir. Nitekim diğer çalışmalarla karşılaştırılmalar yapılarak en yüksek başarımlarının elde edildiği belirtilmektedir.

İmzalar atılmaları esnasında bozulabilmektedir. Kişiler art arda imza attıkları takdirde gözle bakıldığı takdirde tüm imzalar birbirine benzese de bozulmalar olacağından farklıların oluşması gerekmektedir. Bu nedenle imza bağışçılarından tek tip bir cihaz kullanılarak yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti kendi içerisinde bağışçılara ait belirli özellikler barındırmakta ve farklı çalışmalarda da kullanılabilir.

İmza bağışçıları, imzalarını bağışlarken belirli bir süre sonunda farklı nedenlerden dolayı imzalarının bozulacağı değerlendirilmektedir. Bu nedenle başarımlarını en yüksek model dahi olsa gerçek imzaları sahtecilik olarak değerlendireceği düşünülmektedir.

3.9.1. Bağışçılardan alınacak imza adetlerinin belirlenmesi

Çalışma evreni ve örneklem sınırlı yüzeye sahip olan ve uluslararası olarak tanınan orijinal WACOM markasının CTL-472 model cihazı marifetiyle bağışçıların imzaları alınmaktadır.

Cihazın kutusu içerisinde cihaz ile uyumlu olan orijinal kalemi kullanılmaktadır. Oluşturulan veri seti literatüre en önemli katkıyı sunacaktır. Katılımcılar tarafından oluşturulan imzaların özellikleri aşağıdaki gibi ayrıştırılmıştır.

- Katılımcı İmza Adedi (20/50/100)
- Katılımcı Cinsiyeti (Kadın/Erkek)
- Katılımcı El Kullanımı (Sağ/Sol)
- Katılımcı Yaşı
- Eğitim Seviyesi

Özelliklere göre sınıflandırılmış ve anonimleştirilmiş olan imzalar, ileride yapılacak olan çalışmalar içinde çalışma evreni ve örneklem havuzu sağlayacaktır. Bağışçıların bağışlamış oldukları imzaları, uluslararası iş sağlığı ve güvenliği ölçülerinde standart masa ve ayarlanabilir ofis koltuğunda oturarak gerçekleştirmiştir. İmzaların atılması esnasında ara verilmeyerek süreklilik sağlanmıştır. İlk önce 20 imza, ardından 50 imza daha sonrasında ise 100 imza bağışlamışlardır. Her bir imza seti arasında bekleme olmamış süreç ara verilmeden gerçekleştirilmiştir.

Bağışçıların kendi istek ve arzuları dahilinde dinlenme hareketleri olan kol sallama, bilek hareketleri dışında herhangi bir mola ya da ara verilmemiştir. Bu esnada sınırlamalar dışında kalan psikolojik etkilerin “daha 60 imza var.”, “daha bitmedi mi?”, “nereden bulaştım.” gibi söylemlerin karşılık özel bir telkinde ya da psikolojik durumlarına etki edecek bir söylemde bulunulmadı.

3.9.2. Uygulamasının geliştirilmesi

İmza bağışçıların imzalarının alınmasına olanak sağlayan WACOM markasının CTL-472 model cihaz ile uygulama arasında veri alışverişinin sağlıklı olarak sağlanabilmesi amacıyla açık kaynak olarak bilinen Open Tablet Driver (“OpenTabletDriver”, 2023)

kütüphanesi kullanıldı. Open tablet driver'ın seçimi de veri setine ilişkin farklı çalışmalar yapılmak istendiği takdirde benzer cihaz kullanma ihtiyacın da benzer veri setinin oluşturulmasına örnek teşkil etmesi amaçlanmaktadır. Şekil 5'te geliştirilen uygulama ekranına ait ekran görüntüsü verilmektedir. İmza bağışçısı bu ekranda sırasıyla imza setlerine ilişkin seçimini yapmaktadır. İleride veri seti genişletilmek istenildiği takdirde farklı sayılarda imza bağışlamak istenmesi durumunda, karşılama ekranı olarak 20- 50- 100 imza seçim ekranı gelmektedir.



Şekil 5. İmza Kayıt Yazılımı – Giriş ekranı görüntüsü

Giriş ekranından sonra bağışçının karşısına kayıt ekranı gelmektedir. Kayıt ekranında bağışçıyı tespit edebilecek bilgi bulunmamaktadır. Oluşturulan veri setinin farklı çalışmalarda kullanılabilmesi için kayıt ekranında birçok bilgi alınmaktadır. Veri setinin elde edilmesi için yazılım aracılığı ile elde edilen veriler aşağıda görülmektedir.

- Kadın ve erkek temalı çalışmalarda kullanılabilmesi için cinsiyet alanı oluşturulmuştur.

- Yaş gruplarına göre çalışmalar yapılmak istenmesi durumuna karşın bağışçıların bağışta bulunduğu yıl olan 2023 yılında içinde bulundukları yaşlarını yazmaları istenmiştir.
- Sağ ve sol el temalı çalışmalarda kullanılabilmesi için sağ/sol el alanı oluşturulmuştur.
- Eğitim durumu temalı çalışmalarda kullanılabilmesi için eğitim alanı oluşturulmuştur.
- Eğitim alanı seçenekleri “Okur Yazar”, “İlk Öğretim”, “Orta Öğretim”, “Lise”, “Ön Lisans”, “Lisans”, “Yüksek Lisans” ve “Doktora” olarak belirlenmiştir.

Geliştirilen uygulamada atılacak imza sayısı öncelikli olarak belirlenmektedir. Bu işlemten sonra yukarıda belirtilen bilgiler elde edilmektedir. Şekil 6’da elde edilecek bilgi kayıt ekran görüntüsü verilmektedir.

