



T.C.

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**PANORAMİK RADYOGRAFLARDA DERİN ÖĞRENME
MODELLERİ KULLANILARAK KİMLİKLENDİRME**

Huriye GÜN GÜLER

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Esin BOZDEMİR

ISPARTA-2025

KABUL ve ONAY

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na;

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi **Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı Uzmanlık Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06/02/2025

Adı Soyadı : Huriye GÜN GÜLER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Esin BOZDEMİR

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Derya YILDIRIM

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Özlem YARBAŞI

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı

ONAY: Bu uzmanlık tezi, yukarıda belirtilen jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Murat MADEN
Dekan

“Kızıma ve hayatımızdan alınan tüm masum çocuklara ithaf ediyorum...”

Saygılarımla...

Isparta, 2025

BEYAN

“Panoramik Radyograflarda Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Kimliklendirme” adlı uzmanlık tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Hazırlayan

Huriye GÜN GÜLER

Danışman

Prof. Dr. Esin BOZDEMİR

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi birikimi ve deneyimini benimle paylaşan, yol gösteren, desteğini ve ilgisini esirgemeyen sayın danışman hocam Prof. Dr. Esin BOZDEMİR'e, planlanan çalışmanın gerçekleşmesinde büyük emek ve katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Turgay AYDOĞAN'a, uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve desteklerini esirgemeyen, değerli anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Derya YILDIRIM'a, deneyimleriyle her zaman yol gösterici olan bölüm hocamız Dr. Öğr. Üyesi Özlem Görmez'e, önce kıdemlim, sonrasında hocam olan, birlikte keyifle çalıştığım, değerli Dr. Öğr. Üyesi Özlem YARBAŞI' ya teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim boyunca sevinç ve üzüntülerimizi birlikte yaşadığımız, beraber çalışmaktan keyif aldığım kıymetli çalışma arkadaşlarım Uzm. Dt. Derya GEZER, Dt. İrem Bulut, Dt. Fatma CAN, Dt. Semanur ERSOY KÖLEGE, Dt. Elif Sena SARGIN ve Dt. Vildan ALÇİÇEK'e ve birlikte güzel bir çalışma ortamı oluşturan Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi ABD'deki tüm asistan arkadaşlarıma, radyoloji teknisyenlerine ve kliniğimizin personeline teşekkür ederim.

Ağladığımda güldüren, her zaman her kararında yanımda olan, hayattaki en büyük nasibim, hayat arkadaşım, fedakar destekçim eşim Dt. Mahmut Seha GÜLER'e, hayatıma girdiği günden beri en büyük mutluluğum olan, bana sonsuz sabrı ve koşulsuz sevgiyi öğreten minik kızım Meryem Hüma GÜLER'e,

Bin bir emekle bu günlere gelmemi sağlayan, düştüğümde hep elimden tutan, her zaman destek olan, hayattaki en büyük varlıklarım annem Elife GÜN'e, babam Ali GÜN'e, kardeşim Esra ERTUNÇ'a,

Sevincimle sevinen, sıkıntılarımı sıkıntı edinen ve bu süreçte de motivasyonumu hep yüksek tutan annem Nuran GÜLER'e, babam Ali GÜLER'e ve sevgi ve desteklerini eksik etmeyen büyük aileme çok teşekkür ederim.

Uzak mesafelerde olsalar da desteklerini esirgemeyen canım arkadaşlarım Dt. İman AKRA ve Dt. Gülsara ALİYEVA'ya teşekkür ederim.

Her şeyden öte, beni var eden, ilminden nasiplendiren, sabrımı arttıran ve bugünlere ulaştıran Yüce Yaradan'a sonsuz şükürler olsun.

Dt. Huriye GÜN GÜLER
ISPARTA-2025

ÖZET

Panoramik Radyograflarda Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Kimliklendirme

Amaç: Dental biyometri, dental veriler ve bulgular kullanılarak bireylerin kimliklendirilmesini sağlar. Özellikle afetler veya kazalar sonucunda yumuşak dokuların zarar gördüğü durumlarda, ölen kişilerin diş görüntüleri analiz edilir. Bu süreçte, diş konturları, restorasyonlar, sayısı, şekli ve konumları gibi özellikler karşılaştırılarak güvenilir kimlik belirleme yapılır. Radyografik diş görüntülerinden biyometrik kimliklendirme üzerine mevcut çalışmalar bulunmakla birlikte, daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, derin öğrenme modelleri kullanılarak dental panoramik radyograflarda kimliklendirme yapılması, bu modellerin performansının karşılaştırılması ve en başarılı modelin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Gereç ve Yöntem: Bu retrospektif çalışmada, 450 hastaya ait 986 panoramik radyograf görüntüsü incelendi. Panoramik radyograflardan 10 farklı ilgi alanı (Region of Interest - ROI) seçilerek toplamda 9860 ROI içeren 10 veri seti oluşturuldu. Önceden eğitilmiş derin öğrenme modelleri olan DenseNet-201, VGG-16, VGG-19, MobileNet ve ResNet-50, bu ROI'lerden öznetelik çıkarmak için kullanıldı. Elde edilen öznetelik vektörleri arasında benzerlik hesaplamak amacıyla Kosinüs Benzerliği, Öklid mesafesi, Jaccard benzerliği, Sørensen-Dice katsayısı ve Pearson korelasyonu metrikleri uygulandı. Bu değerlendirmeler sonucunda, en benzer görüntüler belirlenerek kimliklendirme doğruluğu hesaplandı.

Bulgular: Bu tez çalışmasında panoramik radyograflarda kimliklendirme için en yüksek performans, maksilla ve mandibulanın sağ yarısı ve maksilla ve mandibulanın sağ bölgesindeki dişleri içeren ROI 5'te DenseNet201 modeli ile elde edildi. Jaccard ve sørensen-dice benzerlik ölçütlerine göre, bu modeldeki birinci sıradaki eşleşme oranı (Rank-1) %90,67 olarak belirlendi. Tüm modellerin en yüksek performans sonuçları yine ROI 5'te gözlemlenmiştir. ROI bölgeleri arasında benzerlik metrikleriyle yapılan karşılaştırmada, en yüksek başarı MobileNet modeliyle, en düşük başarı ise ResNet-50 modeliyle elde edildi.

Sonuç: Derin öğrenme modellerinin panoramik radyograflarda kimliklendirme süreçlerinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği tespit edildi. Çalışmanın sonuçları derin öğrenmenin kimliklendirme alanındaki etkinliğinin, özellikle kitlesel afet durumlarında adli tanımlama sistemlerine önemli katkılar sağlayabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Panoramik radyografi, Derin öğrenme, Kimliklendirme, Adli diş hekimliği, Yapay zeka

ABSTRACT

Identification Using Deep Learning Models in Panoramic Radiographs

Aim: Dental biometrics enables the identification of individuals using dental data and findings. Dental images of deceased individuals are analysed, especially in cases where soft tissues are damaged as a result of disasters or accidents. In this process, reliable identification is made by comparing features such as tooth contours, restorations, number, shape and position. Although there are existing studies on biometric identification from radiographic dental images, more research is needed. In this study, it is aimed to perform identification on dental panoramic radiographs using deep learning models, to compare the performance of these models and to determine the most successful model.

Materials and Methods: In this retrospective study, 986 panoramic radiograph images of 450 patients were analysed. Ten datasets containing a total of 9860 ROIs were created by selecting 10 different Region of Interest (ROI) from panoramic radiographs. The pre-trained deep learning models DenseNet-201, VGG-16, VGG-19, MobileNet and ResNet-50 were used to extract features from these ROIs. Cosine similarity, Euclidean distance, Jaccard similarity, Sørensen-Dice coefficient and Pearson correlation metrics were applied to calculate the similarity between the feature vectors. As a result of these evaluations, the most similar images were identified and identification accuracy was calculated.

Results: In this thesis, the highest performance for identification on panoramic radiographs was achieved with the DenseNet201 model in ROI 5, which includes the right half of the maxilla and mandible and the teeth in the right region of the maxilla and mandible. According to Jaccard and Sørensen-Dice similarity measures, the Rank-1 matching rate in this model was 90,67%. The highest performance results of all models were again observed in ROI 5. In the comparison of similarity metrics between ROI regions, the highest success was obtained with the MobileNet model and the lowest success was obtained with the ResNet-50 model.

Conclusion: It was determined that deep learning models can be successfully used in identification processes in panoramic radiographs. The results of the study showed that the effectiveness of deep learning in the field of identification can make significant contributions to forensic identification systems, especially in mass disaster situations.

Keywords: Panoramic radiograph, Deep learning, Identification, Forensic dentistry, Artificial intelligence

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BEYAN.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Adli Tıpta Kimliklendirme.....	4
2.2. Dental Kimliklendirme.....	6
2.3. Adli Diş Hekimliğinde Kullanılan Radyografik Teknikler.....	19
2.3.1. Ağız İçi Görüntüleme Yöntemleri	25
2.3.1.1. Periapikal Radyografiler	25
2.3.1.2. Bite-wing Radyografiler.....	26
2.3.1.3. Oklüzal Radyografiler	27
2.3.2. Ağız Dışı Görüntüleme Yöntemleri	27
2.3.2.1. Panoramik Radyografi	27
2.3.2.1.1. Panoramik Görüntüleme Endikasyonları	28
2.3.2.1.2. Panoramik Görüntülemenin Başlıca Avantajları	29
2.3.2.1.3. Panoramik Görüntülemenin Başlıca Dezavantajları	29
2.3.2.1.4. Panoramik Radyografi Çekiminde Hasta Pozisyonlandırılması 30	
2.3.2.1.4.1. Hasta Pozisyonlandırılmasına Bağlı Oluşan Hatalar	30
2.3.2.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi.....	31
2.3.2.3. Lateral Sefalometrik Radyografi.....	32
2.3.2.4. Frontal Radyografi (Posteroanterior veya PA Sefalometrik Analiz) 33	
2.4. Yapay Zeka	34
2.5. Makine Öğrenmesi	36

2.6. Yapay Sinir Ağı.....	37
2.7. Derin Öğrenme.....	38
2.7.1. Evrişimli (Konvolüsyonel) Sinir Ağı.....	39
2.7.2. Derin Öğrenme Modelleri.....	40
2.7.2.1. DenseNet201 (Dense Convolutional Network 201) Modeli.....	40
2.7.2.2. VGGnet.....	40
2.7.2.2.1. VGG16.....	41
2.7.2.2.2. VGG-19.....	42
2.7.2.3. MobileNet.....	42
2.7.2.4. ResNet-50.....	43
2.7.3. Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Öznitelik Çıkartılması.....	44
2.7.4. Özniteliklerin Karşılaştırılması.....	44
2.7.4.1. Kosinüs Benzerliği.....	44
2.7.4.2. Öklid Mesafesi.....	45
2.7.4.3. Jaccard Benzerliği.....	45
2.7.4.4. Sørensen–Dice Katsayısı.....	45
2.7.4.5. Pearson Korelasyonu.....	46
2.8. Adli Dış Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları.....	46
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	50
3.1. Veri Setinin Hazırlanması.....	52
3.1.1. Görüntülerin Seçilmesi.....	52
3.2. Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Öznitelik Çıkartılması.....	56
3.3. Özniteliklerin Karşılaştırılması.....	56
4. BULGULAR.....	57
4.1. Tanımlayıcı İstatistikler.....	57
4.2. Derin Öğrenme Modellerinin Performans Sonuçları.....	58
4.2.1. DenseNet-201 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu.....	58
4.2.2. VGG-16 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu.....	59
4.2.3. VGG-19 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu.....	59
4.2.4. MobileNet Modelinin 1. Sırada Doğruluğu.....	60
4.2.5. ResNet-50 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu.....	61
4.2.6. Derin Öğrenme Modellerinin En Yüksek Performans Sonuçları.....	61
4.2.7. Derin Öğrenme Modellerinin En Düşük Performans Sonuçları.....	62
4.3. Çalışmada Elde Edilen Başarılı ve Başarısız Kimliklendirme Örnekleri.....	63

5. TARTIŞMA	65
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	81
EKLER.....	102
Ek 1. Etik Kurul Kararı	102
ÖZGEÇMİŞ.....	104



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABFO	: Amerikan board of forensic odontology
AM	: Antemortem
AMNet	: Attention-based multi-supervision network
ASFO	: American society of forensic odontology
BT	: Bilgisayarlı tomografi
CNN	: Convolutional neural network
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
DVI	: Disaster victim identification
DVM	: Destek vektör makineleri
EEG	: Elektroensefalografi
EKG	: Elektrokardiyografi
ESA	: Evrişimli sinir ağı
IBM	: International business machines
INTERPOL	: International criminal police organization
JPEG	: Joint photographic experts group
LCANet	: Learnable connected attention network
MDBT	: Multidedektör bilgisayarlı tomografi
MRG	: Manyetik rezonans görüntüleme
PA	: Posteroanterior
PHOG	: Pyramidal histogram of oriented gradient
PM	: Postmortem
RANSAC	: Random sample consensus
ReLU	: Aktivasyon katmanı (rectified linear units layer)
ROI	: İlgilenilen görüntü alanı (region of interest)
SURF	: Speeded-up robust features
VGG	: Visual geometry group
YGPH	: Yüzey geometri ve profil hiyerarşisi
YSA	: Yapay sinir ağları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1. Yapay zeka, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları ve derin öğrenmeyi içine alır.....	34
Şekil 2. Bu tez çalışmasının tasarımı	51



RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 1. Birinci ROI (siyah çizgiyle işaretli alan) ve ikinci ROI: Bütün çeneden 1480x600 piksel aralığında panoramiğin tamamı, (beyaz çizgilerle işaretli alan).	53
Resim 2. Üçüncü ROI alanı	53
Resim 3. Dördüncü ROI alanı	54
Resim 4. Beşinci ROI alanı	54
Resim 5. Altıncı ROI alanı	54
Resim 6. Yedinci ROI alanı.....	55
Resim 7. Sekizinci ROI alanı	55
Resim 8. Dokuzuncu ROI alanı	55
Resim 9. Onuncu ROI alanı.....	56
Resim 10. MobileNet modelinde ROI 1’de Kosinüs benzerliğiyle yapılan başarılı bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar	63
Resim 11. ResNet-50 modelinde ROI 1’de Öklid benzerliğiyle yapılan başarısız bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar	63
Resim 12. DenseNet-201 modelinde ROI 5’de Jaccard benzerliğiyle yapılan başarılı bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar	63
Resim 13. VGG-19 modelinde ROI 5’de Öklid benzerliğiyle yapılan başarısız bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar	64

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1. Çalışmadaki hastaların cinsiyetlerinin ve panoramik radyograf sayılarının dağılımı.....	57
Tablo 2. Çalışmadaki hastaların yaş ve panoramik radyografları arasındaki süre değerleri.....	58
Tablo 3. Densenet-201 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdeleri.....	58
Tablo 4. VGG-16 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK -1) yüzdeleri.....	59
Tablo 5. VGG-19 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK -1) yüzdeleri.....	60
Tablo 6. MobileNet modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK 1) yüzdeleri.....	60
Tablo 7. ResNet-50 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK 1) yüzdeleri.....	61
Tablo 8. DenseNet-201, VGG-16, VGG-19, MobileNet ve ResNet-50 modellerinin en yüksek performans sonuçlarını gösterdiği 5. ROI alanında en başarılı benzerlik metriklerine göre eşleşme yüzdeleri.....	62
Tablo 9. DenseNet-201, VGG-16, VGG-19, MobileNet ve ResNet-50 modellerinin en düşük performans sonuçlarını gösterdiği ROI alanları ve benzerlik metriklerine göre eşleşme yüzdeleri.....	62

1. GİRİŞ

Bir kişinin tanınmasında, tanımlanmasında ve diğer kişilerden ayırt edilmesinde etkili olan özelliklerin bütününe "kimlik" denir. Bireyin tanımlanarak, diğer bireylerden ayırt edilmesinde kullanılan belirleyici özelliklerin ortaya konulmasına ise kimlik tespiti, kimliklendirme adı verilir (Zeyfeğlu ve Hancı, 2001). Kimliklendirmenin yapılması kişinin kendi hakkında bilgi veremediği ya da vermek istemediği durumlarda canlı bireylerde de yapılmasına karşın özellikle afetler, terör olayları, savaş gibi kitlesel ölümler; cinayet, intihar gibi şüpheli ölümler ve kriminal olaylarda oldukça önemlidir (Zeyfeğlu ve Hancı, 2001; Krishan, 2013).

Adli vakalarda ve afet kurbanlarının kimliklendirilmesi aşamasında pozitif kimliklendirmede geçerliliği kanıtlanan ve literatür bilgileriyle desteklenen belirli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler kimliklendirmede altın standart olarak adlandırılmakta ve alınan sonuçlar kesin olarak kabul edilmektedir. Kimliklendirmede kabul edilen bu yöntemler parmak izi incelemeleri, dental incelemeler ve DNA analizleridir (Gaglietti ve Silva, 2017).

Dişler üzerinde kişinin antemortem (AM) ve postmortem (PM) dental verilerinin ve diş özelliklerinin incelenerek kimliklendirme yapılmasında dental kimliklendirme denir.

Dişlerin, dış etkenlerden, fiziksel faktörlerden diğer organlara göre daha az etkilenecek morfolojik yapılarını uzun süre koruyabilmeleri ve genellikle cesetle birlikte bulunabilmeleri kimliklendirmede dişlere önemli bir yer kazandırmıştır (Harorlı ve Bocutoğlu 1994; Kosuge ve ark., 2007).

Dental kimliklendirmede amaç; diş, çene ve ağız yapısının incelenerek ölü ya da şüpheli kişilerin kimliklendirilmesinin sağlanmasıdır (Sıcakbaş, 2012).

Dental kimliklendirmede iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin ilkinde; maktulden gelen PM diş kayıtları (çürükler, restorasyonlar, eksik dişler, protezler, ortodontik apareyler), diş hekiminden gelen AM diş kayıtları ile kıyaslanarak kimlik tespiti yapılır. İkinci yöntemdeyse, AM kayıtların bulunmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda, sadece PM diş kayıtları kimliklendirmede

kullanılır ve bu yöntem postmortem kimliklendirme olarak da adlandırılır (Pretty ve Sweet, 2001).

Dental biyometride diş özellikleri kullanılarak ölü kişileri teşhis etmek için dental görüntü ya da örnekler otomatik olarak analiz edilir. Literatürde, farklı görüntüleme modellerinin kullanıldığı bir takım dental görüntü tabanlı insan kimliklendirme yöntemleri belirtilmiştir (Fahmy ve ark., 2005; Lee ve ark., 2019). Bu çalışmalarda esas yaklaşım iki ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada diş özellikleri çıkarılır. İkinci aşamadaysa, eşleştirme için ölüm öncesi ve ölüm sonrası görüntülerin seçilmiş özellikleri karşılaştırılır. Genellikle dişin kontur bilgisi, görüntü yoğunluğuna bağlı olarak çıkarılan özellikler ve dental restorasyonlardan yararlanılır (Lin ve ark., 2012; Oktay, 2017). Eşleştirme yönteminde farklı uzaklık ölçümleri de dental görüntülerin benzerliğini bulmak için değerlendirilmiştir (Atheeswaran ve ark., 2014; Fejlichowski ve ark., 2013). Gerçek ölüm sonrası diş görüntülerini içeren bir veri tabanı oluşturmanın hayli zor olması nedeniyle önceki bütün çalışmalarda, yöntemlerin test edilip doğrulanması için aynı canlı kişilerin farklı zamanlarda çekilmiş diş görüntülerinden yararlanılmıştır (Ulama, 2021).

Derin öğrenme ile ilgili yapılan araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Sağlık alanında yapılan çalışmalarla hem klinik pratikte hekimlere yardımcı olacak yöntemlerin geliştirilmesi hem de derin öğrenme ile ilgili çalışmalara destek verecek bilgiler elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Literatür incelendiğinde derin öğrenme modelleri kullanılarak panoramik radyograflar üzerinden kimliklendirme yapılan çalışmalara rastlanmıştır (Ataş ve ark., 2022; Yuan ve ark., 2021; Enomoto ve ark., 2022; Matsuda ve ark., 2020; Fan ve ark., 2020; Chung ve ark., 2021; Henrich ve ark., 2018; Kim ve ark., 2021). Bu çalışmaların çoğunluğunda panoramik radyograflar tek parça olarak alınmış kadrana ayrılmamıştır. Bu tez çalışmasında literatürdeki çalışmalardan farklı olarak her hastanın panoramik radyografi 9 kadrana ayrılarak ve kırılmamış ham panoramik görüntü kullanılarak kimliklendirme yapıldı.

Özellikle büyük felaketlerde çok sayıda kişinin hayatını kaybettiği, çene-yüz bölgesinin tamamının veya bir kısmının deforme olup kişinin tanınamaz hale geldiği durumlarda dental radyografların kimliklendirmede kullanılması önemlidir. Bu

nedenle bu tez çalışmasında, kadranlara ayrılmış dental panoramik radyograflar kullanılarak kimliklendirme yapılmasında farklı derin öğrenme modellerini kullanmak ve kimliklendirmede bu modellerin etkinliğini karşılaştırmak amaçlandı.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Adli Tıpta Kimliklendirme

Adli bilimler, adli vakaları soruşturan adli tıp, adli bilişim, adli antropoloji, adli patoloji ve adli psikiyatri gibi çoğu alanın birleştiği multidisipliner bilimlerdir (Bişirici,2023). Pek çok alt bölüme ayrılan adli bilimlerin en geniş bölümünü adli tıp oluşturmuştur (Özderin,2006).

Adli tıpın kişinin kimliğinin belirlenmesinde önemli bir görevi vardır. Çünkü canlı veya ölü bireylerde öncelik kişinin kimliğinin belirlenmesidir. Tanınamayacak hale gelen, yanmış, parçalanmış ve deforme olmuş cesetlerin kimliklendirilmesi oldukça önemlidir (Bilge ve ark., 2003). Genellikle suçluların bulunmasında, yasal olarak ölüm tespitinde, ülke sınırlarındaki vatandaşlık işlemlerinde, miras, evlilik, defin gibi medeni hukuk alanında, sınırların kontrolü ve yurt güvenliğinin sağlanması gibi çoğu işlemlerde canlı veya ya ölü bireyin kimliğinin belirlenmesi oldukça önemli ve gereklidir (Yıldıray ve Hamit,2001;Vaz ve Benfica,2008; Bilge,2005; Zhou ve ark., 2005).

Teknolojik yöntemlerin gelişmesiyle beraber son zamanlarda birbirinden farklı kimliklendirme yöntemleri uygulanmaktadır. Geçmişten itibaren genellikle uygulanan DNA'nın belirlenmesi, dental ve antropolojik kimliklendirmeyeyle birlikte biyometrik doku incelemeleri de günümüzde oldukça hız kazanmıştır (Erdoğan, 2019).

Kimliklendirmede ilk olarak resmi kayıtlara bakılır. Resmi kayıtlarda ise parmak izi, kan grubu, radyolojik kayıtlar ve dental kayıtlar incelenir. Daha sonra kişinin fiziksel özelliklerine ve tıbbi özelliklerine bakılır. Kimlik tespitinde, kimliği belirlenecek kişinin ölü ya da canlı olmasına göre yapılacak işlemler değişmektedir. Bilhassa DNA araştırmaları canlı kişilerde önemli bir ayırt edici etkidir (Afşin ve Çağdır, 2004).

Kimlik belirlenmesinde, tıbbi olmayan bazı bileşenler de kullanılır. Belgeler, bireyin takıları, kıyafetleri, fotoğraflar, güvenlik kamerası kayıtları, bireye ait gözlük, saat, kemer, işitme cihazı, protez gibi kişisel eşyalar bu bileşenlerdendir (Yıldıray ve Hamit, 2001; Bilge, 2005). Bununla birlikte kişinin yürüyüşü, yazısı ve sesi de

kimliklendirmede kullanılır (Bilge, 2005). Kimlik tespitindeki en önemli araçlar, dental muayene, DNA, parmak izi, iskeletsel kalıntılar ve serolojik incelemelerdir (Bilge, 2005; Walsh ve ark., 2004). Kişinin “adli kimlik” ve “tıbbi kimlik” olmak üzere iki çeşit kimliği bulunur (Bışirici, 2023). Nüfusta yazılı olan kimlik adli kimliktir. Adli bir olay sırasında kişinin üzerinde bulunan pasaport, nüfus cüzdanı, sürücü belgesi, öğrenci kimliği vb. belgelerle bireyin kimliklendirilmesi sağlanır (Zeyfeoglu ve Hancı, 2001). Adli kimlik belirlemesi, yakınlarına ve tanıyan kişilere gösterilerek, tanınması ve bunun onaylanarak tutanağa geçirilip imzalanması ile tamamlanır (İsmailova, 2021). Kişinin fiziksel özelliklerini içeren kayıtlarla oluşturulan kimlik de “tıbbi kimlik” dir (Alakoç, 2007).

Kimliklendirme; yaşayan ya da ölü bir kişinin fiziksel, daktilografik, radyolojik ve genetik olarak belirlenmesi ve diğer kişilerden ayırt edilmesini sağlayacak özelliklerin tanımlanmasıdır (Özderin, 2006). Öncelikle kişinin elbiseleri incelenir. Daha sonra elbiseler çıkarılır. Kişinin cinsiyeti, yaşı, boyu, kilosu, cilt rengi, saçlarının boyu ve rengi, tıraşı, sakal ve bıyık varsa biçim ve boyları, kaş ve kirpiklerinin rengi, gözlerinin rengi, kulağın şekli, kulak memesinin durumu, ağız ve boşluğu, dişlerinin sayısı ve özelliği, vücudunda eski ameliyat izleri, yanık izleri, cilt lekeleri, dövmeleer mevcutsa yerleri, özellikleri ve sayıları, uzuv eksikliği veya fazlalığı kaydedilir (Yıldıray ve Hamit 2001; Bilge,2005; Aşırdizer ve ark., 2005).

Ölüm olaylarında kişinin iskeletinin tamamı veya tamamına yakını bulunmuşsa, iskeletin incelenerek kimliğin belirlenmesi nispeten kolay olsa da kitlesel felaket durumlarında hasar görüp çürüyen cesetler nedeniyle iskelet kalıntılarının bulunamaması kimliklendirmeyi güçleştirir. Vakalarda kemik kısımlarının varlığı önemlidir ve insan kalıntılarında pelvis ve kafatasının cinsiyet belirlenmesinde önemli bir rolü vardır. Kafatasının kemiklerinden mandibula, kompakt yapıda olması ve iyi korunması nedeniyle kimliklendirmede oldukça önemlidir. Mandibula kafatasının en güçlü, en büyük ve hareketli bölümüdür (Nagaraj ve ark., 2017).

Kimliklendirme iki boyutta yürütülür:

- 1- Adli kimliklendirme
- 2- Tıbbi kimliklendirme

Adli diş hekimliği, adli tıbbın önemli bir alt uzmanlık dalıdır. Dişler ve çenelerin zorlu doğal koşullarda (aşırı sıcak ya da soğuk) sağlam kalabilmesi bir bireyin kimliklendirmesinde önemli bir rol oynar. Özellikle doğal ve insan kaynaklı afetlerde dental kimliklendirme oldukça önemlidir.

2.2. Dental Kimliklendirme

Adli bilimlerin bir dalı olan adli diş hekimliğinin, hususen kömürleşen, iskelet haline dönen veya ileri derecede çürüyüp bozulmuş cesetlerde ölüm sonrası kimliklendirmede oldukça önemli bir rolü vardır. Diş hekimliği bilgisiyle kalıntılar, basit, güvenilir ve bunun yanında ucuz bir şekilde karşılaştırma yapılarak tanımlanabilir (Almeida ve ark., 2015; Caputo ve ark., 2011).

Dental kimliklendirmenin, parmak izinin alınamadığı travmatik doku yaralanmalarında, postmortem değişikliklerin olduğu vakalarda öncelikli bir görevi vardır (Narendra ve ark., 2014). Dişlerden kimlik tespiti vakası ilk olarak 1453 yılında 80 yaşındaki John Talbot'ta rapor edilmiştir (Amoedo, 1898). Paul Revere, diş hekimliği tarihinde ilk dental kimliklendirmeyi gerçekleştiren diş hekimi olarak bilinmektedir (Luntz, 1977). 1775 yılında 2 yıl önce kendisinin yaptığı gümüş ve fildişi köprülerin yardımıyla Dr. Joseph Warren'ın cesedini teşhis etmiştir. İlk diş kanıtları ABD Mahkemesi'ndeki Webster-Parkman davasında kullanıldı. Dr. Parkman'ın altına kaynaşmış kömürleşmiş mineral diş parçaları tespit edildi ve bu da Dr. Webster'ın asılmasına neden oldu (Amoedo, 1898). Dişlerin kimlik tespitinde yardımcı olarak kullanılabileceği düşüncesi, ilk kez 1887 senesinde ortaya atılmış ve aynı sene Paris'teki Odontoloji Cemiyeti'nin toplantısında onaylanarak uygulanmaya başlanmıştır (Okkesim ve ark., 2018).

Birçok bilim adamı, diş izinin, DNA'dan daha spesifik olduğu düşünülen ısırık izlerinden daha kullanışlı bir kanıt olduğuna inanmaktadır. Genetik yapı her iki ikizde de aynı olabilir, fakat diş izlenimi farklı olabilmektedir (Hemanth ve ark., 2013). Sogannaes ve ark. (1982) ikizlerin ısırık izlerini bilgisayar uygulaması kullanarak karşılaştırmış ve ısırık izlerinin birbirinden farklı ve benzersiz olduğunu bulmuşlardır (Jawaid ve ark., 2016).

Adli diş hekimliği, son yıllarda zaman zaman kullanılmaktan kimlik belirleme prosedürlerinde kilit bir rol oynamaya kadar önemli ölçüde değişmiştir (Adserias-Garriga ve ark., 2018). 1984 yılında Uluslararası Kriminal Polis Teşkilatı (Interpol), kimliği tespit edilemeyen mağdurları tespit etmek için Afet Kurbanı Tanımlama (DVI) adı verilen bir yöntem geliştirdi (Blau ve Briggs, 2011). Interpol DVI yönergelerine göre, DVI'daki birincil tanımlama yöntemleri sürtünme analizi, diş analizi ve DNA analizidir (Interpol, 2018). Basit, kullanıcı dostu ve diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında pahalı olmadığı için, adli odontolojik karşılaştırma, Uluslararası Kriminal Polis Teşkilatı (Interpol) tarafından çok kazalı bir olayın kurbanlarının belirlenmesinde kullanılmak üzere belirlenen üç ana tanımlayıcıdan biri olarak kabul edilir. Olumlu sonucunun, diğer yöntemlerden daha fazla destek almadan kişisel tanımlamaya izin vermesi için yeterli olduğu düşünülmektedir (Forrest, 2019).

Dental kimliklendirme dört şekilde yapılmaktadır:

1. Dişi, çeneyi ve orofasiyal bölgeleri kullanarak
2. Karşılaştırma yaparak
3. Ölüm sonrası rekonstrüktif diş profili çıkararak
4. DNA kullanılarak (Girish ve ark., 2010).

Ölüm öncesi dental kayıt, diş hekiminin hastanın objektif ve subjektif bulgularının not edilmesiyle tuttuğu kayıtlardır. Bu kayıtlar kimliklendirmede yasal olarak kullanılır. Diş hekimi kayıtları, yazılı ve görsel (modeller ve intraoral/ekstraoral fotoğraflar) verilerden oluşur (Lee ve ark., 2004; Canger ve Arslan, 2013). Bu kayıtlara dentisyon, oral ve çevre dokuların fiziksel muayene verileri, laboratuvar testlerinin sonuçları, fotoğraflar, çalışma modelleri eklenerek kayıtlar 7-10 sene saklanmalıdır (Avon, 2004).

Ağızdaki dental implantlarında dikkate alınması dental kimliklendirmede oldukça önemlidir. Diş hekimleri hastadaki implantları da dental kayıtlar sırasında eksiksiz ve güncel hasta kayıt dosyalarına eklemektedirler (Miranda ve ark., 2019).

AM ve PM dental veriler; kişinin cinsiyeti, yaşı, sosyo-ekonomik durumu ve soyu ile ilgili bilgi vererek ölen kişilerden kimlik tespiti yapılmasını kolaylaştırır.

Üstelik birtakım vakalarda dişler, maktulün yaşam biçimi, beslenme alışkanlığı, mesleği ve hatta hastalık durumuna ilişkin bilgi verebilir (Pretty ve Sweet, 2001).

Diş kayıtlarına zor ulaşılması, kayıtların güvenilir bir şekilde saklanmaması ve diğer dişlerdeki bozukluklar dental kimliklendirmede genellikle yetersizliğe neden olur (Lorkiewicz ve ark., 2009). AM kayıtlar bulunmadığında ve kimliklendirme için başka araçların olmadığı durumlarda adli diş hekiminin ceset üzerinde yaptığı araştırmalar PM kayıtlar olarak yazılır. Adli diş hekimi, diş yapılarını ve radyografları dikkatli bir şekilde çizelgeleyerek ölüm sonrası diş kayıtlarını oluşturur (Pretty ve Sweet, 2001).

Amerikan Adli Odontoloji Kurulu (ABFO), dental kimliklendirme sonucunun 4 gruba ayrılması gerektiğini belirtmişlerdir: (Pretty ve Sweet, 2001; Avon, 2004; Bilge, 2005).

1. **Pozitif kimliklendirme:** Antemortem ve postmortem verilerin karşılaştırılarak yeterli delilin elde edilmesiyle doğru eşleştirmenin sağlanması.
2. **Olası kimliklendirme:** Antemortem ve postmortem veriler kıyaslandığında eşleşen benzerliklerin bulunması fakat kanıtların pozitif kimliklendirme için yeterli olmaması.
3. **Yetersiz delil:** Karşılaştırılan kanıtların, kimliklendirme için yeterli olmaması.
4. **Dışlama:** Antemortem ve postmortem veriler kıyaslandığında belirgin farklılıkların bulunarak pozitif kimliklendirmenin mümkün olmaması

Toplumsal afetler ve cesetlerin kimliklendirilmesinde, eğitim, mülk satışı, miras davaları, herhangi bir yasal belge, tecavüz, boşanma, evlilik durumlarında cinsiyetin belirlenmesi oldukça önemlidir (Subramanyam, 2001; David ve Paul, 2010; Prachi, 2012). Cinsiyet belirlenebilirse yalnızca o cinsiyetteki kayıp kişileri araştırmak gerekeceğinden kimliklendirme epey kolaylaşır. Cinsiyetin belirlenmesi şüpheli sayısını yarıya indirdiğinden yaşın belirlenmesinden daha değerlidir (Richardson ve Malhotra, 1975).