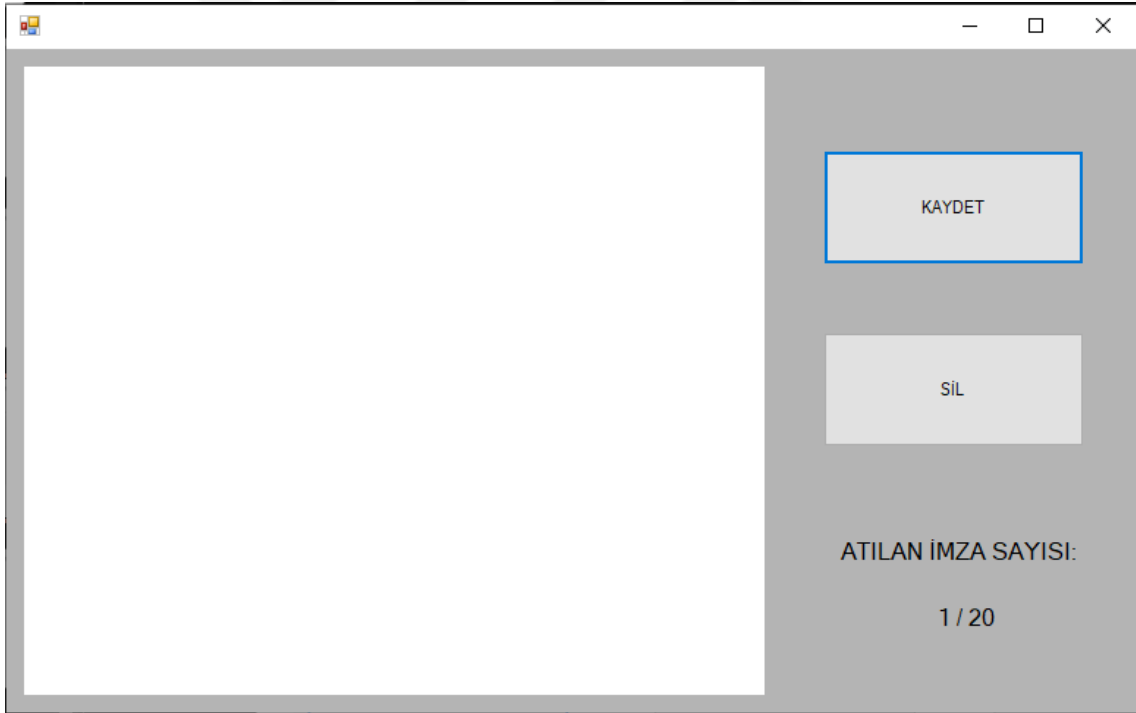
Şekil 6. İmza Kayıt Yazılımı – İmza adedi seçildikten sonraki bilgi ekranı

Bağışçılardan alınan imzaların bağışçı tarafından doğru olmadığı düşünüldüğü takdirde silmesine olanak sağlanmaktadır. İlgili bağışı yapma zorunluluğu bulunmamakta ve hür iradesi ile karar vermektedir. Silme işlemi yaptığı takdirde ilgili imza yazılım tarafından sayılmamaktadır. Ancak kayıtlar içerisinde “kayıt edildi mi?” bölümüne hayır olarak kayıt altına alınmaktadır.

Bağışçının imzaya başlama ve bitiş süreleri kayıt altına alınmaktadır. İmzanın süre formatı yıl, ay, gün ve saat, dakika, saniye ve salise olarak kayıt altında alınmaktadır. Örneğin: 2022-11-21 19:44:10:245. İmzanın bitiş süresi de aynı şekilde kayıt altına alınmaktadır.

Bağışçının imzasına ilişkin olarak başlama ve bitiş koordinatları da kayıt altına alınmaktadır. Sadece başlangıç ve bitiş koordinatları değil, imzayı atarken kalemin temas ettiği koordinatlarda kayıt altına alınmaktadır. Konumların toplam sayısı da hesaplanarak ilgili veri dosyasında saklanmaktadır.

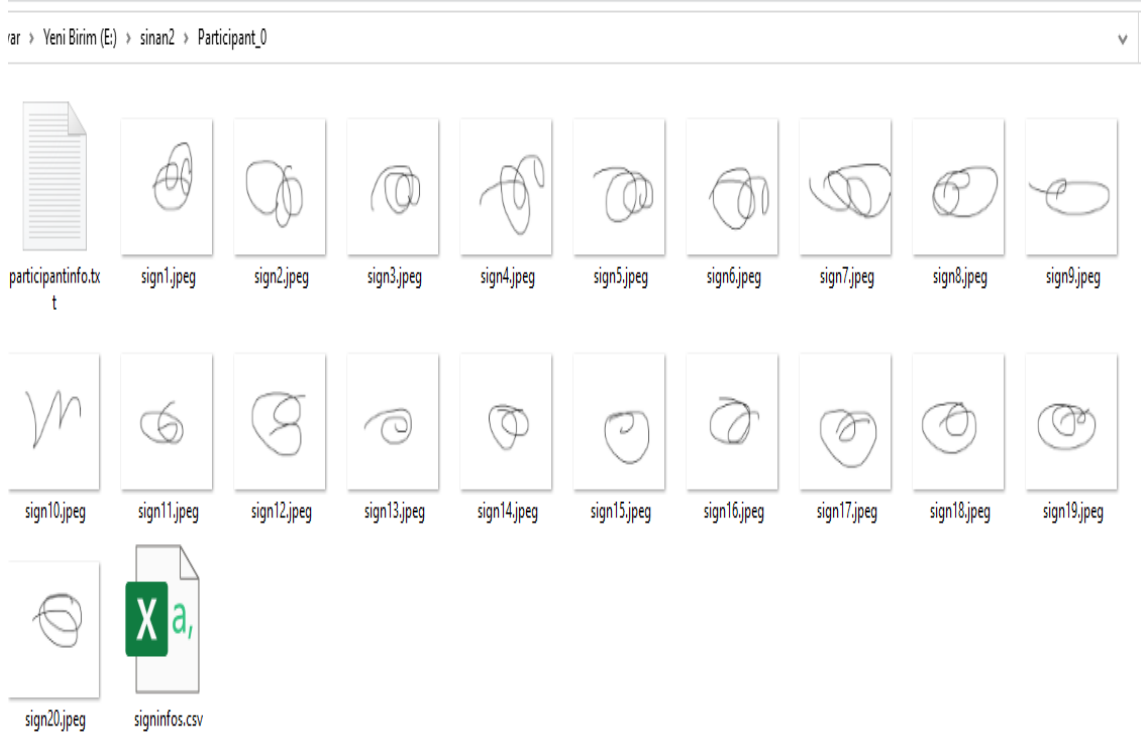
Son olarak kayıt altına alınan veri ise kullanılan cihaza ait kalemin özelliğiyle entegre olarak çalışan basınç verileridir. İmzanın atılma esnasında gerçekleşen basınç değişiklikleri de kayıt altına alınmaktadır. Şekil 7’de bağışçının bağışta bulunacağı imzayı attığı yazılım ekran görüntüsü verilmektedir.