Dişler iskeletteki en sert doku olduklarından postmortem (ölüm sonrası) olayların çoğundan zarar görmedikleri için cinsiyetin belirlenmesinde kullanılan kemikler (kranial kemikler, uzun kemikler, pelvis vb.) deforme olduğunda veya bulunamadığında dişler tercih edilir. Odontojenik olarak cinsiyet belirlenmesinde biyokimyasal, metrik ve non-metrik yöntemler kullanılır (Karşlıoğlu ve Çıtır, 2022).

Diş hekimliğindeki kimliklendirmede, DNA örnekleri, dental protezler, fasiyal rekonstrüksiyon, diş, ısırık, dil ve dudak izleri, fotoğraflar, palatal ruga paterninin incelenmesi (rugoskopi) gibi yöntemler kullanılır.

AM kayıtların eksik olduğu ve cesetlerin tanınmasının zor olduğu durumlarda **DNA testi** uygulanır (Kaneko ve ark., 2015). Suçlu veya kayıp kişilerin kimliklendirilmesinde diş kalıntılarından DNA elde edilebilir. Kimliği bilinmeyen kişinin dışından elde edilen DNA dizisi, depolanmış kan, diş fırçası, saç fırçası, kıyafet, servikal smear, biyopsi veya bir ebeveyn veya kardeşten izole edilen örnekler gibi bilinen AM DNA örnekleriyle eşleştirilebilir (Manjunath ve ark., 2011).

Dental DNA örnekleri, diğer kemiklerden elde edilen DNA örneklerine (örneğin, femur gibi kalın kortikal dokuya sahip uzun kemiklerden) kıyasla daha iyi korunabilir ve daha başarılı bir DNA dizisi elde edilebilir, çünkü DNA diş minesinde yüksek oranda korunur (Sosa ve ark., 2012). Postmortem fazın başlamasıyla birlikte endojen hücre içi nükleazların salınması, DNA'nın ayrışmasına neden olur. Ancak dişlerin içerdiği DNA, dişin yapısındaki sert mineral ve az gözenekli dokusu ile enzimatik bozulmaya karşı yüksek oranda korunur (Higgins ve Austin, 2013). Çok sayıda odontoblast, fibroblast, endotel hücresi, farklılaşmamış mezenkimal hücreler ve çekirdekli kan hücrelerini içeren pulpa dokusu, izole edilecek uygun miktarda DNA sağlar (Shah ve ark., 2019). DNA ekstraksiyonu, tüm insan tanımlama yöntemleri arasında en değerli tekniklerden biri olabilir, fakat uygulanan tekniklerin hassasiyeti, yüksek maliyeti ve zaman alıcı bir yöntem olması gibi dezavantajları vardır (Yazdanian ve ark., 2022).

DNA analizi, kimliği belirsiz kişilerin kimliğinin belirlenmesindeki rolüne ek olarak, mağdurlar veya failler üzerinde bırakılan ısırık izlerinin belirlenmesinde de önemli bir rol oynar ve kanıtları potansiyel bir şüpheliyle ilişkilendirebilir (Ishikawa ve ark., 2021). Tehlikeli koşullara en dirençli olan diş dokuları, tüm çevresel etkilere

rağmen sıcaklık, nem ve pH ortamından etkilenmediğinden insan kalıntılarında DNA'nın geri kazanımı artmıştır. Bu nedenle, ciddi şekilde çürümüş bedenler söz konusu olduğunda, diş pulpası dokularından DNA ekstraksiyonu mümkündür ve önemli bir miktar kolaylıkla toplanabilir (Sweet ve Sweet 1995; Schwartz, 1991). DNA analizi kullanılarak pozitif kimlik tespiti oluşturulması, genellikle X-ışını, diş çizelgeleri ve fotoğraflar gibi diğer araçlarla tamamlanır ve bu da kimliklendirme sonucunun mantıksal temelini güçlendirir ve genişletir (Zahrani, 2024).

Protez ve protetik kimliklendirme, diğer tanımlama yöntemleriyle birlikte kullanıldığında adli diş hekimliğinde değerli araçlardır. Protezin tasarım detayları, fotoğraflar ve protez imalatında kullanılan materyallerle ilgili bilgiler, bir bireyin tanımlanması için yeterli bilgiyi sağlar (Thomas ve ark., 2014; Ramalingam ve ark., 2015). Hastaya ait isim, soy isim, telefon numarası, kimlik numarası, adresi vb. bilgilerinin proteze etiketlenmesi adli vakalarda oldukça yararlıdır. Ancak ülkemizde genellikle kullanılan bir yöntem değildir (Stenberg ve ark., 1998). Protez etiketleme, benzersiz kullanıcı ayrıntılarının manuel olarak veya bilgisayar baskılı mikro etiketleme sistemi ve barkodlama ile protez yüzeyine kazındığı bir yöntemdir. Sabit restorasyonların ve protezlerin kazınması uygulaması her diş hastası için son derece kabul görmüş ve tavsiye edilmiştir (Kamath ve Kamath, 2005). Protez etiketleme inklüzyon ve yüzey etiketleme olmak üzere iki şekilde yapılır. Inklüzyon sisteminde metal, ametal, mikro etiket ve mikroçipler protez kaidesinin içine gömülür. (fotoğraf ekleme, Youngs, Reesons, lentiküler kart, mikro etiketleme yöntemi vb.) (Rathee ve Yadav, 2014). Ölüm sonrası tanımlamayı mümkün kılmak için, bu tür mikro etiketleme yöntemlerinin verimli, kolayca tanımlanabilir, sağlam olması ve yangın veya aşırı çevre koşullarından kaynaklanan hasara karşı dayanıklı olması gerekir. Aynı zamanda bu mikro etiketlerin biyolojik olarak inert olması ve estetiği etkilememesi gerekmektedir (Venkat Nag ve Shenoy, 2006). Yüzey etiketleme yöntemindeyse ispirtolu kalem ya da kurşun kalem kullanılır (fiber uçlu kalem yöntemi, kabartma, gravür, lazer etching vb.). Protez etiketlemede ısı ve kimyasal faktörlerden etkilenmeyecek yöntemlerin kullanılması tavsiye edilmektedir (Richmond ve Pretty, 2006).

Postmortem veriler kimlik tespiti için yeterli olmadığında, kişinin özellikle **yüz profilinin ve dış görünümünün rekonstrüksiyonu** gereklidir. Yüz

rekonstrüksiyonu süreci, anatomik yapıların benzersiz kemik özelliklerini belirlemek için iskelet kalıntılarının kapsamlı bir analizini içerir (Zahrani, 2024). Ve ön dişlerin pozisyonları önemlidir (Rehani ve ark., 2011). İskelet kalıntılarında bir bireyin yüzünün modelini yapmak, adli kimlik tespiti ve soruşturma için yararlı bir araçtır (Zahrani, 2024). Geleneksel yöntemlerle kimliklendirme yapılamadığında bu yöntem uygulanmaktadır. Kişinin kimliklendirilmesi amacıyla yumuşak doku ve kemik arasındaki ilişkiden yararlanılarak, yumuşak doku kafatası üzerinde tekrar oluşturulur (Tedeschi-Oliveira ve ark., 2009; Cavanagh ve Steyn, 2011; Lee ve ark., 2012; Fernandes ve ark., 2012). Böylelikle, kişinin ailesi ve arkadaşları aracılığıyla pozitif kimliklendirilmesine yardımcı olunur (Karşlıoğlu ve Çıtır, 2022).

Adli yüz rekonstrüksiyonu için plastik heykel ve bilgisayar tabanlı yöntemleri içeren çeşitli teknik yaklaşımlar kullanılmıştır. Her iki yöntem için de yüz özelliklerinin tahmini, bireyin ortalama yüz oranlarına dayanır ve teknik, yaş, cinsiyet ve antropolojik özellikler gibi benzersiz varyasyonlar göz önünde bulundurularak daha da optimize edilir. Plastik heykel yöntemi, hala uygulamada olmasına rağmen, eski bir teknik olarak kabul edilir ve bilgisayar tabanlı metodolojilerin ortaya çıkışından bu yana nadiren kullanılmaktadır (Stavrianos ve ark., 2007).

Günümüzde iki boyutlu (Taylor, 2001), üç boyutlu manuel (Gatliff ve Snow, 1979; Gerasimov, 1971) ve üç boyutlu bilgisayar destekli pek çok adli yüz rekonstrüksiyon tekniği uygulanmaktadır (Kahler ve ark., 2003; Wilkinson, 2003; Fernandes ve ark., 2013). İki boyutlu rekonstrüksiyon yönteminde; yumuşak doku derinlik tahminleri kullanılarak kafatasına kil veya alçı bloklar yerleştirilir. Kafatası ön ve yandan fotoğraflanarak fotoğrafların üstüne yüz çizilir (Taylor, 2001; Harorlı, 2006). Üç boyutlu manuel rekonstrüksiyondaysa; anatomik (Rus), antropometrik-yumuşak doku kalınlığı (Amerikan) ve Kombinasyon Manchester (İngiliz) yöntemleri kullanılır. Yumuşak doku kalınlığı yönteminde ise kil parçaları doku kalınlığı tahminleri baz alınarak kafatası üzerinde oluşturulur (Lebedinskaya ve ark., 1993). Anatomik metottan daha kolay bir yöntemdir. Bilgisayar destekli yüz rekonstrüksiyonu, devrim niteliğinde yeni bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır ve birden fazla tekrarlanabilir 3D temsil oluşturma yeteneğine sahiptir. Dijital radyograflar ve bilgisayarlı tomografi (BT) kullanılarak iskelet verilerinin

toplanmasına dayanan bu teknik hızlı, hassastır ve kayıp veya ölmüş bir bireyin kimliğinin tespit edilme olasılığını artırır (Khatrı ve ark., 2017). Kafatası lazerle taranarak elde edilen veriler bilgisayara aktarılır. Bilgisayar üzerindeki veri tabanlarına göre rekonstrüksiyon gerçekleştirilir. Bilgisayar destekli yöntemler tutarlı ve objektif sonuçlar verdiğiinden kimliklendirmede kullanılmaları tavsiye edilmektedir (Turner ve ark., 2005; Tu ve ark., 2007; Romeiro ve ark., 2014; Shui ve ark., 2016; Shui ve ark., 2017). Yapılan bir çalışmada bilgisayarlı tomografi yoluyla yapılan üç boyutlu rekonstrüksiyon işlemlerinin maliyetli bulunmasına rağmen, tanımlamada yararlı olabileceği görülmüştür (Kirchhoff ve ark., 2008). Rekonstrüksiyonda kullanılan yöntemlerin hepsinde yüz yüzeyi ya kraniyofasiyal anatominin rekonstrüksiyonu ya da kafatasının iskelet yüzeyinin matematiksel ekstrapolasyonu ya da her iki tekniğin bir kombinasyonu yoluyla tahmin edilir (Evison ve ark., 2016). Bazı kişilerin sahip olduğu benzer yüz özellikleri nedeniyle, yüz rekonstrüksiyonu tek pozitif tanımlama yöntemi olarak kabul edilemez ve en iyi ihtimalle tanımlama yerine dışlama amacıyla kullanılabilir (Zahrani, 2024).

Ameloglifler (Diş İzlerinin İncelenmesi, Diş imzası); Diş imzası olarak bilinen diş izleri, bireysel tanımlama için güvenilir bir araç olarak önerilmiştir. Bunun nedeni, her birey için diş setinin ve mikro yapılarının benzersiz olması ve aynı zamanda erkekler ve kadınlar arasında farklılık göstermesidir (Juneja ve ark., 2016). Adli diş hekimliğinde diş izi, bir dişin minesini içinde yüksek derecede kalsifiye olmuş ayırt edici yapılar olan ve ayrışmaya, yangın veya elverişsiz çevre koşullarından kaynaklanan hasara karşı dirençli olan mine çubuklarının modelini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Mine çubukları ameloblastlar tarafından yerleştirilir, diş minesini oluşturan hücreler, diş gelişimi sırasında geride bir prizma morfolojisi bırakır ve asla yeniden şekillenmez (Christabel ve ark., 2021). Mine çubuk ucu desenleri, minenin ayrışmaya direnebilmesi nedeniyle ayrılmış veya yanmış cisimlerde bir tanımlama aracı olarak yardımcı olabilir (Juneja ve ark., 2016). Diş minesini insan vücudundaki en sert mineralize madde olmasına rağmen, mine yüzeyi genellikle mikro ve makro aşınmaya uğrar. Kırılmış, çürümüş, atrizyon, abrazyon ve erozyona uğramış dişler bu yöntemde dahil edilemez (Kavitha, 2009). Mine çubuk desenlerinin özel çalışması, insan tanımlaması için güvenilir bir biyometrik araç olarak kullanılabilecek ameloglif olarak da adlandırılır (Beena ve

ark., 2018). Bu potansiyel teknik umut vericidir ve ölen bireylerin daha iyi tanımlanması için diğer geleneksel biyometri ile ek bir araç olarak kullanılabilir. Fakat amelogliflikler henüz başlangıç aşamasındadır ve diş izlerinin minenin farklı derinliklerinde aynı olup olmadığı daha ileri çalışmalarla değerlendirilmelidir (Kavitha, 2009).

Çeşitli suç ve saldırı vakalarında, dişlerin ve diş dokularının insan derisinde ve yumuşak dokularında bıraktığı izlere **ısırık izi** denir (Pretty ve Sweet, 2001). Isırık izi analizleri adli diş hekimliğinin kimliklendirme anlamında en önemli araştırma ve çalışma alanlarından biridir. Isırık izi; insan veya hayvan tarafından oluşturulmuş şekilli bir yara olarak da tarif edilebilir (Senn ve Stimson, 2010). Isırık izleri, tek yumurta ikizlerinde bile bireylere özgü olsa da, mahkemelerde ısırık izi kanıtlarının kabul edilip güvenilirliğinin sağlanması için, doğrulanması ve dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir (Zainab ve ark., 2018; Dama ve ark., 2020). Isırık izlerinin belirlenmesi, tanımlanması ve değerlendirilmesi özellikle görgü tanığının bulunmadığı cinsel saldırı veya kriminal olaylardaki ikinci kişi veya kişilerin tanımlanması için önemli delillerdir (Vale ve ark., 1988). Isırık izi deri, sakız, yiyecek ve kıyafetlerden elde edilebilir. Ancak deriden elde edilen ısırık izleri, yaralanma ya da postmortem dönemde deride oluşan değişikliklerden dolayı güvenilir değildir (Bowers, 1997). İnsan ısırık izleri genellikle iki karşıt U şeklinde kemer oluşturan kesici dişler, köpek dişleri ve küçük azı dişleri tarafından bırakılır. En belirgin işaretler, normal mesafesi 25-40 mm olan maksiller köpek dişleri tarafından oluşturulur (Maji ve ark., 2018). İnsana ait ısırık izi 25-40 mm çapında eliptik veya dairesel biçimde görülmektedir. Kesici dişlere bağlı dikdörtgen, kanin dişlere bağlı üçgen şekilli izler oluşur. İnterkanin mesafeye ait ısırık izleriyle insan ya da hayvan kaynaklı yaralanmalar ayırt edilebilir (Tedeschi-Oliveira ve ark., 2009).

Isırık izi kanama, ödem ve zaman aşımına bağlı olarak değişikliğe uğradığından, ölçek cetveli ile işaretlenmiş fotoğraflarının hemen çekilerek veya ısırık yüzeyinin bir izleniminin elde edilerek ısırık izlerini korumak çok önemlidir. Vinil, polisiloksan veya polieter gibi ince ölçü malzemelerinin kullanılması, etkili eşleştirme ve dışlama prosedürlerine katkıda bulunan dental özelliklerin tanımlanmış bir kaydını sunar (Sehrawat, 2023). Isırık izi analizi ilk olarak görsel muayeneyle yapılır ve gerekli kayıtlar tutulur. Isırık izinin konumu, izlerin bulunduğu yerin düz

veya kavisli şekli, deri altı yapısı, kas, yağ, kemik ve kıkırdak dokusunun varlığı, izlerin bulunduğu dokunun fıkse ya da mobil olması, rengi, şekli, vertikal ve horizontal boyutları ve yara tipi gibi özellikler kaydedilmelidir. Daha sonra ısırık izi fotoğraflanır (Bowers ve Bell, 1997). Isırık izi karşılaştırılırken ısırık izinin fotoğraf çekiminde çok dikkatli olunarak fotoğraf makinesi mümkün olduğunca ısırık izine dik tutularak ölçekli bir skalayla birlikte çekilmelidir (Vale ve ark., 1988). Isırık izinden ve şüpheliden DNA analizi için tükürük örneği de alınarak deliller raporlanmalıdır. Anterior dişlerin insizal kenarlarının şekil ve boyu, dişlerdeki rotasyon kırık, atrizyon, konjenital malformasyon gibi karakteristik değişiklikler suçlunun kimliklendirilmesi için belirtilmelidir. Bu gibi bireysel özellikler bulunmadığında ya da ısırık izi iyi kaydedilmediğinde, kimliklendirme yapılamamaktadır (Rothwell, 1994).

Isırık izlerini değerlendirmenin güvenilir yöntemlerinin kapsamlı bir açıklaması, ASFO tarafından yayınlanan en son el kitabında, "İnsanlardan ve Cansız Nesnelerden Isırık İzi Örüntü Tanıma ve Toplama: İnvaziv Olmayan Analiz" başlıklı bölümde bulunmaktadır (Rivera-Mendoza ve ark., 2018). Bu kılavuza göre, ısırık izi modellerini analiz etmek için çeşitli teknikler kullanılabilir. İnsan ısırık izlerini tanımlamak için en doğru modellerden biri diş kalıplarıdır. Ayrıca, gönüllülerin kil, balmumu levha, strafor levha ve insan derisi üzerindeki ısırık izlerinin kaplama ile kaydedilmesi, Amerikan Adli Tıp Odontolojisi Kurulu tarafından önerilmektedir (Zainab ve ark., 2018). Kaplamalar, el izleme, xero grafik görüntüler veya X-ışını filmleri aracılığıyla elde edilir. Daha sonra, bu gerçek boyutlu kaplamalar tarafından oluşturulan izlenimler, suç mahallinden veya şüphelinin dişlerinden elde edilen ısırık izi kanıtlarıyla karşılaştırılarak tahmin edilir (Pallam ve ark., 2016). Konik Işınlı Tomografi, özellikle gıda maddelerindeki ısırık izlerini analiz etmek için önerilen bir başka adli tekniktir (Marques ve ark., 2013). Vücudun konumu, ısırık izi görünümünde farklılıklara neden olabilir (Saks ve ark., 2016)

Dil izi; kişilerin dil görüntüsünü, dilin geometrik şeklini ve dilin yüzey dokusunu içerir. Dil şekil ve dokusuyla karakteristiktir (Kiranmai ve ark., 2017). Monozigotik ikizlerde bile önemli farklılıklar bulunmaktadır (Musa ve ark., 2014). Ayrıca muayenesi kolaydır ve ağız içinde korunaklı bir şekilde bulunduğu için parmak izi gibi çevresel faktörler sebebiyle çok fazla deforme olmaz (Gaganpreet ve

ark., 2015). Böylelikle bir tanımlama yöntemi olarak şeliyoskopi (dudak izi) ve rugoskopi (ruga izi) gibi yöntemlerle birlikte kimliklendirmede kullanılabilir (Khan ve ark., 2023; Nagalaxmi ve ark., 2015). İnsan dili, taklit edilebilirliğinin zor olması sebebiyle de diğer kimliklendirme yöntemlerine göre daha özeldir (Kiranmai ve ark., 2017). Dil izi, parmak, avuç içi ve ayak izlerinde gözlenene benzer bir görünüme sahiptir ve diğer biyometrik araçlarla karşılaştırılabilir güvenilir bir biyometrik kimlik doğrulama aracı olabilir (Zhang, 2002). Dil izi kişinin yaşamı süresince değişmemektedir (Choras ve Ryszard, 2016) Dilin şişmesi durumunda dil geometrisi değişse bile dil papillalarının yerleri sabit kalmaktadır. Dil izi analizi detaylandırılması gereken önemli bir konudur. Ülkemizde dil izi üzerinden biyometrik kimliklendirme çalışmaları henüz yapılmamıştır. Dünya çapında da bu çalışmalar oldukça sınırlıdır (Erdoğan, 2019). Bir çalışmada fissürlü ve coğrafik dilin kadınlarda daha fazla olduğu, dil ucunun kadınlarda sivri, erkeklerde septalı olduğu ve dil uzunluğu ile genişliğinin erkeklerde daha fazla olduğu bildirilmiştir (Radhika ve ark., 2016).

Kimliklendirmede farklı bireylere ait kişilerin dil izleri alınır ve veri tabanı hazırlamak için ortak bir ölçekte toplanır. Dil görüntüsü bireysel görüntüye verilen isim olarak kaydedilir. Böylelikle kayıtlı görüntüler dilin eşsiz özelliklerini göstermek için önceden işlenir. Tıpkı çeşitli biyometrik yöntemlerdeki fizyolojik özellikler gibi bireyin dil izinin de kendi içerisinde eşsiz bir yapısı vardır. Her bireyin dil izi özeldir. Öncelikle dil benzersiz bir geometrik yapıya sahiptir ve kolay ulaşılabilen tek iç organdır ve dil izi kimliklendirmede çok fazla değiştirilip yönlendirilemez (Liu ve ark., 2007).

Dil izi analizinde izlenmesi gerekli basamaklar vardır;

- Dil fotoğrafının elde edilmesi
- Fotoğrafın kaydedilmesi
- Belgenin doğrulanması
- Fotoğrafın özelliklerinin çıkarılması
- Eşleştirme
- Karar Verme (Chopra ve ark., 2012)

Bununla birlikte dil yüzeyinin benzersiz özelliklerini yakalamak için çeşitli teknikler tanıtılmış ve rapor edilmiştir. Sırt yüzeyi ve yan sınırlar dahil olmak üzere dilin bir izlenimi, yüzey özelliklerini tam olarak ortaya çıkarır ve kalıcı bir kayıt görevi görebilir (Radhika ve ark., 2016). Dil izlerini kaydetmek için geleneksel metodoloji cam plakaların kullanımını içermesine rağmen, son zamanlarda özel film kullanan daha gelişmiş bir yöntem kullanılmıştır ve tekniğin kontrast madde ve kızılötesi fotoğrafçılığın kullanılmasıyla geliştirildiği bildirilmektedir (Jeddy ve ark., 2017). Ayrıca video yakalama ve dijital yazılım teknolojisinin kullanımı, dil izlerinin görüntü analizinde yeni bir boyut sunar, burada renk ve renk tonu ayarlaması, olası pozitif tanımlama için veri tabanı eşleştirmesini mümkün kılabilir (Javed ve ark., 2021). Dil izinin kullanımı potansiyel bir biyometrik araçtır ve devam eden araştırma ve doğrulamayla yöntemin güvenilirliği umut vadetmektedir (Zahrani ve ark., 2024).

Şelioskopi ve dudak izi tekniği dudak biyometrisi olarak bilinir. Temel olarak desen, şekil, boyut, çizgiler, oluklar, izler ve kırışıklıklar gibi dudak özelliklerinin benzersizliğine dayanır (Prabhu ve ark., 2010). Dudak izleri, tek yumurta ikizleri dışında kişiye özeldir (Gondivkar ve ark., 2009). Kadın ve erkeklerdeki dudak oluklarındaki farklılıklar cinsiyet tespitinde kullanılabilir (Sharma ve ark., 2009). Kadavra üstünde yapılan bir çalışmada ölümden sonra fiksasyon yapılsa dahi dudak izinin morfolojisinde bozulmanın olmadığını ve kimliklendirmede kullanılabileceğini bildirilmiştir (Utsuno ve ark., 2005). Dudak izleri adli vakalarda olay yerindeki giysi, kapı, pencere, bardak, sigara, kaşık vb. eşyalardan elde edilebilen ve olayların aydınlatılmasında etkili olan delillerdendir (Sharma ve ark., 2009). Adli odontolojide kişisel kimlik tespiti için dudak izinin kullanılması dünya çapında ceza adalet sisteminde kabul edilmiş bir yöntemdir. Yapılan herhangi bir izde her zaman görünen bir alan olan alt dudağın orta kısmından ölçüler alınır ve karakteristik desenler üzerinde çalışılır (Kavitha, 2009).

Dudak izleri minör travma, inflamasyon ve uçuk gibi hastalıklardan sonra iyileşerek eski halini alırlar (Tandon ve ark., 2017; Sharma ve ark., 2009). Bununla birlikte, patoloji, cerrahi sonrası değişiklik veya ön dişlerin kaybına bağlı destek kaybı sebebiyle paterni değişebilir (Chugh ve Narwal, 2017). Dudak izi kaydını çeşitli faktörler değiştirebilir. Dudak izleri, dudakta ölüm sonrası değişikliklerden oluşabilecek hatalı verileri önlemek için ölüm anından itibaren 24 saat içinde

alınmalıdır. Dudak izi deseni, ağzın açık veya kapalı olmasına bağlıdır. Kapalı ağız pozisyonunda, dudak iyi tanımlanmış oluklar sergilerken, açık pozisyonda oluklar nispeten kötü tanımlanmıştır ve yorumlanması zordur. Mukosel gibi dudağın herhangi bir patolojisi veya dudakta ameliyat sonrası herhangi bir değişiklik, dudak izi desenini değiştirebilir. Dudak yüzeyindeki herhangi bir kalıntı veya kalıcılık, kalın bir ruj tabakasının uygulanması veya selofan bandın aşırı gerilmesi dudak izi kaydını değiştirebilir. Dudak izleri bireye özgü olsa da, çizgiler belirgin olmadığında, iz yara izleri, yarıklar vb. gibi daha fazla bireysel özellik içermedikçe, bu ize dayanarak bireyin tanımlanması son derece zordur (Kavitha, 2009). Şeiloskopi ve dudak izi ek kanıt olarak kabul edilse de, ısırık izi ve DNA profillemesi gibi ek yöntemlerle birlikte kullanılması, ölen bir bireyin kimliğinin belirlenmesini sağlama olanaklarını genişletmektedir (Dineshshankar ve ark., 2013).

Palatal rugalar, damağın anterior üçte birinde, üst ön dişlerin ve insiziv papillanın hemen arkasında bulunan, düzensiz fibröz bağ dokusundan oluşan anatomik çıkıntı, kıvrımlar veya kırışıklardır (Jain ve ark., 2014). **Rugoskopi** ise damak sırtlarının veya rugaların sayısının, şeklinin, uzunluğunun, yönünün ve birleşme modelinin incelenmesine ve analizine dayanan bir kimliklendirme tekniğidir (Singal, 2015). Rugalar, intrauterin yaşamın üçüncü ayından itibaren gelişmeye başlarlar, ömür boyu ağızda bulunurlar ve oral ve para-oral yapılarla korunduklarından çevresel etkenlere karşı dayanıklıdırlar (Kamala ve ark., 2011). Çalışmalar, damak rugalarının ikizler dahil her birey için benzersiz olduğunu ve parmak izlerine benzer şekilde stabil olduklarını böylelikle insan tanımlaması için güvenilir bir referans olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Alshammari ve ark., 2022; Fahmi ve ark., 2001; Jacob ve Shalla, 1987; Mahajan ve ark., 2014; Shamim, 2013).

Rugalar son derece karakteristik olmalarına rağmen, rugoskopinin güvenilirliği diş çekimi, yaşlanma, travma, ortodontik tedavi, periodontal cerrahi, bazı tıbbi ve patolojik durumlar nedeniyle ruga şekli değişebildiğinden zarar görmektedir (Shamim, 2013; Ohtani ve ark., 2008). Diğer yandan, palatal ruga şeklinin yaş ve diğer dış etmenlerle (ortodontik tedavi, diş çekimleri, periodontal cerrahi vb.) değişebildiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte, bu teknik tamamlayıcı bir yöntem olarak ve diğer tanımlama yöntemleriyle birlikte yararlıdır (Alshammari ve

ark., 2022; Sanjaya ve ark., 2012). Yaşla birlikte ruga sayısında belirgin bir azalma olduğu belirlenmiştir. Adli kimliklendirme amacıyla rugaların karşılaştırılması; fotoğraflar, alınan çene modelleri üzerinden doğrudan incelemeler veya bilgisayar programları yardımıyla yapılır. Fakat bu metot ancak palatal ruganın AM kaydı varsa geçerlidir (Ohtani ve ark., 2008). Fotoğraf, adli diş hekimliğinin en önemli uygulamalı protokollerinden biridir. Odontolog ve patolog için yaralanmaları ciltte görüldüğü gibi fotografik olarak kaydetmek en önemli beceridir. Fotoğraflar genellikle, kurbanların yaralarının tek kalıcı kayıdır (Jain ve ark., 2013).

Dental fotoğraflar; palatal ruga incelemelerinde, ısırık izinin analizinde, dil ve dudak izinin belirlenmesinde veya istismar, darp, malpraktis durumlarında kanıt elde edilmesinin ve korunmasının sağlandığı en yaygın ve en kolay tanı yöntemidir (Nagi ve ark., 2019; Okkesim ve ark., 2018). Diş kayıtları eksik olduğunda ya da yazılı dental kayıtlar bulunmadığında, adli diş hekimliği fotoğrafçılığı, çok yönlü ve kalıcı dental kanıtların sağlanmasında sağlıklı, kolay ve hızlı bir metot olduğundan önemlidir. Bununla birlikte dişlerin ölçülerini, şekillerini, konumlarını, kapanışı, diş çevresindeki oral epitelin durumunu, dolguların şekillerini ve sınırlarını, restoratif ve protetik materyalleri belirlemek ve kanıtlamak için uygulanır (Afsin, 2001). Ölen kişinin yüzünün tanınabilir olduğu durumlarda ağız içi fotoğraflar doğrudan kimlik tespiti için uygulanabilirken, yüz şeklinin tamamen bozulduğu durumlarda ağız içi fotoğraflar daha uygulanabilir hale gelmektedir, çünkü ağız içi fotoğraflar florozis, abrazyon, diş atrizyonu, mine dekalsifikasyonları ,mine kırık ve çatlakları ve alt kanin dişin anatomisi gibi sert dokular hakkında bazı yararlı verileri ortaya çıkarabilir (Reddy ve ark., 2016). Ayrıca, gülümseme fotoğrafları, kurbanın dişlerinin yaşamı boyunca önemli bir kanıttır (Silva ve ark., 2015).

Fotoğrafların adli kanıt özelliği taşıması için, belirli kurallara uyması ve standardize edilmiş tekniklerin uygulanması gerekmektedir (Afsin, 2001; Gouse ve ark., 2018). Fotoğraf alınırken, suç mahalli güvence altına alınmalı, mağdurların yeri, yaralanmaları ve durumları kaydedilmelidir. Işık, hava durumu, kamera ayarları gibi koşullar değerlendirilmelidir. Fotoğraf çekilirken; gerçek renklerin belirlenebilmesi için renk skalası, fotoğrafta ölçüm gerçekleştirilebilmesi içinse ölçüm skalasından (genellikle Amerikan Adli Diş Hekimliği Kurulu'nun (ABFO) No: 2 ölçeği tercih edilir) yararlanılmalıdır. Detayların kaybolmasının önlenmesi amacıyla arka planının

aydınlık olmamalıdır. Çünkü renkli ya da karışıklık olan bir arka planda fotoğrafların çekilmesi renklerin yansımalarına ve kamufle olmasına neden olur. Hem geniş açılı hem de yakın çekimler kullanılarak tüm olay yeri çekilmeli ve fotoğraf çekiminde distorsiyonun azaltılması için doğru çekim açısı kullanılarak objektif düzlemiyle travma izi ya da delil düzlemi birbirine paralel olmalıdır. Fotoğraflar, yüz ve çenelerin yakın çekimlerini, maksiller-mandibular dişlerin kapanış ilişkisini ve dişlerin dudakla ilişkili yüzeylerini de içine almalıdır (Yaşar ve ark., 2004). Isırık, parmak ve ayak izlerinin algılanması için, renkli filtreler, lazerler, mavi/yeşil ışıklar gibi diğer ışık kaynakları kullanılmalıdır (Gouse ve ark., 2018). Eğimli yüzeye sahip, dental ark burun vb. bulgulardaysa çok sayıda fotoğraf çekilerek her bulgudan en az üç fotoğraf alınmalıdır. Film negatifleri, filmlerin kalitesinin etkilenmemesi için ışığa maruz bırakılmamalı, sınırlı erişimin olduğu, kilitli bir alanda saklanmalıdır (Yaşar ve ark., 2004).

Kişiden alınan antemortem ve postmortem radyografik kayıtlar değerlendirilir ve birbiriyle kıyaslanarak yorumlanır. Dental radyografılar dişler ve çenelerle ilgili kimliklendirmede kullanılabilecek tanımlayıcı bilgiler içerir.

2.3. Adli Diş Hekimliğinde Kullanılan Radyografik Teknikler

Adli radyolojinin adli tıpta kullanımı çok eski yıllara dayanmaktadır. 1895 yılında ilk radyografi, Conrad Roentgen tarafından keşfedildi. (Manigandan ve ark., 2015). 1896 yılında Prof. Arthur Schuster, ölen bir kişinin kafasındaki kurşun mermileri görselleştirmek için X-ışınları kullandı (Eckert ve Garland, 1984). Yine 1896 gibi erken bir tarihte klinik diş hekimliğinde radyografinin ilk uygulaması başlamıştır. (Wuehrmann ve Manson-Hing;1981) 1898'de ölüm sonrası radyografik inceleme başlatıldı. (Manigandan ve ark., 2015).

1919 yılında, Kuzey Amerika'da radyoloji mahkemeler tarafından suçların çözümünde adli kimlik tespiti aracı olarak kabul edildi (Tarani ve ark., 2017). Kimliklendirmede radyografik tekniklerin ilk kaydedilen kullanımı 1921'de Schuller tarafından yapılmıştır (Schuller, 1921). Schuller, frontal sinüslerin radyografilerini karşılaştırdı (Carvalho ve ark., 2009).