Şekil 7. İmza Kayıt Yazılımı – İmza atma işlemi ekranı

Bağışçılar tarafından bağışlanan imzalar imza kayıt yazılımı tarafından tek bir klasör altında kayıt altında tutulmaktadır. Bu klasör içerisinde bağışladığı imzaların

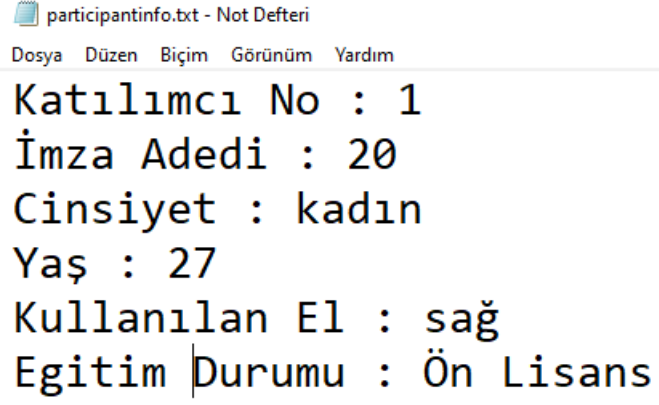
görüntülerinin yanı sıra “participantinfo.txt” ve “signinfos.csv” adında iki farklı dosya daha oluşturulmaktadır. İmzaların saklandığı klasör yapısı ve bilgi dosyaları Şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8. İmza Kayıt Yazılımı – İmzaların saklandığı klasör yapısı ve bilgi dosyaları

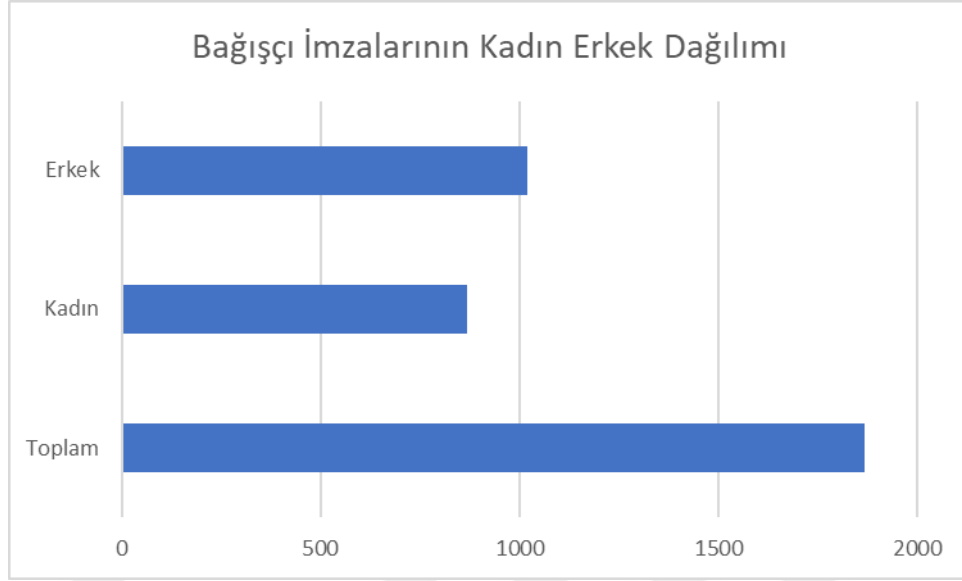
“participantinfo.txt” içerisinde “Katılımcı No”, “İmza Adedi”, “Cinsiyet”, “Yaş”, “Kullanılan El” ve “Eğitim Durumu” bilgileri bulunmaktadır. Bu sayede veri seti kullanılarak farklı akademik çalışmalar için veri seçimi yapılabilecektir.

Bunlara örnek imza atılan el, cinsiyet, yaş aralığı ve eğitim gibi farklı alanlar ve kombinasyonları kullanılarak çalışmalar da yapılabilecektir. “participantinfo.txt” dosyasının içeriği Şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 9. İmza Kayıt Yazılımı – “participantinfo.txt” dosya içeriği görüntüsü

“signinfos.csv” dosyası içerisinde “İmza No”, “İmza Başlangıç Süre”, “İmza Bitiş Süre”, “Konum Sayısı”, “Konumlar” ve “Basınç” bilgileri bulunmaktadır. Bu bilgiler her bir katılımcının bağışlamak istediği imzaların tüm bilgilerini tutmaktadır. Yukarıda daha önce ifade edildiği gibi imza atma ekranında “SİL” butonu kullanıldığı takdirde bu dosya içerisinde kayıt oluşturulmakta ancak “SİL” komutu verilmesi nedeniyle bağışçı ilgili imzayı bağışlamak istemediğinden dolayı imzası klasör içerisine kaydedilmemektedir. “signinfos.csv” dosya içeriği Tablo 1’de gösterilmektedir.



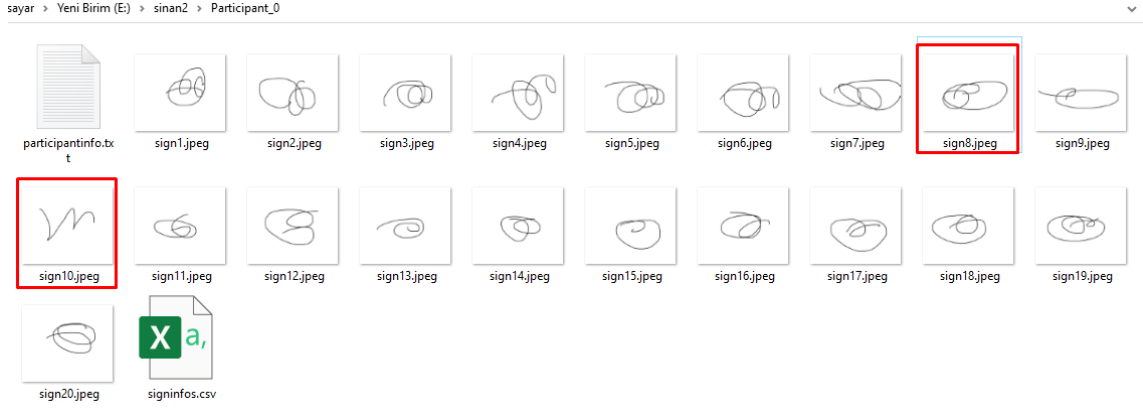
Şekil 10. 1870 Adet imzanın dağılımı

Veri seti her geçen gün artan bağışlar olması sebebiyle düzenli olarak güncellenmektedir. Akademik çalışmalar dışında kullanımının risk oluşturacağı değerlendirilmektedir. Bu nedenle veri seti talep edildiği takdirde erişime açılmaktadır. Bunun için bir talep formu bulunmaktadır. Bu talep formunda akademik çalışmaya ilişkin bilgiler talep edilmektedir. Formda doldurulan bilgilere istinaden akademik çalışmayı yapacak kişiye ait .edu uzantılı e-posta adresine teyit bilgisi gönderilmektedir. İsteğin doğruluğu bu e-posta adresinden alınan yanıtla istinaden ispatlanmaktadır. Akademik çalışmada kullanılacağı beyan edilen ve doğruluğu teyit edilmiş e-posta adresine geçici süreli olarak bağlantı linki sağlanmaktadır. Akademik çalışmayı yapacak kişi bu bağlantıdan güncel veri setlerini tarih sıralı, bağışçı sayısı ve imza sayısını görebilecektir.

Çalışmasına uygun sayıda bağışçı ve imza adedini seçerek indirme işlemini gerçekleştirebilecektir. İlgili talep formu tatligil.com adresinden erişilebilecektir.