Radyografinin adli diş hekimliğinde kullanılması,1932 yılında bir ısırık izi yarısı durumunda adli diş kimlik tespitinde kullanımına ilişkin bir rapor ile başladı (Ruck, 1932). Dental radyografilerin bireysel tanımlamada önemli bir rol oynadığı ilk belgelenmiş vaka Adolf Hitler'dir (Tarani ve ark., 2017). 2. Dünya savaşı sonrasında Adolf Hitler'in cesedi üzerinde radyografi yöntemi kullanılarak dental kimlik tespiti yapılmıştır. Hitler'in sağ alt çenesinde bulunan altın kaplama, kimlik tespitinde oldukça belirleyici olmuştur.

1967 yılında Sir Godfrey Hounsfield tarafından bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tanıtıldı. BT içinde çeşitli yeni teknikler geliştirilmiştir ve bu tekniklerden biri de çok kesitli BT'dir. Bu, adli çalışmalarda büyük ölçüde popüler hale geldi ve şu anda ölüm öncesi ve ölüm sonrası radyografileri karşılaştırmak için "Altın Standart" olarak kabul edilmektedir (Tarani ve ark., 2017). 1991 yılında Happonen ve ark. çene ve ilgili yapıların tek bir radyografi olarak görüntülenmesini sağlayan ortopantomografinin kimliklendirmede kullanılmasını önermiştir. Aynı yıl, Haerting ve ark. panoramik dental radyografinin karşılaştırmalı radyografi için düzenli olarak güncellenen ve "gerçekten güvenilir tek kimlik kartı" olduğunu belirtmişlerdir (Kumar ve ark., 2015).

1994 yılında Austin ve Maples, görüntü üst üste bindirme yöntemlerinin doğruluğunu değerlendirmek için bir çalışma tanımlamış ve iki AM radyografi (önden ve yandan görünüm) ile ve dental veriler olmadan tanımlama yapılabileceği sonucuna varmıştır (Austin-Smith ve Maples, 1994). 1995 yılında Andersen ve Wenzel, AM ve PM simülasyon yoluyla, skrolama sistemine dayalı olarak (1-dışlama, 2-olası, 3-benzer, 4-kesin) geleneksel bite-wing filmlerini ve radyografik çıkarmayı analiz ederek bireysel tanımlama kapasitesini değerlendirdiler (Andersen ve Wenzel,1995).

Adli radyologlar, görüntüleri yakalamak için geleneksel yöntemleri kullanıyorlardı. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, NOMAD (Aribex, Charlotte, Kuzey Carolina, ABD tarafından üretilen taşınabilir el tipi X-ışını üreten cihaz), bilgisayarlı tomografi (BT), konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), çok kesitli BT (MDBT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi daha yeni donanımlar yavaş yavaş geleneksel olanların yerini almaktadır (Kumar ve ark., 2015).

Radyografik tanımlama uzun süredir kullanılmaktadır, nispeten kolaydır, kayıtlar hem canlı hem de ölü olarak elde edilebilir ve DNA teknolojisinden daha ekonomiktir (Rehani ve ark., 2011). Dolayısıyla maksillofasiyal radyolojik tekniklerin uzmanlık bilgisinin ve uygun şekilde uygulanmasının adli kimlik tespitinde ve adli tıp vakalarının çözümünde önemli bir rolü vardır (Pallagatti ve ark., 2011; Wood, 2006).

Dental radyografiler ölüm öncesi ve ölüm sonrası kayıtların eşleştirilmesi için objektif veriler sağlar (Wood, 2006). Radyografik destekli dental kimliklendirme, karşılaştırmalı veya rekonstrüktif olarak iki şekilde yapılabilir. İlk yöntemde, ölümden önce alınan radyografiler, ölümden sonra alınanlarla karşılaştırılır. Rekonstrüktif kimliklendirmede ise kimliğinin bilinmediği varsayılan bir kişinin biyolojik profilinin oluşturulmasında yardımcı olarak radyografileri kullanılabilir (Wood, 2006).

Dental radyoloji, postmortem kaybedilen ön dişlerin açılanmasının değerlendirilmesine, soketlerin incelenmesine, dişlerin sayısına ve hizalanmasına yardımcı olur (Brkic ve ark., 1997).

Kimlik belirlemede kullanılabilmesi için, diş anatomisinin ayrıntıları, diş şekli ve kökü, diş sayısı veya diş sayısındaki anormallikler, dişlerin eksik veya mevcut olup olmadığı, dişlerin malpozisyonları, aşınma durumları, koronal kırıklar, periodontal hastalıktan kaynaklanan alveol kemik kaybı, kemik patolojileri, diastema varlığı, diş çürüğü, önceki endodontik tedaviler, interradiküler ve intrakoronal tedaviler, implantların varlığı, çekim izleri ve protezler gibi bilgiler radyografiden elde edilebilir (Goyal ve ark., 2014).

Dental radyoloji, ölüm öncesi ve sonrası radyografik karşılaştırmada diş profili oluşturmaya yardımcı olur. Radyovizyografi, görüntülerin uzamsal çözünürlüğüne izin vererek ölüm öncesi ve sonrası görüntülerdeki yapıların hassas analizine yardımcı olur. Ayrıca yeni pozlama sayısını azaltır, kayıt tutma ve bu görüntülerin karşılaştırılması kolaylaşır (Shahin ve ark., 2013). Antemortem BT görüntüsü tarafından sağlanan bilgiler, postmortem profilin oluşturulmasında kullanılabilir, böylece kraniyometrik noktalar doğru bir şekilde konumlandırılabilir ve ölçülebilir (Rocha Sdos ve ark., 2003).

Diş radyografilerini kullanan karşılaştırmalı kimliklendirme artık insan kalıntılarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimlikten şüphelenildiğinde ve karşılaştırmalı kimlik belirleme araçları düşünüldüğünde, dental radyografik kimliklendirme için izlenmesi gereken adımlar şu şekildedir:

1. Antemortem radyografilerin muayenenin kalitesi, türü ve zamanı açısından incelenmesi
2. Ölüm sonrası numunenin incelenerek benzer görüntü geometrisi, uygun pozlama faktörleri ve arşiv işlemleri kullanılarak ölüm öncesi filmlerde görülen odak alanlarını kopyalayacak radyografilerin açığa çıkarılması;
3. Filmlerin postmortem veya antemortem film olarak kimliklerinin bilinmesi için işaretlenmesi ya da monte etmek için bir sistem kullanılması
4. Diş çizelgesi notları, diş modelleri ve fotoğrafları gibi yardımcı bilgilerin dikkate alınarak radyografların görsel olarak analiz edilmesi
5. Uyumlu noktaların tablo haline getirilmesi ve mümkünse, ölüm öncesi ve ölüm sonrası radyografik incelemelerin arasındaki uyumsuz noktaların açıklanması
6. Sağlanan materyallerin gözlemcinin pozitif, olası veya negatif kimliklendirme yapmasına izin verip vermediğine karar verilmesi (Wood, 2006).

Radyografik kayıtlar, anatomik durumların ve o ana kadar yapılmış olan diş tedavilerinin objektif kanıtını sağlar. Karşılaştırmalı kimliklendirme vakalarının çoğu, ortak tanımlama noktaları olarak diş tedavilerinin (restorasyonlar, kanal tedavileri, çekimler ve kronlar gibi) radyografik kanıtlarını kullanır (Wood, 2006).

Frontal sinüs, antemortem ve postmortem radyografiler arasında karşılaştırma yapmaya uygun bir maksillofasiyal anatomik yapıdır ve frontal sinüsün radyolojik görünümü kimliklendirmede kullanılabilir. Kimliklendirmede radyografik incelemenin amacı hastalık teşhisi koymak değildir. Bu nedenle yapılacak ölüm sonrası radyografik inceleme türlerine önemli ölçüde tolerans gösterilmelidir. Ölen kişide film, görüntü geometrisinin neredeyse tam olarak kopyalanmasına izin veren

bir konumda tutulabilir. Şüphelenilen durumlarda en fazla sayıda film alınmalıdır. Bu, ölüm sonrası minimumdan daha fazla radyografi çekmek anlamına gelir. (Wood, 2006).

Dijital radyografiler kullanılacaksa, bunların bir yerden bir yere "taşınabilir" olması ve JPEG veya benzeri gibi ortak bir formatta saklanması hayati önem taşır. Ayrıca, yedekli yedekleme sürücüleri de mevcut olmalı ve düzenli olarak güncellenmelidir. İster analog ister dijital filmler kullanılsın, cone-cut, az veya fazla ışınlama, eksik veya fazla banyo ve çekim hataları gibi hataları yakalamak için bir radyolojik kalite kontrol görevlisinin bulunmasına dikkat edilmelidir. Bu kişi ayrıca işlemci işlevini, bakımını ve radyasyon güvenliği konularını da izleyebilir. Ölüm sonrası verilerin toplanmasının radyasyon güvenliği açısından yeterli olması önemlidir (Wood, 2006).

Radyografiler, dişlerin sürme aşamasını değerlendirerek bir bireyin yaşını belirlemeye yardımcı olur. Kafatası radyografileri, AM radyografi veya fotoğraf üzerine bindirilerek kimlik tespitinde kullanılabilir (Manigandan ve ark., 2015).

Isırık izi vakalarında olduğu gibi, mağdurların vücudundaki kırık diş parçaları veya mağdurda şüphelinin dişinin kırılması nedeniyle şüphelilerin tespit edildiği vakalar bildirilmiştir. Şüpheli durumlarda dişlerin şeklindeki kasıtlı değişiklik, ısırık izi vakalarında radyografilerle tespit edilebilir. Radyografiler, ateşli silah insidansı ve patlamayı takiben yumuşak dokularda mermi veya yabancı cisimler olduğuna dair kanıt sağlayabilir. Hava kazası kazalarından sonra, kazanın nedeni yumuşak dokularda radyoopak nesnelerin varlığı ile açıklanabilir. Bazen, ölüm sonrası diş verilerinin çizelgesi çıkarılırken, özellikle bitişik dişlerin çekim boşluğuna kaydığı durumlarda, dişler yanlış numaralandırılabilir. Bu durum radyografiler kullanılarak düzeltilebilir (Manigandan ve ark., 2015).

16 yaşına kadar yaş belirlemek için kullanılan en yaygın radyografi dental radyografiler ve el radyografileridir. Bireyin bilinen yaşına bağlı olarak belirli ossifikasyon merkezlerinin postkranial radyografileri yaşlı bireyi tahmin etmede yararlıdır. Çenelerin ve ilgili alanların çoğu yapısını tek bir radyografide görüntüleyen panoramik radyograflar, kitle taraması için önerilmiştir (Manigandan ve ark., 2015).

Postmortem radyografi antemortem radyografi benzeri görüntüyü yeniden oluşturmak için benzer büyütme, pozlama faktörleri ve açılındırmalarla "aynı projeksiyon" elde edilmelidir. Bu çeşitli projeksiyon açıları ve değişen teknik faktörler kullanılarak gerçekleştirilir. (Dayal, 1998; Kahana ve Hiss, 1999; Clark,1992; Morse ve ark., 1994).

Baş ve boyun otopsisı öncesi ve sonrası radyografi çekilmelidir. Mümkün olduğunda, kaza veya suç mahallinde radyografi yapılmalıdır. İleride başvurmak üzere kimlik numarası, yer ve inceleme tarihi ile uygun şekilde etiketlenmelidirler. Panoramik radyograflar da dahil olmak üzere tüm intra ve ekstra oral projeksiyonlar, vakaya ve kalıntı tipine bağlı olarak gerektiği zamanda alınmalıdır (Manigandan ve ark.,2015).

Literatürdeki çalışmalarda dijital panoramik radyografi ve lateral sefalografide ölçülen mental foramenin konumunun, ramus yüksekliğinin ve genişliğinin ve mandibula açısının, bireyin cinsiyetinin ve yaşının tahminine yardımcı olan yararlı bilgiler sağladığını bildirmiştir (Poongodi ve ark., 2015; Sairam ve ark., 2016; Damera ve ark., 2016; Dosi ve ark., 2018; Sambhana ve ark., 2016; Eyas ve ark., 2019; Belaldavar ve ark., 2019)

Pushparaj ve ark. dental radyografler kullanılarak veri işleme yazılımı tarafından geliştirilen görüntü işleme algoritmalarının, bu yöntemin basitçe diş şekli çıkarma ve eşleştirme teknikleri ile oluşturulması nedeniyle yararlı olabileceğini bildirmiştir (Pushparaj ve ark., 2013). Dijital radyografi, dental eşleştirme yazılımı birlikte kullanıldığında adli mağdur kimliğini hızlandırır (Kumar ve ark., 2015).

Tüm bu yenilikler ve gelişmelerle birlikte postmortem dental radyografi, tatmin edici bir şekilde karşılaştırılabilir bir projeksiyon elde etmek için karşılaşılan birtakım zorluklar vardır. MDBT ve KIBT kullanımı birçok pozisyonel sorunu etkili bir şekilde ortadan kaldırabilirken, özellikle kitlesel ölüm durumlarında insan tanımlaması için adli ortamda kullanımları şu anda emekleme aşamasındadır. Bu tür ekipmanlara erişim genellikle maliyetlidir ve felaket durumunda genellikle lojistik olarak imkansızdır. Muayene ve radyografi için mandibula ve maksillanın ölüm sonrası rezeksiyonu bir dönemler sıklıkla kullanılan bir teknikken, artık bu tür

invaziv prosedürlere yalnızca alternatif olmadığında başvurulmaktadır (Middleton ve ark., 2016).

Sonuç olarak cinsiyet, etnik grup ve esas olarak yaşın belirlenmesi gibi radyolojik tekniklerle elde edilen veriler insan tanımlamasına yardımcı olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bahsedilen tekniklerden herhangi birinin uygulanması, karşılaştırma için önceki bir görüntü kaydının mevcudiyetine bağlıdır. Bu nedenle tedaviler sırasında elde edilen radyolojik görüntülerin kayıtlarının sağlık profesyonelleri tarafından tutulması çok önemlidir. Kriminoloji ve kolluk kuvvetleri, artan suç oranına ayak uydurmak için ilerlerken, adli radyoloji, soruşturmaların özel bir yönü olarak ortaya çıkmıştır ve suç çözmedeki potansiyeli, tüm insanlığa fayda sağlamak için kullanılmalı ve genişletilmelidir (Chandrasekhar ve Vennila, 2011).

2.3.1. Ağız İçi Görüntüleme Yöntemleri

Ağız içi radyografiler, röntgen filminin ağız içine yerleştirilmesiyle çekilen radyografilerdir. Ağız içi radyografi çeşitleri periapikal, bite-wing ve oklüzal radyografilerdir (Jayavabushana ve ark., 2021).

2.3.1.1. Periapikal Radyografiler

Periapikal radyografiler ağız boşluğunun küçük bir bölümünü gösterir. Bütün bir dişi kökü ve çevresindeki periapikal dokularla birlikte çekim alanına alır. Periapikal radyografi paralel teknik veya açıortay tekniği ile çekilebilir (Dextre ve ark., 2015). Özellikle dişlerin kronlarıyla birlikte periapikal ve periodontal dokularının tek bir filmde görülmesi nedeniyle oldukça işe yararlıdırlar. Böylelikle antemortem radyografilerle postmortem radyografilerin dişin kron ve kök morfolojisi, mevcut restorasyonlar ve periodontal dokularla birlikte kök kanal tedavisi de karşılaştırılabilir (Miloğlu ve Naralan,2019).

Yanmış cesetlerin uzun süre çok yüksek sıcaklıklara maruz kalması nedeniyle dişin kronunun çok fazla deforme olduğu durumlarda geriye kimliklendirme yapılması için sadece kök kalmış olabilir (Reesu ve ark., 2015). Bu gibi durumlardaysa periapikal ve periodontal dokuları göstermesinden dolayı periapikal radyografiler çok kullanışlıdırlar. Antemortem radyografiler çekilirken eğer açıortay

tekniki kullanılmışsa postmortem olarak karşılaştırma amacıyla taklit edilmesi güçtür, çünkü paralel teknikteki gibi herhangi bir aparat kullanılmamıştır ve uygulayıcı bağımlı olarak görüntüler değişebilmektedir (Raitz ve ark., 2005; Viner ve Robson, 2017). Açığortay tekniğinde horizontal veya vertikal düzlemdeki herhangi bir değişiklik diş yapılarının radyografideki görünümünde ciddi morfolojik değişikliklere sebep olabilir (Wood, 2006). Bu nedenle postmortem radyografiler çekilirken farklı açı, teknik ve dozlar denenerek antemortem radyografilere benzerlik elde edilmeye çalışılmalıdır (Raitz ve ark.,2005).

2.3.1.2. Bite-wing Radyografiler

Bu radyografi kronları ve kret kemiği seviyesini gösterir. Çürük, taşkın dolgu, diş taşı ve kemik kaybını (<4 mm) teşhis etmek için kullanılır. Hasta, filmi maksiller ve mandibula dişlerine karşı tutarak kanadı ısırarak zorundadır. Işın, yatay düzlemde filme periradiküler temas noktaları arasında yönlendirilir (Karatas ve ark., 2021). Adli diş hekimliğinde bite-wing radyografiler son derece yararlıdır (Kogon ve MacLean,1996). MacLean ve ark. yapmış olduğu çalışmada bitewing radyografilerin adli diş hekimliğinde kimliklendirmedeki doğruluğunun %93 olduğunu belirtmiştir (MacLean ve ark., 1994). Ayrıca Forrest bitewing radyogramların kimliklendirmede en yararlı radyografilerden biri olduğunu bildirmektedir (Forrest, 2012).

Bu radyografik muayeneler sadece düzenli olarak yapılmakla kalmaz (ve bu nedenle karşılaştırma için en son görüntüler sıklıkla mevcuttur), aynı zamanda her ısırma radyografisi bir dizi diş hakkında bilgi içerir. Ayrıca, dişlerin hem sol hem de sağ tarafını görüntülemek için rutin olarak çiftler halinde alınırlar ve bu nedenle adli odontoloğa iki görüntüde 32 diştten 20'sine kadar bilgi sağlayabilirler (Viner ve Robson, 2017).

Eğer cesette ölüm katılığı (rigor mortis) mevcutsa diğer intraoral radyografilerde olabileceği gibi bitewing radyografilerin de postmortem olarak alınması güçleşebilmektedir. Bu vb. durumlarda yumuşak doku kemik yüzeylerden ekarte edilebilmektedir (Reesu ve ark., 2015).

2.3.1.3. Oklüzal Radyografiler

Bu radyografi daha geniş bir alanı kapsar. Gömülü dişleri ve tükürük taşını lokalize etmek için kullanılır. Film, oklüzal düzleme paralel olarak yerleştirilir. Mandibulaların ve maksillanın iyi bir kesitsel görünümünü verir (Hirschmann ve ark., 1981). Dişlerin oklüzal yüzlerine temas ettirilerek çekilen oklüzal radyografiler, postmortem olarak çekilecekse daha düşük ekspozür değerleri uygulanır (Wood ve ark., 2010). Oklüzal radyografiler adli diş hekimliğinde kimliklendirmede çok fazla kullanılmaz ancak tek bir radyografide çok sayıda obje görünmesi sebebiyle kitlesel felaketlerde yararlanılmaktadır (Wood, 2006). Fakat postmortem radyografiler çekilirken ölüm katılığı sebebiyle ağzın açılmayacağı veya yeterince açılmayacağı durumlarda oklüzal filmler kolaylık sağlamaktadır (Viner ve Robson, 2017).

2.3.2. Ağız Dışı Görüntüleme Yöntemleri

Ağız içi yöntemlere ek olarak, kimliklendirmede kullanılan bazı ağız dışı görüntüleme yöntemleri de bulunmaktadır.

2.3.2.1. Panoramik Radyografi

Panoramik radyografi diş hekimliğinde çok sık kullanılan ekstraoral görüntüleme tekniğidir.

Dental arkların tamamını tek bir film üstünde gösterme düşüncesi 1904 senesinde Bouchacourt tarafından ileri sürülmüştür. Bouchacourt x-ışını kaynağını ağız içerisinden vererek arkların görüntüsünü ağız dışında bulunan bir filme kaydetmeyi düşünmüştür. Daha sonra 1949 yılında Finlandiyalı Prof. Dr. Yrjö V. Paatero'nun çalışmalarıyla panoramik radyografi tekniği gelişmiştir (Çağıl, 2009). Panoramik radyoloji her iki dental arkın ve buna komşu anotamik yapıların tek bir tomografik görüntüsünün minimal geometrik distorsiyon ve süperpozisyon ile görüntülenmesini sağlayan tekniktir (Farman, 2007). Panoramik radyografi tüm dişleri ve çeneleri, göz çukurunun 1/3 üst kısmına kadar maksiller bölgeyi, maksiller sinüsleri, mandibulayı ve temporomandibuler eklemi bir arada gösteren tekniktir (Çağıl, 2009).

2.3.2.1.1. Panoramik Görüntüleme Endikasyonları

- İlk kez gelen hastalarda ilk teşhis amacıyla öncülük,
- Dental arkların geniş kapsamlı olarak değerlendirilmesi,
- Çene ve yüz travmaları,
- Gömülü dişlerin konumunun değerlendirilmesi,
- Bilinen veya şüpheli geniş lezyonların teşhisi,
- Çene kemiklerini içeren enfeksiyonu kist, tümör gibi patolojilerin incelenmesi,
- Daimi dişlerin sürme durumlarının değerlendirilmesi,
- Özellikle karma dişlenme döneminde diş gelişimleri incelemeleri,
- Temporomandibular eklemlerin genel olarak değerlendirilmesi,
- Maksillofasiyal iskeletin gelişimsel bozuklukları,
- Tam dişsiz hastalara protez planlanması,
- İntraoral radyografileri tolere edemeyecek kişilerde

Bu gibi durumlarda intraoral radyografilerde mevcut yüksek rezolüsyon ve detay gerekmemektedir. Panoramik görüntüleme ayrıca daha ileri projeksiyonları gerektirecek durumların ilk olarak değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılabilecek görüntüleme tekniğidir (White, 2009; White, 2014).

Panoramik radyografi geleneksel tomografinin eğrisel bir varyantı olmakla birlikte, imaj tabakası adını alan merkezi bir nokta veya düzlem etrafında bulunan resiprokal hareket eden x-ışını kaynağı ile birlikte görüntü alıcısının da bulunduğu prensibe dayanarak çalışmaktadır (White, 2009). Klasik radyografide fokal 3 spot ile film arasındaki objenin tüm kalınlığı film üzerinde iki boyutlu olarak görülür. Dolayısıyla değişik düzeylerdeki yapıların görüntüleri birbiri üzerine süperpoze olur. Tomografide değişik düzeylerdeki yapıların görüntülerinin üst üste düşmeleri önlenerek sadece görüntüsü istenen tabaka incelenir. Bu tabanın önünde ve arkasında kalan kısımlar bulanıklaşır. Işın kaynağı ve kaset arasındaki görüntüsü istenen bu tabakaya imaj tabakası ya da ‘fokal trough’ adı verilmektedir (Çağıl, 2009).

Panoramik radyografide de bu tabakanın içinde bulunan objenin görüntüsü net olarak elde edilir, bu tabakanın önünde veya arkasında kalan kısımlarda magnifikasyon, distorsiyon ve bulanıklık oluşur (White, 2009).

2.3.2.1.2. Panoramik Görüntülemenin Başlıca Avantajları

- Kısa süreli olması,
- Hastaya minimal radyasyon dozu uygulanması,
- Hasta pozisyonlandırılmasının kolay olması,
- Yüz kemikleri ve dişlerin geniş kapsamlı görüntülenebilmesi,
- Hastaya muayenede kolaylık sağlaması,
- Ağız açma kısıtlılığı olan hastalarda kolaylıkla filmin alınması,
- Hastalar panoramik filmi kolayca anlayabildiklerinden dolayı hasta bilgilendirilmesinde yararlı olması

2.3.2.1.3. Panoramik Görüntülemenin Başlıca Dezavantajları

- Görüntü kalitesinin intraoral radyografilere göre düşük olması nedeniyle küçük çürük lezyonların teşhis edilmesindeki zorluk,
- Yumuşak dokular ve hava yolunun oluşturduğu gölgeler sert dokularda görülmesi gereken yerleri saklayabilmekte,
- Distorsiyon ve magnifikasyon,
- Ghost imajlar ve artefaktlar,
- Expozüsyon süresinin uzun olması nedeniyle 5 yaşın altındaki çocuklar ve engelli kişilere uygun olmaması dezavantajları arasındadır (Whaites, 2002).

Ayrıyeten premolar dişlerin aproksimal yüzeylelerinde süperpozisyonların gelişmeside bir diğer dezavantajlarındandır. Bazen servikal vertebraların süperpozisyonu özellikle de anterior bölgede mevcut odontojenik lezyonları saklamaktadır.

2.3.2.1.4. Panoramik Radyografi Çekiminde Hasta Pozisyonlandırılması

Panoramik radyografilerde hastanın pozisyonu çok önemlidir. Dişler ve diş arkları mutlaka imaj tabakası içerisinde bulunmalıdır. Ancak bu şekilde en az distorsiyonla görüntü elde edilir (Çağıl, 2009). Hastadan gözlük kullanıyorsa gözlüklerini, bunun yanında bütün takı ve diğer metalik eşyalarının tümünün çıkartması istenmelidir (Whaites, 2002). Ortopantomografide makine ayarları yapıldıktan sonra hastanın frankfurt düzlemi yere paralel ve sagittal hat çene desteğinin ortasına gelecek şekilde hasta çenesini destek üzerine koyar (Çağıl, 2009). Hasta ısırma bloğunu nasıl ısırması gerektiği konusunda bilgilendirilmeli, daha sonra dudaklarını kapatarak yutkunup dilini damağına yapıştırması söylenmelidir (Glass, 1999). Hasta bu şekilde sefalostata yerleştirildikten sonra ileri doğru bir adım atması ve elleri ile makina üzerindeki tutuculardan tutması istenir. Bu pozisyona ski 14 pozisyonu adı verilir (Çağıl, 2009). Işınlanma süresi boyunca (18 saniye boyunca) ise dilini sert damağında tutması ve hiç hareket etmemesi söylenmelidir (Whaites, 2002).

2.3.2.1.4.1. Hasta Pozisyonlandırılmasına Bağlı Oluşan Hatalar

Pozisyonlandırma hataları, sadece hastaya veya radyografi çeken kişiye bağlı değildir ve hasta pozisyonlandırılmasını kolaylaştıracak şekilde tasarlanmış cihazlara da gereksinim vardır (Aydın ve Aybar, 2004).

Işınlanma sırasında hastanın dilini damağına temas ettirmemesi, maksiller dişlerin apekslerini gölgeleyen radyolüsent bir bant oluşmasına ve o bölgedeki periapikal patolojik lezyonların, kök rezorpsiyonlarının ve maksiller dişlerin apekslerine yakın olan non-odontojenik lezyonların gözden kaçmasına neden olabilmektedir (Aydın ve Aybar, 2004). Hasta ısırma bloğunu çentik ağız içinde kalacak şekilde ileri doğru çıkarsa her iki dental ark ve dişler imaj tabakasının dışında kalır. Bu pozisyonda alınan radyogramlarda ön dişlerin hepsi bulanık olmakla birlikte premolar dişler birbiri üzerine süperpoze olmaktadır. Hasta ısırma bloğunu gerisinden ısırılmışsa, ön dişler yine bulanık fakat daha geniş görülmektedir (Çağıl, 2009). Hastanın başı fazla aşağı eğildiğinde, oklüzal düzlemde fazla eğimlenme, mandibular anterior dişlerin apeksinde bulanıklık, interkondiler mesafede daralma, kimi zaman da kondil başlarının izlenememesi ve dişlerin

posterior kontaktlarında süperpozisyonlar görülmektedir (Aydın ve Aybar, 2004). Hasta başı geriye doğru fazla eğildiğinde üst kesiciler imaj tabakasını dışında kalacağından dolayı bu dişler bulanık görülür. Dişlerin kökleri üzerine sert damağın süperpoze olması sonucu bu dişlerin apeksleri üzerinde radyopak bir çizgi oluşur. Ayrıca kondiller filmin kenarlarına doğru taşar (Çağıl, 2009). Sagittal hat orta hattan sağa veya sola doğru saparsa yani baş sağa veya sola doğru dönecek olursa bir taraftaki dişler ve diş arkları diğer tarafa göre daha geniş bir görüntü verir. Radyografi esnasında hastanın boyun kısmının iyice gerilmesi gerekmektedir, bunun içinde hastaya ski pozisyonu verilmelidir. Bu pozisyon 15 verilmeyecek olursa vertebraların ghost imajı önlenemez ve bunun sonucunda radyogramların ortasında radyopak bir alan görülür (Çağıl, 2009).

Ortopantomografi çekimi sırasında hastaya pozisyon verildikten sonra ışınlanma süresince hareket etmemesi istenir. Eğer hareket ederse radyografi üzerinde düzensiz kısımlar oluşmaktadır (Çağıl, 2009).

Antemortem ve postmortem panoramik radyografi verileri kullanılarak bireysel tanımlama yapılabilir. Yaşı bilinmeyen olgunlaşmamış kişilerin veya 22 yaşına kadar olan genç bir yetişkinin yaşı, dişlerden ve sürme sırasından güvenilir bir şekilde tahmin edilebilir (Reddy ve ark., 2022). Panoramik radyografilerin birçok yapıyı inceleme kolaylığı sağlamasıyla beraber antemortem çekilen panoramik radyografiler, postmortem olarak çekilen intraoral radyografiler içinde bir perde görevi görerek kimliklendirmenin kolaylaşmasını sağlar (Furst ve ark., 1991). Yapılan bir çalışmada kimliklendirmede en yararlı tekniklerden birisinin panoramik radyografiler olduğu belirtilmektedir (Forrest, 2012). Fakat panoramik radyografiler dik bir pozisyonda durarak çekildiği için kurbanlardan postmortem olarak çekilmeleri oldukça zordur veya mümkün değildir (Viner ve Robson, 2017).

2.3.2.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

KIBT sadece ölüm sebebinin belirlenmesinde değil kimliklendirmede de kullanılabilir. Bebeklerde biyolojik yaştan diş gelişim verilerinin kullanılarak tahmin edilmesinde, kimlik tespiti için kayıp çocuğun fotoğrafına kafatasının üst üste bindirilmesinde, antemortem ve postmortem kafatası rekonstrüksiyonunda KIBT 'dan yararlanılmaktadır (Reddy ve ark., 2022). Fakat yapılan araştırmalar rutin

radyografilerin kimliklendirmede yetersiz kaldığında veya daha fazla incelemenin gerektiği durumlarda KIBT kullanılabileceğini belirtmektedir (Viner ve Robson, 2017). Kirchhoff ve ark. tek başına kimliklendirme yöntemi olarak değil yalnızca ek bir yöntem olarak kullanılabileceğini bildirmiştir (Kirchhoff ve ark., 2010).

KIBT antemortem ve postmortem kayıtların ince kesitler alınarak ayrıntılı bir şekilde kıyaslanmasını sağlar. Ve bu kıyaslama adli tanımlamada yararlı olabilir (Viner ve Robson, 2017). Fakat her merkezde bulunmaması kullanımını sınırlandırmaktadır. Ek olarak 3-D rekonstrüksiyonla elde edilen görüntülerden kimliklendirmede yararlanılabileceği belirtilmektedir (Abduo ve Bennamoun,2013).

Yapılan çalışmalar adli odontolojide KIBT'ın BT'den daha kullanışlı olduğunu belirtmektedir (Viner ve Robson, 2017; Trocheset ve ark.,2014).Antemortem KIBT görüntüleri oblik cross-sectional kesitlerle tekrar görüntü oluşturarak postmortem radyografilerin karşılaştırılmasını sağlamaktadır ve kullanım hızı, düşük radyasyon dozu ve görüntü artefaktlarını azaltmaya yönelik özel yazılımı ile KIBT, ideal bir postmortem görüntüleme tekniğidir (Viner ve Robson, 2017).

Konik ışın görüntüleri, bazı tedavi sonrası işlemlerle tek bir taramada dişlerin, periferik yumuşak dokuların, sinir yollarının ve bağlı kemiklerin panoramik veya 3D görüntüsünü üretebilir (Dedouit ve ark., 2014). 3D tarama verileri, BT veya KIBT taramalarından veya bir 3D tarayıcıdan elde edilen PM verileriyle karşılaştırılabilir (Yazdanian ve ark., 2022).

2.3.2.3. Lateral Sefalometrik Radyografi

Sefalometrik radyografiler, filmi çekilen çenelerin birbirleriyle olan ilişkilerinin değerlendirilebildiği ve birçok yapının görüntülenebildiği ekstraoral film yöntemlerindendir. Ortodonti, protetik ve cerrahi tedavilerde rutinde çok fazla kullanılmaktadır (Harorlı ve ark., 2006). Bu nedenle antemortem kayıtlara ulaşılması kolaydır ve böylelikle postmortem kayıtlarla karşılaştırma yapılarak kimliklendirme sağlanabilir. Rabelo ve ark. yaptıkları çalışmada kimliklendirmede güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmiştir (Rabelo ve ark., 2016).

Sefalometrik radyografilerde dişlerin ve çenelerin kapanış ilişkileriyle beraber belirli noktalar arasındaki uzunluklar ve açılar değerlendirilerek kimliklendirmede

yardımcı yöntem olarak kullanılabilir. Bununla birlikte tedavi sonrasında alınan sefalometrik radyografilerle hastada oluşan değişiklikler belirlenebilir ve hastanın çenelerinin son durumu çıkarılabilir (Reddy ve ark., 2016).

Panoramik radyografi gibi, lateral sefalometri de bir makinenin kafa pozisyonu kısmında kafanın yanlış yerleştirilmesine duyarlıdır. Ayrıca, PM görüntülerinin büyütülmesi bozulmaya neden olabilir ve insan tanımlamasında bu durum ihmal edilmemelidir. (Yazdanian ve ark., 2022).

2.3.2.4. Frontal Radyografi (Posteroanterior veya PA Sefalometrik Analiz)

Frontal sinüsler veya posteroanterior (PA) sefalometrik analiz, insanlar arasındaki yüksek varyasyonlarıyla bilinen ve onları adli amaçlar için uygun kanıt haline getiren diğer bireysel özelliklerdir (Manigandan ve ark., 2015).