3.9.4. Doğruluk oranı yüksek yöntemin tespit edilmesi

Literatür içerisindeki birçok farklı çalışma incelenmiştir. Bu yöntemler içerisinde 1979'da Nobuyuki Otsu tarafından geliştirilen Otsu yöntemi, bir otomatik görüntü eşikleme (ikilileştirme) tekniği de denenmiştir. Tekniğe ilişkin karşılaştırılan imzalar Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Otsu yönteminde kullanılan test imza verisi

Test için rastgele seçilen sign10 ve sign8 görselleri Otsu yöntemi ile denenmiş gözle ayırt edilebilir şekilde farklı olan imzaların benzerlik oranı 0,8904 olarak tespit edilmiştir. Şekil 12’de karşılaştırma sonucunda elde edilen görüntü verilmiştir.



Şekil 12. Otsu yöntemi sonucu ortaya çıkan karşılaştırma

Bu nedenle çalışmalar içerisinde farklı veri tabanlarıyla başarımlar sağlandığı ifade edilen yöntemler incelenmiştir. İncelenen çalışmalar içerisinde, Sounak (Dey vd., 2017) yaptığı çalışmada geliştirmiş oldukları yöntemin çeşitli veri setleri üzerindeki en son yöntemlerle karşılaştırmalarına yer verildiği görülmektedir. Çalışmaya göre ilgili veri setlerinde geliştirilen yöntemin aynı veri setlerinde daha başarılı sonuçlar aldıklarını göstermektedir. Tablo 2’de önerilen yöntemin çeşitli imza veri tabanları üzerinde son yöntemlerle karşılaştırılması verilmektedir.

Tablo 2. Önerilen yöntemin çeşitli imza veritabanları üzerinde en son yöntemlerle karşılaştırılması (Dey vd., 2017)

Databases	State-of-the-art Methods	#Signers	Accuracy	FAR	FRR
CEDAR Signature Database	Word Shape (GSC) (Kalera <i>et al.</i> [5])	55	78.50	19.50	22.45
	Zernike moments (Chen and Srihari [22])	55	83.60	16.30	16.60
	Graph matching (Chen and Srihari [12])	55	92.10	8.20	7.70
	Surroundedness features (Kumar <i>et al.</i> [8])	55	91.67	8.33	8.33
	Dutta <i>et al.</i> [13]	55	100.00	0.00	0.00
	SigNet	55	100.00	0.00	0.00
GPDS 300 Signature Corpus	Ferrer <i>et al.</i> [7]	160	86.65	12.60	14.10
	Vargas <i>et al.</i> [23]	160	87.67	14.66	10.01
	Solar <i>et al.</i> [24]	160	84.70	14.20	16.40
	Kumar <i>et al.</i> [8]	300	86.24	13.76	13.76
	Dutta <i>et al.</i> [13]	300	88.79	11.21	11.21
	SigNet	300	76.83	23.17	23.17
GPDS Synthetic Signature Corpus	SigNet (unskilled forged)	300	65.36	34.64	34.64
	Dutta <i>et al.</i> [13]	4000	73.67	28.34	27.62
Bengali	SigNet	4000	77.76	22.24	22.24
	Pal <i>et al.</i> [11]	100	66.18	33.82	33.82
	Dutta <i>et al.</i> [13]	100	84.90	15.78	14.43
	SigNet	100	86.11	13.89	13.89
Hindi	Pal <i>et al.</i> [11]	100	75.53	24.47	24.47
	Dutta <i>et al.</i> [13]	100	85.90	13.10	15.09
	SigNet	100	84.64	15.36	15.36

Önerilen yöntem önerisi birbirinden farklı 5 imza veri tabanında denenmiş ve sonrasında karşılaştırma yapılmıştır. Alınan sonuçlar daha önce yapılan çalışmalardan daha başarılı olduğu belirtilmektedir.

Veri tabanları ele alındığı takdirde ise çalışmanın başarımları ve doğruluğuyla ilgili olarak vereceği bilginin de tutarlı olması gerekmektedir. Bu nedenle ilgili veri tabanlarının oluşturmasına ilişkin adımlar da ele alınarak bu çalışmada incelendi.

CEDAR: CEDAR imza veri tabanı, çeşitli kültürel ve profesyonel geçmişlere sahip 55 imza sahibinin imzasını içermektedir. Bu imzalayanların her biri 20 dakika arayla 24 gerçek imza alındı. Sahtecilerin her biri, gerçek imzalayanların her biri için 24 sahte imza üretmek üzere 3 kişinin imzasını 8'er kez taklit etmeye çalıştı. Dolayısıyla veri seti $55 \times 24 = 1.320$ gerçek imza ve 1.320 sahte imza içerir. Bu veri kümesindeki imza görüntüleri gri tonlama modunda mevcuttur (Serdouk, Nemmour ve Chibani, 2015).

GPDS300: GPDS300 imza veri tabanı, 300 kişi için 24 gerçek ve 30 sahte imzadan oluşmaktadır. Bu, $300 \times 24 = 7.200$ gerçek imza ve $300 \times 30 = 9.000$ sahte imzaya eşittir. İmzalayanların her birinin 24 gerçek imzası tek bir günde toplandı. Gerçek imzalar her

sahteciye gösterilir ve taklit edilmek üzere 24 gerçek imza arasından rastgele seçilir. Bu veri tabanındaki tüm imzalar ikili biçimde mevcuttur (Serdouk vd., 2015).

GPDS Sentetik: GPDS sentetik imza veri tabanı, sentetik bireyler protokolüne dayalı olarak oluşturulmuştur. Bu veri kümesi, her bireyin 24 gerçek ve 30 sahte imzaya sahip olduğu, $4000 \times 24 = 96.000$ gerçek ve $4000 \times 30 = 120.000$ sahte imzaya sahip 4000 imzalayandan oluşur (Serdouk vd., 2015).

BHSig260: BHSig260 imza veri seti, 100'ü Bengalce ve 160'ı Hintçe olmak üzere 260 kişinin imzasını içerir. Yazarlar, bu imzaları oluşturmak için GPDS300'deki ile aynı protokolü izlemiştir. Burada ayrıca imzalayanların her biri için 24 adet gerçek ve 30 adet sahte imza bulunmaktadır. Bu, Bengalce 'de $100 \times 24 = 2.400$ orijinal ve $100 \times 30 = 3.000$ sahte imza ve Hintçe 'de $160 \times 24 = 3.840$ orijinal ve $160 \times 30 = 4.800$ sahte imza ile sonuçlanır (Pal, Alaei, Pal ve Blumenstein, 2016).

Veri tabanlarında gerçek imzaların yanı sıra sahtecilerden de imzaları taklit etmeleri istendiği ancak profil olarak sahtecilerle ilgili olarak net bilginin bulunmadığı anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra imza sahiplerinin imzaları verirken CEDAR veri tabanında 20 dakika bir imza atıldığını, GPDS300 ve GPDS Sentetik veri tabanlarında ise tek bir günde 24 gerçek imzanın alındığından belirtilmektedir (Dey vd., 2017).