PA sefalometrik analizinde görüntü eşleştirme, hem Caldwell yönelimli film projeksiyonları hem de oksipitomenal veya Water görünümü kullanılarak gerçekleştirilir. Nikam ve arkadaşlarına göre, frontal sinüs değişkenleri, taban çizgisine teğet bir sertifika çizilerek ve sinüs alanını dört parçaya bölerek adli tanımlama için ölçülebilir (Nikam ve ark., 2015).

Antemortem radyografilerle karşılaştırmak amacıyla alınan postmortem radyografiler kimliklendirme yapılırken herhangi bir yanlışlık olmaması için teknik olarak antemortem radyografilere benzerlidir (Viner ve Robson, 2017). Goldstein ve ark. yaptıkları çalışmada horizontal yönde yapılan 5 derecelik bir değişimin bile radyografide kimliklendirmede yanlışlığa neden olabilecek farklı bir morfolojinin görülmesine yol açabileceğini belirtmişlerdir (Goldstein ve ark., 1998). Kişinin ölümünün üstünden zaman geçmişse parametrelerin düşürülmesi gerekir çünkü yumuşak dokular çürüme kaynaklı azalmıştır (Achar ve ark., 2015). Eğer kişinin ölümü sıvıda meydana gelmişse parametrelerin artırılması gerekir çünkü yumuşak dokulardaki sıvı absorpsiyonu nedeniyle doku yoğunluğu artmıştır (Raitz ve ark., 2005).

Sonuç olarak görüntüleme teknolojileri ve radyografiler, modern tıp pratiğinin hayati bir bileşeni haline gelmiştir. Adli tıpta karar verme durumlarına

önemli ölçüde katkıda bulunurlar ve bu makul bir şüphenin ötesindedir. Bununla birlikte, bahsedilen tekniklerden herhangi birinin uygulanması, tanımlama için önceki görüntülerin, verilerin veya iskelet bulgularının mevcudiyetine bağlıdır. Bu nedenle, tedaviler sırasında elde edilen radyografik ölçümler ve veriler sağlık profesyonelleri tarafından kaydedilmelidir. Adli radyoloji uzmanlık gerektiren bir konudur ve yararlı bir şekilde kullanılabilecek potansiyel bir suç çözme tekniğidir (Reddy ve ark., 2022).

2.4. Yapay Zeka

Yapay zeka kavramı ilk defa 1956 yılında John McCarthy tarafından belirtilmiştir (McCarthy ve ark., 2006). Yapay zeka; düşünme, akıl yürütme, algılama, karar verme, öğrenme, gibi insan zekâsına ait zihinsel oluşumları taklit edecek bilgisayar yazılımları üretmeyi amaçlayan bilgisayar biliminin bir alt dalı olarak ifade edilmektedir (Şener ve Şen, 2022).

Ek olarak yapay zeka, görevleri rasyonel olarak düşünebilen ve gerçekleştirebilen bilgisayarlı modellerle ilgilenen bir konudur (Deshmukh, 2018; Park ve Park, 2018). Büyük veri setleri ile sürekli eğitilebilen ve güncellenen yapay zeka teknolojisi insana kıyasla daha hassas, daha zeki ve daha güvenilir sonuçlar ortaya koymaktadır. Yapay zeka; makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay sinir ağları (YSA) gibi birtakım temel kavramlardan oluşmaktadır (Sağlam ve ark., 2021).



Şekil 1. Yapay zeka, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları ve derin öğrenmeyi içine alır.

John McCarthy yapay zeka kavramını belirtmeden önce, savaş döneminde yapay zeka üzerine çalışmalar yapan Alan Turing, 1950’de neşredilen Bilgi İşlem

Makineleri ve Zekâ (Computing Machinery and Intelligence) isimli yazısında, “Makineler düşünebilir mi?” sorusuyla yapay zekayla alakalı tartışmaları başlatmıştır (Aslan, 2014).

Kurucularının iyimserliğine rağmen, yapay zeka çok sayıda zorlukla karşılaştı. Yapay zekaya yönelik finansmanın ve ilginin azaldığı bir dönem olan "yapay zeka kışı", 1974-1980 ve 1987-1993'te gerçekleşti; bu gerileme kısmen, yapay zeka sistemlerinden gerçekçi olmayan yüksek beklentiler ile veri erişilebilirliği ve karmaşık sorunları çözmek için gereken bilgi işlem gücü açısından o dönemin sınırlamaları arasındaki gerilimden kaynaklandı (Crevier, 1993).

1990'ların sonlarında, Deep Blue'nun (IBM'in uzman sistemi) dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenmesinin ardından yapay zeka yeniden canlandı (Campbell ve ark., 2002). 21. yüzyılın başlarında, Watson ve Alphago gibi güçlü yapay zekalar, insanlara özgü olduğuna kesin olarak inanılan alanlarda insan yeteneklerinin ötesine geçtikleri için dünyayı şok etti (Russell ve Norvig, 2020; Ferrucci ve ark., 2013).

Son zamanlarda, derin öğrenmenin ortaya çıkmasıyla birlikte, otonom arabalar sokaklarda çalışmaya başladı ve bir yapay zeka sistemi, zekaya sahip olduğunu ima eden Turing testini geçti (Wang ve ark., 2016).

Yapay zeka, yapay zeka tabanlı konuşmacılar, içerik öneri sistemleri vb. gibi çeşitli kolaylıklar şeklinde hayatımızın her alanına sessizce nüfuz ediyor. Derin öğrenmenin yükselişi, dental ve tıbbi görüntü analizinin otomatik olarak eşleştirilmesi için de büyüleyici bakış açıları sunuyor. Tıbbi görüntü analizi, veri madenciliği, robotik sistemler ve doğal dil işleme gibi yapay zekanın tüm alanlarında büyük ilerlemeler kaydedilmiştir (Campbell ve ark., 2002).

Bununla birlikte, yapay zeka tarafından konulan teşhise ne kadar güvenilebileceği ve yapay zekanın yargılanmasının temelini ne olduğu konusunda tartışmalar da gündeme gelmiştir. Yapay zekanın gelişimi için açıklanabilir yapay zeka kavramını ve insan müdahalesinin gerekliliğini göz önünde bulundurmak gerekir. Ek olarak, tanı alanında yapay zekanın kötü niyetli kullanımının nasıl önleneceğini düşünmek acil bir konudur (Heo ve ark., 2021).

2.5. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi, yapay zekanın bir alt kümesidir. Daha spesifik olarak, makine öğrenmesi, açık talimatlar kullanmadan deneyimlerden öğrenerek performanslarını artıran bilgisayar modellerinin bilimsel çalışmasını ifade eder. Bu nedenle, bir makine öğrenmesi algoritması, tahminler veya kararlar almak için bir model oluşturmak için örnek veriler gerektirir. Makine öğrenmesi, denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli öğrenme gibi geniş kategorilere ayrılır. Denetimli öğrenme, her girdi için etiketlerin öğrenilmesini içerir ve esas olarak sınıflandırma ve regresyon problemleriyle ilgilenir. Tanısal görüntülerin denetimli olarak öğrenilmesi için, uzman radyologlar etiketleme veya açıklama yapmalıdır. Denetimsiz öğrenme, etiketlenmemiş verileri kendi kendine öğrenen sistemleri içerir ve kümeleme ve dağıtım tahmini gibi sorularla ilgilenir. Pekiştirmeli öğrenme algoritmaları, dinamik bir ortamda olumlu veya olumsuz geri bildirimlerden öğrenir ve robotik, video oyunları ve bilgisayarla görmenin çeşitli alanlarında kullanılır (Bishop, 2006).

Denetimsiz öğrenmeyle kıyaslandığında, klinik olarak daha alakalı sonuçlar verdiğinden sağlık hizmetlerindeki yapay zeka uygulamalarında genellikle denetimli öğrenme kullanılır. Ek olarak denetimsiz öğrenme boyutluluğunu azaltmak ve alt grupları belirlemek amacıyla bir ön işleme adımı olarak uygulandığında takip eden denetimli öğrenmenin başarısını artırmaktadır (Jiang ve ark., 2017).

Makine öğrenmesi algoritmaları veya modelleri, programlamaya gereksinim duymadan kendilerini eğitmek için sunulan verilerden kazandıkları deneyimle bir model oluştururlar. Bu modeli kullanarak, kendilerine tekrar sunulan yeni problemleri otomatik olarak çözebilirler. Model, sunulan veriyi analiz ederken insanın ilk bakışta göremediği kalıpları ve örüntüleri fark ederek bu kalıp ve örüntüleri yeni verilere uygular (Amin ve ark., 2024).

Makine öğrenmesinin işleyişi basit bir şekilde üç temel adımda özetlenebilir: (Uçan, 2024)

- **Veri Toplama ve Hazırlama:** Makine öğrenmesi modelleri, eğitilmek için verilere gereksinimi vardır. Bu veriler, gerçek dünyadan alınan işlenmemiş veriler olabilmektedir ve bu verilerin model tarafından

işlenebilir hale getirilmesi gerekir. Veri hazırlama süreci, verilerin temizlenmesi, normalleştirilmesi ve dönüştürülmesini içine alır.

- **Model Eğitimi:** Algoritmayı eğitmek amacıyla toplanan ve işlenen veriler kullanılır. Bu adımda, model verilerdeki ilişkileri, desenleri ve yapıları öğrenir. Eğitim sürecinde, modelin parametreleri verilere en iyi uyumu sağlayacak şekilde ayarlanır. Bu süreç, çeşitli algoritmalar kullanılarak yapılır ve bu algoritmaların seçimi, çözülmek istenen probleme bağlıdır (örneğin, kümeleme, sınıflandırma, regresyon).
- **Tahmin ve Değerlendirme:** Model eğitildikten sonra, yeni ve görülmemiş verilerde tahminler yapmak için kullanılabilir. Bu adımda, modelin performansı değerlendirilir ve çoğunlukla doğruluk, hassasiyet, hatırlama gibi metriklerle ölçülür. Modelin performansı yeterli olursa, gerçek dünya uygulamalarında kullanılabilir.

2.6. Yapay Sinir Ağı

Yapay sinir ağı (YSA), biyolojik sinir sistemlerinden esinlenerek oluşturulan bir makine öğrenmesi modelidir. Yapay sinir ağı, veri setleri üzerinde karmaşık ilişkileri tespit edebilir ve sınıflandırma, regresyon, kümeleme, görüntü işleme gibi birçok problemi çözebilir (Ünver, 2023). YSA en yaygın kullanılan makine öğrenme algoritmalarından biridir (Kaya, 2020). YSA ileri beslemeli ve geri beslemeli olmak üzere sinyallerin iletim yönüne bağlı olarak iki kısma ayrılmaktadır. Sinyal iletimi ileri beslemeli ağlarda, bir katmandaki nöronlardan, bir sonraki katmandaki nöronlara doğru yapılmaktadır ve aynı katmandaki nöronlar arasında bağlantı bulunmamaktadır. Geri beslemeli ağlardaysa, iki yönlü sinyal iletimi (ileri ve geri olmak üzere) mümkündür ve bir çıkış sinyali, giriş ve çıkış değerlerini dinamik bir şekilde kontrol edebilmektedir (Gönül ve ark., 2015).

YSA, verileri girdi katmanına alır, ardından bu verileri işleyerek gizli katmanlarda birçok ara sonuç üretir. Bu ara sonuçlar, son olarak çıktı katmanında bir çıktı olarak sunulur. YSA, verileri işleyerek öğrenir ve doğru sonuçlar vermek için optimize edilir (Çevik ve Dandıl, 2012). Önceki verilerin üzerinden öğrenme becerisi, doğrusal olmayan verilerin analiz edebilme yeteneği, kesin olmayan

bilgilerin üstesinden gelebilme gibi özellikleri nedeniyle YSA kullanımı tıbbi uygulamalarda oldukça popülerdir (Kaya, 2020). Meme kanserinin erken teşhis ve tedavisi, MR, EKG, EEG, ilaç etkilerinin analizi, kalitenin artırımı, kalp krizinin erken teşhis ve tedavisi ve kan analizinin sınıflandırılması gibi çeşitli sağlık alanlarında uygulanmaktadır (Gönül ve ark., 2015).

2.7. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt dalı olarak, çok katmanlı yapay sinir ağları kullanılarak büyük veri kümelerinden kalıpların öğrenilmesini sağlar. Bu yöntem, verileri etiketleyen bir uzmana ihtiyaç duymaksızın örnekleri otomatik olarak tanımlayabilir ve giriş verilerini analiz etmek için değişik hesaplama katmanlarından yararlanır (Aşçi ve ark., 2022; Khanagar ve ark., 2021).

Derin öğrenme, bir veya daha fazla gizli katman içeren yapay sinir ağları gibi makine öğrenmesi algoritmalarını kapsayan bir alandır (Şeker ve ark., 2017). Derin öğrenme, büyük miktarda ham veriyi işleyerek karmaşık veri yapılarının modellenmesini ve algılama ile sınıflandırma gibi görevlerin etkili bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Bu yöntemler, verilerin ayrımında önemli özellikleri vurgulayan çok katmanlı yapılar üzerine kuruludur (LeCun ve ark., 2015).

Kısacası, derin öğrenme, özellik çıkarma ve dönüştürme amacıyla çok katmanlı doğrusal olmayan işleme birimlerinin kademeli bir şekilde kullanılmasını sağlar. Veri girişine yakın alt katmanlar basit özellikleri öğrenirken, daha üst katmanlar daha karmaşık özellikleri, alt katman özelliklerinden türetilmiş biçimde öğrenir. Bu, derin öğrenmenin hem büyük veri miktarlarını hem de farklı kaynaklardan elde edilen verilerin analiz edilmesinde ve kullanışlı bilgi çıkarılmasında elverişli olduğu anlamına gelir (Shinde ve Shah, 2018).

Makine öğrenimi ve derin öğrenmenin ortak noktası, verilerden öğrenme modelleri geliştirmeye dayanmasıdır. Ancak derin öğrenme sistemleri, makine öğreniminden farklı olarak, büyük veri setleri kullanarak daha yüksek soyutlamalar ve karmaşık özellikler oluşturma kapasitesine sahiptir. Bu sayede, derin öğrenme, daha derin ve etkili analizler yapma imkanı sunar (Şen, 2004; Suzuki, 2017).

Derin öğrenme katmanları şu şekildedir (Doğan ve Türkoğlu, 2019):

- Giriş (Input) Katmanı
- Konvolüsyon (Convolution) katmanı
- Tam Bağlı (Full-Connected) Katman
- Dropout Katmanı
- Sınıflandırma (Classification) katmanı
- Yumuşatma (Softmax) Katmanı
- Normalizasyon (Normalization) Katmanı

2.7.1. Evrişimli (Konvolüsyonel) Sinir Ağı

LeCun ve arkadaşları tarafından 1998 yılında evrişimli sinir ağları (ESA) adı verilen ileri beslemeli bir yapay sinir ağı ve derin öğrenme mimarisi tasarlanmıştır (LeCun ve ark., 1998). İnsanlar ve makineler arasındaki algılama farkının önlenmesi için canlıların görsel algı mekanizmalarından esinlenilerek oluşturulmuştur. ESA'nın temel amacı, görüntüler içindeki bilginin anlaşılması, derin öğrenme teknikleriyle yeni görüntüler oluşturulması ve görüntüler içindeki karmaşık nitelikleri anlamaktır. ESA, bir görüntü üzerine çalışabilecek, görüntüdeki nesneleri algılayacak ve birbirini fark edebilecek biçimde tasarlanmış olan bir sistemdir (Kızrak ve Bolat, 2018).

Derin öğrenme kavramının temel mimarisi “**evrişimli sinir ağı (ESA)**”dır ve genellikle görüntü sınıflandırma üzerinde çalışılır. Görüntü sınıflandırma işlemlerinde, pikseller, kenar motiflerini, bu motifler nesne parçalarını ve nesne parçalarıysa nesneleri oluşturur (Szegedy ve ark., 2015; Krizhevsky ve ark., 2017).

ESA'da ardarda gelen birden çok eğitilebilir kısımlar vardır. Girdi verileri alındıktan sonra katman katman işlemler yapılarak eğitim süreci uygulanarak ve son olarak doğru sonuç ile karşılaştırmada çıktı verisine ulaşılır. Üretilen sonuçla istenilen sonucun farkı büyüklüğünde bir hata oluşur. Ağ çok az hata yaptığında kayıp düşük, daha fazla hata yaptığıdaysa kayıp yüksektir. Yapılan hatanın bütün ağırlıklara aktarılmasındaysa “geri yayılım algoritması” kullanılır (LeCun ve ark., 2015). ESA'da her birim önceki birimlerin küçük bir alt kümesine beslenerek

sonrasındaki birimlerinse küçük bir alt kümesini beslemektedir. Karışma daha az olur ve böylelikle eğitim hızlı bir şekilde yapılır (Alpaydın, 2019).

2.7.2. Derin Öğrenme Modelleri

Gradyan temelli konvolüsyonel sinir ağları kullanılarak 0'dan 9'a kadar olan el yazısı sayılarını öğrenerek sayıların sınıflandırılmasını sağlayan ilk temel derin öğrenme ağı LeNet'tir. 2006 yılında derin öğrenme yapısı gösterilmiş olsa da (Hinton, 2006) derin öğrenme daha çok 2012 yılındaki ImageNet yarışmasıyla (Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışması) yaygınlaşmıştır. ImageNet yarışmasında görüntü tanıma için algoritmalar oluşturulmuştur. Bu algoritmalarda derin öğrenme mimarileri dikkat çekmiştir. Derin öğrenme mimarileri nesne tanımada epey başarılı sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde derin öğrenme modellerinin bilindik çoğu yöntemle göre daha iyi sonuçlar elde ettiği belirlenmiştir (Doğan ve Türkoğlu, 2019).