Her bir veri tabanında elde edilen başarımların farklılık göstermesi veri tabanlarının sağladığı başarımlar, imza sahipleri ve sahtecilikle atılan imzalarla doğru orantılı olduğu varsayılmaktadır.

Başarımı en yüksek olduğu belirtilen yöntem de performans, imza çiftinin (i, j) benzer veya farklı sınıfa ait olup olmadığına karar vermek için SigNet tarafından çıkan $D(x_i, x_j)$ mesafe ölçümünde bir d eşiği kullanılmış. Aynı kimliğe sahip imza çiftlerini (i, j) Psimilar olarak, farklı kimliklerin tüm çiftlerini ise Pdissimilar olarak belirtmişler. Ardından, d'deki tüm gerçek pozitifler (TP – True Positive) kümesi Denklem 3.1 ile ifade edilmektedir.

$$TP(d) = \{(i, j) \in \mathcal{P}_{\text{similar}}, \text{ with } D(x_i, x_j) \leq d\} \quad (3.1)$$

Geçerli belgede kaynak yok.

Geçerli belgede kaynak yok.

Benzer şekilde, d'deki tüm gerçek negatiflerin (TN – True Negative) kümesi denklem 3.2'de ifade edilmektedir.

$$TN(d) = \{(i, j) \in \mathcal{P}_{\text{dissimilar}}, \text{ with } D(x_i, x_j) > d\} \quad (3.2)$$

Ardından, belirli bir imza için gerçek pozitif oran (TPR-True Positive Real) (d) ve gerçek negatif oran (TNR- True Negative Real) (d), d mesafesi Denklem 3.3'te ifade edilmektedir.

$$TPR(d) = \frac{|TP(d)|}{|P_{\text{similar}}|}, \quad TNR(d) = \frac{|TN(d)|}{|P_{\text{dissimilar}}|} \quad (3.3)$$

Burada Psimilar, benzer imza çiftlerinin sayısıdır. Nihai doğruluğu denklem 3.4'te hesaplanmıştır.

$$\text{Accuracy} = \max_{d \in D} \frac{1}{2} (TPR(d) + TNR(d)) \quad (3.4)$$

Yöntemin içerisinde kullanılan SİGNET mimarisi giriş katmanı, yani ReLU'lu 11×11 evrişim katmanı mavi renkle gösterilirken, tüm 3×3 ve 5×5 evrişim katmanları sırasıyla mavi ve yeşil olarak gösterilmiştir. Tüm yerel yanıt normalleştirme katmanları macenta olarak gösterilir, tüm maksimum havuzlama katmanları kiremit rengiyle gösterilir ve bırakma katmanları gri olarak gösterilir. Son turuncu blok, oluşturan CNN'lerden gelen yüksek seviye özellik çıktısını temsil ettiği belirtilmektedir. Şekil 13'te SİGNET mimarisi verilmiştir (Dey vd., 2017).

Tablo 3. Oluşturulan sinir ağının özet meta bilgisi ve eğitilen parametre sayıları

Katman tipi	Çıktı Boyutu	Parametre Sayısı	Çıktı Bağlantısı
input_1 (InputLayer)	[(None, 155, 220, 3)]	0	[]
input_2 (InputLayer)	[(None, 155, 220, 3)]	0	[]
model (Functional)	(None, 128)	82125056	['input_1[0][0]', 'input_2[0][0]']
lambda (Lambda)	(None, 1)	0	['model[0][0]', 'model[1][0]']
=====			
Toplam parametre sayısı: 82,125,056			
Eğitilebilen parametre sayısı: 82,124,864			
Eğitilemeyen parametre sayısı: 192			

Aynı mimarinin oluşturulması sonrasında elde edilen mimarinin doğruluğunu test etmek gereksinimi vardır. CEDAR veri seti üzerinde yapılan değerlendirmeler için veri seti eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç parçaya bölünmüştür. Veri seti içinde 55 farklı kişiye ait veri bulunmakta olup, eğitim veri seti için 30, doğrulama veri seti için 15 ve test veri seti için 10 kişi rasgele olarak seçilmiş ve o kişilere ait görüntüler ilgili veri setleri için ayıklanmıştır. Modeli aynı şekilde 20 sefer RMSprop kullanarak, 0.9'a eşit momentum oranı ve 128'e eşit mini parti boyutu kullanarak eğittik. Modelin eğitimi sırasında eğitim ile doğrulama veri setleri kullanılmış olup, test veri seti sadece değerlendirme aşamasında kullanılmıştır. Test veri seti üzerinde yapılan testlerde modelin başarımı %100 olarak hesaplanmış ve oluşturulan modelin etkinliği gösterilmiştir.

SIGNET modeli tekrar oluşturulduktan, etkinliği doğrulanmasından sonra kendi veri tabanımız üzerinde karşılaştırma ve başarımı ele alınmıştır. İmza bağışçılarının bağışladıkları imzalar üç grup olarak ayrıştırıldı. Bunlar,

20 adet imzanın atıldığı gruba 20'li imza grubu, 50 adet imzanın atıldığı gruba 50'li imza grubu ve 100 adet imzanın atıldığı gruba 100'lü imza grubu olarak ifade edilmektedir. Bağışçıların, 20'li imza grubundan rastgele bir imza seçilmiştir. Seçilen imza SIGNET mimarisinde aynı bağışçının 100'lü imza grubu ile karşılaştırılmıştır. Ardından aynı imza bağışçısının, 50'li imza grubundan rastgele bir imza seçilmiştir. Seçilen imza SIGNET mimarisinde aynı bağışçının 100'lü imza grubu ile karşılaştırılmıştır. Bu işlem her bir bağışçı için iki defa tekrar edilmiştir. Yönteme ilişkin diyagram Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil 14. Başarımlar oranı karşılaştırmasında gerçekleştirilen yöntem

Bağışçının kendi imzası, kendisine ait en büyük havuz 100'lü imza grubunda karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu başarımlar oranları tespit edilmiştir. Tablo 4'te rasgele seçilen imzaların 20'li mi veya 50'li mi gruptan seçildiği parantez içerisinde belirtilmiştir? Seçilen imza 20'li'den ise 50'li grup karşısına "X" ifadesi verilmektedir. Seçilen imza 50'li'den ise 20'li grup karşısına "X" ifadesi verilmektedir.

Tablo 4. Başarımlar oranı karşılaştırma tablosu

Katılımcı	20'li ve 50'li imza grubundan rastgele seçilen imza	20'li gruptan Seçilen imza'nın 100'lü imza grubu ile karşılaştırması	50'li gruptan Seçilen imza'nın 100'lü imza grubu ile karşılaştırması	Katılımcı	20'li ve 50'li imza grubundan rastgele seçilen imza	20'li gruptan Seçilen imza'nın 100'lü imza grubu ile karşılaştırması	50'li gruptan Seçilen imza'nın 100'lü imza grubu ile karşılaştırması
1	4(20'li)	78,1818	X	6	4(20'li)	90	X
1	11(20'li)	0	X	6	11(20'li)	90	X
1	22(50'li)	X	78,1818	6	22(50'li)	X	90
1	40(50'li)	X	78,1818	6	40(50'li)	X	90
2	4(20'li)	72,7272	X	7	4(20'li)	88,1818	X
2	11(20'li)	72,7272	X	7	11(20'li)	88,1818	X
2	22(50'li)	X	72,7272	7	22(50'li)	X	88,1818
2	40(50'li)	X	0,009	7	40(50'li)	X	88,1818
3	4(20'li)	77,2727	X	8	4(20'li)	89,0909	X
3	11(20'li)	77,2727	X	8	11(20'li)	89,0909	X
3	22(50'li)	X	1,8181	8	22(50'li)	X	89,0909
3	40(50'li)	X	0	8	40(50'li)	X	0
4	4(20'li)	85,4545	X	9	4(20'li)	66,3636	X
4	11(20'li)	85,4545	X	9	11(20'li)	66,3636	X
4	22(50'li)	X	0	9	20(50'li)	X	66,3636
4	40(50'li)	X	85,4545	9	40(50'li)	X	66,3636
5	4(20'li)	70	X	10	4(20'li)	85,4545	X
5	11(20'li)	70	X	10	11(20'li)	0	X
5	22(50'li)	X	0	10	22(50'li)	X	85,4545
5	40(50'li)	X	1,8181	10	40(50'li)	X	85,4545

Bu veri seti ile yapılan testlerin sonuçlarındaki başarımların CEDAR veri setinde yapılan testlerdeki başarımlarına göre daha düşük olması, veri setindeki görüntülerin farklı kalitede olması ya da farklı cihazlar ile toplanmış olması ile açıklanabilir. Eğitilen modelin CEDAR veri setinde daha yüksek başarımla sahip olması, model eğitilirken CEDAR veri setinin kullanılması sebebiyle imza bilgisinin yanında veri setinde bulunan görüntülerin kalitesi veya daha farklı niteliklerine karşı da duyarlı olduğu şeklinde açıklanabilir.

Tablo 5 incelendiği takdirde büyük oranla rastgele seçilen imzaya göre başarımlar değişmektedir. Aynı kişinin elinden çıkan imzanın kendi imzaları ile karşılaştırılması sonucunun %100 başarımla sağlanması düşünülürken en düşük %0 en yüksek %90 başarımla sağlandığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Literatür çalışmasında, imzada ve hukukta, karşılaşılan sorunlara, uzmanlara ve uzmanların kullandığı yöntemlere ilişkin birçok çalışma ele alınmıştır. Literatür içerisinde uzmanların yöntemleri de incelenmiştir. Tüm bu incelemeler öncelikle kâğıt üzerine atılan imzalara ilişkin yapılmıştır. Uluslararası literatür çalışmasında derin öğrenme, makine öğrenmesi, görüntü işleme ve veri madenciliği yöntemleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar içerisinde en yüksek başarımlar ve doğruluk tespit edilmiştir. Tüm bu çalışmalar önerdiğimiz yöntemin temellerini oluşturmaktadır.

Değişen ve gelişen teknoloji çağına yetişebilmek için bu dönüşümü doğru şekilde gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu nedenle imzaya ilişkin tüm süreçler ele alınmalıdır. Literatür içerisindeki veri tabanları içerisinde birçok belirsizlik bulunmaktadır. İmza atılmadan öncesi, mekân, genel sağlık durumu, imza atılırken ki pozisyon ve benzeri çalışmayı etkileyebilecek birçok alan belirsizliğini korumaktadır. Literatür içerisinde yapılan çalışmalarda imzaların art arda atılması sonucunda imzaların bozulması değerlendirilmemektedir. Tüm çalışmalar, sahte olarak ifade edilen imzaların tespitine yönelik olmaktadır. Çalışmamızda sahte imzalar olmadığı halde kişinin kendi imzalarının en iyi sonuçları veren yöntem üzerinde uygulandığı takdirde sonuçların yüksek başarıma ulaşmadığını göstermektedir.

Yaptığımız çalışma öncelikle yeni bir veri setinin oluşmasını sağlamaktadır. Bu veri seti, literatür içerisinde olmayan türde yeni bir veri setidir. Bunun sebebi bağışçıların dinlenme ve ara vermeden imzaları atmalarındandır. Bu sayede en gerçekçi simülasyonu gerçekleştirilmektedir. Bağışçıların imza setleri içerisinde ilk bağışladığı 20 adet imzanın beklenen özelliği, kullanılan kalem ve cihaza alışma süreci olmadığından kendi imzalarına en yakın imzanın gerçekleşmemesi beklenmektedir. İkinci olarak bağışladıkları 50 adet imzadan beklenen, bağışçının en doğru imzalarını içermesini beklenmektedir. Bunun ana nedeni kalem ve cihaza artık hâkim olmaları nedeniyle imzalarının istedikleri ve kullandıkları şekle en yakın imzalar olacaktır.

Üçüncü ve son olarak alınan 100 adet imzadan beklenen ise her imza sonrasında giderek imzaların sıkılma, yorulma, isteksizlik sebebiyle aynı elin mahsulü olmasına karşın bozulmalar başlaması ve benzerliklerinin düşüşe geçmesi beklenmektedir.

Tablo 5’te de açıkça görüldüğü üzere aynı elin mahsulü dahi olsa imzaların bozulması nedeniyle yöntemlerin doğruluk tespitlerinin ve başarımının düştüğü görülmüştür. Bu nedenle belirli ortak kriterleri ve kabul edilebilir değerler içeren bir imza cihazı ihtiyacı bulunmaktadır. Ortak kriterler,

- İmza cihazından imzanın atılma esnasında doğrulama yapılabilmesi için imza yönün, başlangıç ve bitişlerinin tespiti için koordinatlarının alınması,
- İmzanın gerçekleşme süresinin alınması,
- Harf karakterlerinin tespiti, el kaldırmalar, dönüş hareketleri, eğimi, çizgi kalitesi ve kalem basısı için basınç bilgilerinin alınması,
- Kişinin imza atarken oturma, ayakta gibi vücut pozisyonlarının belirlenmesi,
- Kişinin imza atarken hastalık ve diğer konularda beyanda bulunması gerekmektedir.

Yukarıda önerilen yöntemleri barındıran imzanın doğruluğunu tespit etmek neredeyse her uzman tarafından yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

- ABFDE. (2023). *ABFDE Tarihçe*. 05.06.2023 tarihinde <https://abfde.org/>. adresinden indirildi.
- Arulkumaran, K., Deisenroth, M. P., Brundage, M., ve Bharath, A. A. (2017). Deep reinforcement learning: A brief survey. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(6), 26-38.
- ASQDE. (2023). *ASQDE Tarihçe*. 05.06.2023 tarihinde <https://www.asqde.org/>. adresinden indirildi.
- Aşicioğlu, F. (2020). Üste imza atmak sureti ile çekteki mevcut keşideci imzasının maskelenmesi. *Türkiye Klinikleri Adli Tıp ve Adli Bilimler Dergisi*, 17(2), 176-180. doi:10.5336/forensic.2020-73398
- Bentéjac, C., Csörgő, A., ve Martínez-Muñoz, G. (2021). A comparative analysis of gradient boosting algorithms. *Artificial Intelligence Review*, 54, 1937-1967.
- Bertolini, D., Oliveira, L. S., Justino, E., ve Sabourin, R. (2010). Reducing forgeries in writer-independent off-line signature verification through ensemble of classifiers. *Pattern Recognition*, 43(1), 387-396.
- Biau, G., ve Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *TEST*, 25, 197-227.
- Birincioğlu, İ. I., Kirci, G. S. n., Aydoğdu, H. İ., Okumuş, H., ve Özer, E. (2016). Adli belge incelemelerinin 780 olgu üzerinden değerlendirilmesi; Trabzon, 2007-2013. *Adli Tıp Bülteni*, 21(1), 26-30.
- Blogspot. (2023). *İmza kaşesi* 14.04.2023 tarihinde <https://2.bp.blogspot.com/-RmqidqvPL1U/Ws3ySUaxBGI/AAAAAAAAAAhI/IIT4lOQRfJQpKJyIHjlG5wdT3ga2XytnQCLcBGAs/s1600/resim-imza-kasesi-modelleri-yaptirmak.gif>. adresinden indirildi.
- Boz, A. (2019). *Adli olay belgelerine ilişkin uzman raporlarında yazı ve imza inceleme yaklaşımlarına yönelik görüşmeler* (Yayın no: 563625), [Yüksek Lisans Tezi,

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Chen, S., Webb, G. I., Liu, L., ve Ma, X. (2020). A novel selective naïve Bayes algorithm. *Knowledge-Based Systems*, 192, 105361.

Conway, J. V. P. (1959). *Evidential documents*. Springfield, Ill: Charles C. Thomas Springfield, Ill.

Creswell, A., White, T., Dumoulin, V., Arulkumaran, K., Sengupta, B., ve Bharath, A. A. (2018). Generative adversarial networks: An overview. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(1), 53-65.

Cüceloğlu, İ. (2018). *Doküman kategorizasyonu ve imza bölge analizi* (Yayın no: 364258), [Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

D'Angelo, G., ve Palmieri, F. (2021). Network traffic classification using deep convolutional recurrent autoencoder neural networks for spatial-temporal features extraction. *Journal of Network and Computer Applications*, 173, 102890.

Dey, S., Dutta, A., Toledo, J. I., Ghosh, S. K., Lladós, J., ve Pal, U. (2017). Signet: Convolutional siamese network for writer independent offline signature verification. *Journal of Network and Computer Applications*.

Dincer, M. (2020). *İmza boyutunun uzmanın kanaatlerine etkileri üzerine bir araştırma* (Yayın no: 604827), [Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Ferrer, M. A., Alonso, J. B., ve Travieso, C. M. (2005). Offline geometric parameters for automatic signature verification using fixed-point arithmetic. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 27(6), 993-997.

Gazete, R. (2004a). *5237 Sayılı Türk ceza kanunu*. 22.03.2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/10/20041012.htm>. adresinden indirildi.

Gazete, R. (2004b). *5237 Sayılı Türk ceza kanunu madde 204*. 22.03.2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/10/20041012.htm>. adresinden indirildi.

Gazete, R. (2004c). *5237 Sayılı Türk ceza kanunu madde 207*. 22.03.2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/10/20041012.htm>. adresinden indirildi.

Gazete, R. (2011). *6100 Sayılı hukuk muhakemeleri kanunu madde 211*. 22.03.2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/02/20110204-2.htm>. adresinden indirildi.

Gazete, R. (2016). *6754 Sayılı bilirkişilik kanunu*. 22.03.2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/11/20161124-1..htm>. adresinden indirildi.

GFS2000. (2023). *Die Gesellschaft für Forensische Schriftuntersuchung (GFS) e. V.* begrüßt Sie auf ihrer Homepage. 05.06.2023 tarihinde <https://www.gfs2000.de/>. adresinden indirildi.

Gültakar, R. (2020). *İmza/paraf taklidine mesleki bilgi ve deneyimin etkileri* (Yayın no: 621908), [Yüksek Lisans Tezi, Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Hinton, G. E. (2009). Deep belief networks. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 4(5), 5947.

Hurimg. (2023, 2023). *İmzalı senet* 14.04.2023 tarihinde <https://i4.hurimg.com/i/hurriyet/75/770x0/5db53e36d3806c20142408e7.jpg>. adresinden indirildi.

İnan, M. (1988). *‘Emniyeti suistimal’ ve ‘açığa atılan imzanın kötüye kullanılması’ suçları* (Yayın no: 4746), [Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Kalera, M. K., Srihari, S., ve Xu, A. (2004). Offline signature verification and identification using distance statistics. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 18(07), 1339-1360.
- Kurumu, A. T. (2023a). *Adli Tıp Kurumu*. 22.03.2023 tarihinde <https://www.atk.gov.tr/tarihce.html>. adresinden indirildi.
- Kurumu, A. T. (2023b). *ATK Fizik İhtisas Dairesi*. 02.05.2023 tarihinde <https://www.atk.gov.tr/fizik-ihisas-dairesi.html>. adresinden indirildi.
- Likas, A., Vlassis, N., ve Verbeek, J. J. (2003). The global k-means clustering algorithm. *Pattern Recognition*, 36(2), 451-461.
- Liu, C., Arnon, T., Lazarus, C., Strong, C., Barrett, C., ve Kochenderfer. (2021). Algorithms for verifying deep neural networks. *Foundations and Trends® in Optimization*, 4(3-4), 244-404.
- Mezquita, Y., Alonso, R. S., Casado-Vara, R., Prieto, J., ve Corchado, J. M. (2021). A review of k-nn algorithm based on classical and quantum machine learning. Distributed Computing and Artificial Intelligence, Special Sessions, 17th International Conference.
- Munich, M. E., ve Perona, P. (2003). Visual identification by signature tracking. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 25(2), 200-217.
- O'Shea, K., ve Nash, R. (2015). An introduction to convolutional neural networks. *arXiv*.
- Pal, S., Alaei, A., Pal, U., ve Blumenstein, M. (2016). *Performance of an off-line signature verification method based on texture features on a large indic-script signature dataset*. 2016 12th IAPR workshop on document analysis systems (DAS).
- Patrick, M. K., Adekoya, A. F., Mighty, A. A., ve Edward, B. Y. (2022). Capsule networks—a survey. *Journal of King Saud University-computer*, 34(1), 1295-1310.

- Peker, H. (2009). *Dilbilim, Filoloji ve Hititoloji*. Hititolojiye Giriş (pp.37-48), İstanbul: Ege Yayınları.
- Plamondon, R., ve Srihari, S. (2000). Online and off-line handwriting recognition: a comprehensive survey. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 22(1), 63-84.
- Salkim İşlek, D. (2018). *Belgeden mavi renkli tükenmez kalem mürekkeplerinin yapı ve yaş tayini* (Yayın no: 412672), [Doktora Tezi, Adli Tıp Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Sayici, B. (2018). *Türkiye`de hukuk ve adli bilimler açısından imza ve karşılaşılan sorunlar* (Yayın no: 239200), [Yüksek Lisans Tezi, Adli Tıp Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Schmidt, R. M. (2019). Recurrent neural networks (rnns): A gentle introduction and overview. *arXiv*.
- Serdouk, Y., Nemmour, H., ve Chibani, Y. (2015). *New gradient features for off-line handwritten signature verification*. 2015 International Symposium on Innovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA). DOI:10.1109/INISTA.2015.7276751
- Serdouk, Y., Nemmour, H., ve Chibani, Y. (2016). New off-line handwritten signature verification method based on artificial immune recognition system. *Expert Systems with Applications*, 51, 186-194.
- Sharma, H., ve Kumar, S. (2016). A survey on decision tree algorithms of classification in data mining. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(4), 2094-2097.
- Sözlük. (2023a). "Kağıt" TDK Sözlük Anlamı. 18.04.2023 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/?kelime=murekkep>. adresinden indirildi.
- Sözlük. (2023b). "Kalem" TDK Sözlük Anlamı. 18.04.2023 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/?kelime=kalem>. adresinden indirildi.

Sözlük. (2023c). "Mürekkep" TDK Sözlük Anlamı. 18.04.2023 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/?kelime=mürekkep>. adresinden indirildi.

Tuli, S., Dasgupta, I., Grant, E., ve Griffiths, T. L. (2021). Are convolutional neural networks or transformers more like human vision? *arXiv*.

Van Houdt, G., Mosquera, C., ve Nápoles, G. (2020). A review on the long short-term memory model. *Artificial Intelligence Review*, 53, 5929-5955.

Wordpress.com. *İmzalı çek* 10.02.2023 tarihinde https://dolandiriciserhatayan.files.wordpress.com/2014/09/img_2405.jpg. adresinden indirildi.

Xia, X., Chen, Z., Luan, F., ve Song, X. (2017). Signature alignment based on GMM for on-line signature verification. *Pattern Recognition*, 65, 188-196.

Yaren, S. (2020). *Uydurma suretiyle atılan imzaların kişiye aidiyeti yönünden araştırılması* (Yayın no: 473743), [Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Yazar, Ö. (2018). *İcra ve iflas hukukunda imzaya itiraz ve imzaya itirazın sonuçları* (Yayın no: 191863), [Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Yeung, D.-Y., Chang, H., Xiong, Y., George, S., Kashi, R., Matsumoto, T., vd. (2004, 2004/01/01/). *SVC2004: First international signature verification competition*. Biom. Authent. DOI:10.1007/978-3-540-25948-0_3

Youtube. (2023a). *Masaüstü imza makinesi* [Video] 15.04.2023 tarihinde https://www.youtube.com/watch?v=oH9WB-r_AgA. adresinden indirildi.

Youtube. (2023b). *Taşınabilir imza makinesi* [Video] 15.04.2023 tarihinde https://www.youtube.com/watch?v=6F_otq4jkCc. adresinden indirildi.

Youtube. (2023c). *Yazılım marifetiyle imzanın kopyalanarak oluşturulması* 15.04.2023 tarihinde [Video] <https://www.youtube.com/watch?v=VsFKxLW4Ons> adresinden indirildi.

Youtube. (2023d). *Yazılım marifetiyle X, Y, Z eksenlerinde programlanabilir imza makinesi* [Video] 15.04.2023 tarihinde <https://www.youtube.com/watch?v=VsFKxLW4Ons> adresinden indirildi.



ÖZGEÇMİŞ

İsmail Sinan TATLIGİL

Eğitim

Derece	Yıl	Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı
Y.Ls.	2020	İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Siber Güvenlik (Tezli)
Y.Ls.	2018	Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Adli Bilişim Mühendisliği (Tezsiz)
Ls.	2023	Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi Havacılık Yönetimi
Ls.	2023	İstanbul Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri
Ls.	2010	Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi İşletme Bölümü
Ön. Ls.	2022	Atatürk Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi İş Sağlığı ve Güvenliği
Ön. Ls.	2020	Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi, Adalet
Ön. Ls.	2003	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş MYO Bilgisayar Programcılığı
Lise	2001	Ataşehir Lisesi, Fen – Matematik

İş/İstihdam (Varsa)

Yıl	Görev
2011 – Devam	Yönetici, Volfram Bilgi Teknolojileri Grubu
2015 – 2021	Baş Denetçi, SGS Société Générale De Surveillance Sa
2006 – 2008	Sistem ve Ağ Yönetimi Takım Lideri, Yapı Kredi Sigorta
2005 – 2010	Danışman, Bilge Adam Bilgi Teknolojileri
2003 – 2004	Teknik Uzman, Superonline

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri (Varsa)

Yıl	Kurum
-----	-------

2007	Türkiye Bilişim Derneği
2015	ISACA- Information Systems Audit and Control Association

Alınan Burs ve Ödüller (Varsa)

Yıl	Burs/Ödül
2020	Maltepe Üniversitesi Doktora Tam Eğitim Bursu
2020	Ec-Council – Certified Ethical Hacker
2022	Atatürk Üniversitesi Onur Öğrencisi

Yayınlar ve Diğer Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler

Kitap Çevirisi

“Cybersecurity Fundamentals Study Guide” **ISACA**, 2015.

Makale

“ISO 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi Kapsamında Tek Kullanımlık Şifre Üretme”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi**, 3 (1), 61-68, 2020.

Bildiri

“Türkiye Rekabet Kurumu’nun Yerinde İncelemelerde Dijital Verilerin İncelenmesine İlişkin Yöntem Önerileri” Conference On Cyber Security And Digital Forensics (ICONSEC) 2022

Proje

“İstanbul Adli Bilişim Laboratuvarı”
İSTKA (İstanbul Kalkınma Ajansı) 2018

Proje İştirakçisi: Volfram Bilgi Teknolojileri Tic. Ltd. Sti

Proje Ortakları:

İstanbul Valiliği
İstanbul Ticaret Odası
Türkiye Bilişim Sanayicileri Derneği
İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü
Uluslararası Siber Güvenlik Federasyonu (USGF)