2.7.2.1. DenseNet201 (Dense Convolutional Network 201) Modeli

DenseNet201, orijinal DenseNet modelinin varyantı ve 201 katmandan oluşan bir derin öğrenme modelidir. Bu model, ImageNet, CIFAR-10, CIFAR-100 (Canadian Institute For Advanced Research), SVHN (Street View House Numbers) gibi büyük veri kümeleri üzerinde eğitilmiş ve nesne sınıflandırma görevlerinde yüksek doğruluk sağlamıştır. Özellikle transfer öğrenme uygulamalarında oldukça başarılı sonuçlar vermektedir (Huang ve ark., 2016). Evrişim, maksimum havuzlama katmanı, çok katmanlı bir yapıya sahip dense katmanı, ortalama havuzlama katmanı, softmax gibi birçok katman içeren bir yapısı vardır. Ayrıca geçiş katmanlarıyla öznitelik çıkarım işlemini gerçekleştiren bir yapıya sahiptir (Özdemir, 2024).

2.7.2.2. VGGnet

Görüntü geometri grubu (visual geometry group) kısaltması olan VGG, 2014 yılında tasarlanan bir derin öğrenme modelidir, ImageNet 2014 yarışmasında %7,3 hata oranıyla hayli başarılı bir performans göstermiştir. Simonyan ve Zisserman Oxford üniversitesinde geliştirdiği bu modelle 6 farklı model oluşturmuşlardır. Bu 6 farklı model 11, 13, 16, 19 konvolüsyon katmanından oluşmaktadır (Simonyan ve

Zisserman, 2014). Önceki derin öğrenme modellerinde yer alan konvolüsyonlardan farklı olarak burada 2x2 ve 3x3'lük filtreler kullanılmıştır. Bu modelde peş peşe bağlı olan 3 tam bağlı (FC-FullConnected) katman bulunmaktadır. Son tam bağlı katmanda 1000 nöron bulunmakta olup çıkış için üretilecek sınıflandırma katmanındaysa SoftMax katmanı yer almaktadır (Doğan ve Türkoğlu, 2019). Bu modellerden VGG-16 ve VGG-19 modelleri literatürde daha çok bulunmaktadır (Han ve ark., 2011; Ren ve ark., 2015). VGG-16, VGG-19, VGGnet'in katman sayısı farklı olanıdır.

2.7.2.2.1. VGG16

Modelin 16 katmanlı olduğunu ifade ettiği için 16 ile birleştirilmiş ve VGG-16 ismini almıştır. Buradaki katman tanımlaması yalnızca evrişim ve tamamen bağlı katmana dikkat edilerek oluşturulmuştur. VGG-16'nın 138 milyondan fazla parametresi vardır (Keras, 2022). 2014 yılındaki ImageNet Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışmasında (ILSVRC) %91,8 doğruluk başarısını yakalamıştır (Simonyan ve Zisserman, 2014).

VGG-16 modelinin giriş görüntüsü renkli ve sabit boyutlu olacak şekilde 224x224 pikseldir. Giriş görüntüsü verildikten sonra ilk evrişim bloğunda 64 adet 3x3 boyutunda evrişim filtresi uygulanan 2 evrişim katmanı ve sonrasında 2x2 boyutlu bir maksimum havuzlama filtresi bulunmaktadır. İkinci evrişim bloğundaysa 3x3 boyutunda 128 adet evrişim filtresi uygulanan 2 evrişim katmanı ve 2x2 boyutlu maksimum havuzlama katmanı yer almaktadır. Sonraki bloktaysa 256 adet filtre uygulanan 3 evrişim katmanı ve maksimum havuzlama katmanı vardır. Dördüncü ve son evrişim bloğunda, 512 adet filtre içeren 3 evrişim katmanı ve maksimum havuzlama katmanına sahiptir. Son blok tamamen bağlı katman bloğudur. Bu blokta sırasıyla düzleştirme ve 3 tamamen bağlı katman yer almaktadır. VGG-16 derin öğrenmede basit yapısı, uygulama kolaylığı ve görüntü sınıflamadaki başarısı sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde de popülerliğini sürdürmektedir (Güneş, 2022).

2.7.2.2.2. VGG-19

VGG-19 modeli de çok katmanlı bir diğer modeldir. Bu model VGG-16 modelinin geliştirilmiş bir versiyonudur. VGG-16 mimarisinden farkı daha derin bir ağ yapısına sahip olmasıdır. VGG-19 modelinin 143 milyondan fazla parametresi bulunmaktadır (Keras, 2022). Ağ modelindeki derinleşmenin en büyük avantajı farklı özelliklerin çıkartılması ve daha derin bilgileri ortaya çıkarmasıdır. Fakat bununla beraber işlem gücü ihtiyacı artmaktadır (Güneş, 2022).

Modelin giriş görüntüsü standart olarak 224x224 piksel boyutunda ve renklidir. Modele görüntü verilir sonrasında ilk olarak görüntünün boyutu kontrol edilir. Görüntünün boyutu gereken boyutta değil ise tekrar boyutlandırılarak işleme alınmaktadır. Modelin filtreleri sabit boyutlu 3x3 piksel ve havuzlama filtreleri ise 2x2 piksel boyutundadır. 6 blok olarak tasarlanan bu modelin ilk evrişim bloğunda 64 filtre uygulanan 2 evrişim katmanı ve 1 adet maksimum havuzlama katmanı yer almaktadır. Diğer bloktaki 2 evrişim katmanınaysa 128 adet filtre ve ardından maksimum havuzlama katmanı uygulanmaktadır. Bir sonraki bloktaysa 256 evrişim filtresinin uygulandığı 4 evrişim katmanı ve bir maksimum havuzlama katmanı yer almaktadır. Dördüncü ve beşinci bloktaysa 512 adet filtre uygulanan 4 adet evrişim katmanı ve maksimum havuzlama katmanı vardır. Son katmandaysa düzleştirme katmanı ve 3 adet tamamen bağlı katman yer almaktadır. VGG-19, günümüzde popüler ağlardan biridir ve görüntü sınıflamadaki başarısından dolayı sık sık kullanılmaktadır (Güneş, 2022).

2.7.2.3. MobileNet

Popüler derin öğrenme modellerinden çok daha küçük boyutta ve performans açısından daha hızlı olan MobileNet, basit bir derin evrişimsel sinir ağı modelidir. Derinlik açısından ayrılabilir evrişimlerde her bir girdi kanalına tek bir filtre uygulanır. Sonrasında nokta bazlı evrişimde 1x1 evrişimler kullanılarak derinlik bazlı katmanların çıktısının doğrusal kombinasyonu elde edilir. Derinlik açısından ayrılabilir katmanlar, tipik evrişim katmanlarının işlemini neredeyse taklit etmektedir. Fakat çok daha hızlı ve küçük bir farkla (tipik evrişim, çıktı özelliklerine hem filtre uygular hem de birleştirir, fakat bu işlem derinlik açısından ayrılabilir evrişimde iki katmana ayrılır, filtreleme için ayrı bir katman ve birleştirme için ayrı

bir katman) işlem yapılır. Bu yaklaşım modelin boyutunu en aza indirerek hesaplama güç taleplerini azaltır. Çıktıyı sınıflandırmak için softmax katmanını besleyen tam bağlantılı katman hariç, tüm katmanlardan sonra bir batchnorm ve aktivasyon katmanı (Rectified linear units layer-ReLu) yer alır. MobileNet, derinlikli ve noktasal evrişimler haricinde 28 katmanı bulunmaktadır. MobileNet modeli derinlemesine ayrılabilir evrişim işleminden faydalanarak işlem hacmini, parametre sayısını ve model karmaşıklığını düşürmüş, böylelikle donanımsal olarak kısıtları olan mobil ve gömülü cihazlarda uygulanılabilir hale getirilmiştir (Howard ve ark., 2017).

2.7.2.4. ResNet-50

Derin öğrenme modellerinde bağlantıların ve artık bağlantıların kullanıldığı bir sinir ağı olan ResNet-50, Kaiming He ve arkadaşları tarafından önerilmiştir. Artık bağlantılar bir konvolüsyon ağının çıktısını sonraki evrişim katmanının girdisi ile birleştirir. Bu yapı derin ağların eğitimini kolaylaştırarak özellik haritalarının daha iyi öğrenilmesine yardımcı olmaktadır (Kumar ve ark., 2022).

ResNet-50 toplam beş aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada 7x7 boyutunda 64 filtreli bir evrişim katmanı ve ardından 2 adımlı 3x3 maksimum havuzlama katmanı bulunmaktadır. İkinci aşamada üç set halinde 1x1 filtreli 64 kanallı, ardından 3x3 filtreli 64 kanallı ve son olarak 1x1 filtreli 256 kanallı evrişim katmanları yer almaktadır. Sonraki aşamalarda, farklı sayılarda filtreli evrişim katmanları tekrar edilir. Üçüncü aşamada 128 filtreli 1x1 evrişim, ardından 128 filtreli 3x3 evrişim ve son olarak 512 filtreli 1x1 evrişim katmanları bulunur. Dördüncü aşamadaysa 256 filtreli 1x1 evrişim, ardından 256 filtreli 3x3 evrişim ve son olarak 1024 filtreli 1x1 evrişim katmanları bulunur. Son aşamada modelin 1x1, 3x3 ve 1x1 boyutlarında sırasıyla 512, 512 ve 2048 filtreli evrişim katmanları yer alır. Tüm evrişim aşamalarından sonra, bir maksimum havuzlama katmanı bulunmaktadır ve sonrasında 1000 nöronlu tam bağlantılı katmanlar kullanılarak sınıflandırma yapılır. ResNet-50, özellikle görüntü sınıflandırmada yüksek performans göstermektedir (Hanbay ve Erçelik, 2023).

2.7.3. Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Öznitelik Çıkartılması

Yapay zekanın alt alanı olan derin öğrenmede Konvolüsyonel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks-CNN) kullanılarak oluşturulan birçok model/mimari mevcuttur. Bu modellerde birden fazla katman bulunur ve katmanlarda konvolüsyon işlemi uygulandığı filtre türüne göre ilk aşamalarda düşük seviye, sonraki aşamalarda orta ve yüksek seviyeli özniteliklerin çıkarılması sağlanır (Altan, 2019). Bu öznitelikler katmanlardaki ağırlık öğrenmesi ile oluşmaktadır. Bu ağlar kendine sunulan bilgiyi kullanmak yerine hangi bilgiyi öğreneceğine kendi başına karar verebilen yapılardır (Kızrak ve Bolat, 2018). Böylelikle görüntüden çıkarılan öznitelikler görüntüyü diğer görüntülerden ayırt edecek bilgilere sahip olmaktadır.

Derin öğrenme modelleri/mimarilerinde katmanlardan çıkartılan öznitelikler sınıflandırmak veya farklı yapay zeka algoritmalarında kullanılmak için düzleştirilir. Düzleştirme, bir matrisi vektöre dönüştürme işlemidir (Aslan, 2022).

2.7.4. Özniteliklerin Karşılaştırılması

Birçok bilim ve mühendislik alanında, iki özellik arasındaki benzerlik, belirli bir mesafe ölçüsü kullanılarak aralarındaki mesafenin hesaplanmasıyla belirlenir. Makine öğrenmesi algoritmalarında farklı mesafe ölçümleri kullanılmaktadır. Temel olarak Öklid mesafesi kullanılsa da, Manhattan, Haversine, Minkowski gibi daha farklı ölçümlerde mevcuttur (Atcılı, 2022).

2.7.4.1. Kosinüs Benzerliği

Kosinüs benzerliği, iki sayısal vektör arasındaki benzerliği ölçen istatistiksel bir yöntemdir (Öztürk, 2019). Görüntü verilerinin benzerliğinde en iyi sonucu veren Kosinüs benzerliği, trigonometrideki kosinüs fonksiyonu üzerinden formülize edilmesi ve iki vektörün birbirine göre olan ilişkisi bir açı olarak ifade edilmesine dayanır. Aynı yönü gösteren, yani birbiri ile aynı olan iki vektör için kosinüs değeri 1 olurken birbirine dik olan vektörler için kosinüs değeri 0, birbirinin zıddı olan vektörler için ise bu değer -1 olacaktır. Diğer bütün değerler, +1 ile -1 arasında yer alacaktır. Dolayısıyla Kosinüs benzerliği ile görüntüler arasındaki benzerlik bu

yöntemle sayısallaştırılmaktadır (Akmeşe ve ark.,2019). Kosinüs benzerliği şu şekilde tanımlanır:

$$\text{cosine similarity} = S_C(A, B) := \cos(\theta) = \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{\|\mathbf{A}\| \|\mathbf{B}\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}},$$

2.7.4.2. Öklid Mesafesi

Bu metrik, iki örnek arasındaki düz çizgi mesafesini Öklidyen uzayda ölçmektedir. Öklid mesafesi, iki örneğin karşılık gelen özellikleri arasındaki farkların karelerinin toplamının karekökünü alarak hesaplanır (Degirmenci ve Karal, 2022). Öklid mesafesi şu şekilde tanımlanır:

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Öklid mesafesi

2.7.4.3. Jaccard Benzerliği

Jaccard Benzerliği, iki küme arasındaki benzerliği değerlendirmek için kullanılan bir ölçüttür. Bu benzerlik oranı, iki kümenin kesişim kümesinin eleman sayısının, bu iki kümenin birleşim kümesinin eleman sayısına oranı ile hesaplanır. Jaccard Benzerliği, 0 ile 1 arasında bir değer alır; 0, kümelerin tamamen farklı olduğunu, 1 ise kümelerin tamamen aynı olduğunu gösterir (Atcılı, 2022). Jaccard benzerliği şu şekilde tanımlanır:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|}$$

2.7.4.4. Sørensen–Dice Katsayısı

Sørensen-Dice Katsayısı, iki dizinin veya metin parçasının benzerliğini ölçmek için kullanılan bir metriktir. Bu ölçüm, iki örneğin ortak elemanlarına dayalı olarak benzerlik oranını hesaplar ve sonuçları 0 ile 1 arasında bir değerle ifade eder. 1'e yakın bir sonuç, iki örneğin yüksek derecede benzer olduğunu gösterirken, 0'a

yakın bir değer benzerliğin düşük olduğunu belirtir (Atcılı, 2022). Sørensen–Dice Katsayısı şu şekilde tanımlanır:

$$DSC = \frac{2|X \cap Y|}{|X| + |Y|}$$

2.7.4.5. Pearson Korelasyonu

Korelasyon mesafesi, Pearson korelasyon katsayısından türetilmiş bir mesafe ölçümüdür. Bu katsayı, iki değişken arasındaki doğrusal bağıntının gücünü belirlemek için kullanılır ve -1 ile +1 arasında değer alır. Katsayının değeri sıfıra yaklaştıkça, iki örnek arasındaki doğrusal ilişki zayıflar. +1'e yakın değerler, pozitif bir doğrusal ilişkiyi; -1'e yakın değerler ise negatif bir doğrusal ilişkiyi gösterir. İlişkinin gücünü belirleyen faktör, bu katsayının ± 1 değerine ne kadar yakın olduğudur. Katsayı 0 olduğunda değişkenler arasında bir ilişki yoktur, ± 1 olduğunda ise mükemmel bir ilişki bulunduğu anlamına gelir (Yin ve ark, 2020). Pearson Korelasyonu şu şekilde tanımlanır:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

2.8. Adli Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zekanın adli diş hekimliğindeki esas kullanım amacı, insan gözünün ve zihninin sebep olduğu yanlış algılamaları uzaklaştırarak, büyük veri analizlerinden elde edilen oral radyografiler, yapılan dental işlemler ve diş kayıtlarının yardımıyla bir bireyin kimliklendirilmesinin sağlanmasıdır (Saxena ve ark., 2010; Khanagar ve ark., 2021).

Adli diş hekimliğinde yapay zeka uygulamalarına ait yapılan çalışmalar genellikle ağızda bulunan ya da bulunmayan dişlerin belirlenmesi ve sınıflandırılmasına yönelik algoritmaların geliştirilmesini kapsamaktadır (Miki ve ark., 2017; Tuzoff ve ark., 2019).

Miki ve ark. ESA modelinden yararlanarak, KIBT görüntülerinde dişlerin otomatik olarak sınıflandırılabilirdiği bir derin öğrenme algoritması geliştirmişlerdir. Çalışma sınırlı örnek sayısı ile yapılmasına rağmen Yapay zeka algoritmalarının adli

diş hekimliğinde kimliklendirme için dental kayıtların doğru bir şekilde oluşturulması amacıyla kullanılabileceğini ispatlamıştır. Bununla birlikte; bu algoritmanın yardımıyla protez ve implantoloji uygulamalarında da ağızda bulunan ya da bulunmayan dişlerin kodlanmasının faydalı olabileceğinin üzerinde durmuşlardır (Miki ve ark., 2017).

Tuzoff ve ark, dişlerin otomatik olarak doğru bir şekilde belirlenerek numaralandırılması için geliştirdikleri algoritmadaysa panoramik radyograf görüntülerinden faydalanmıştır. Çalışmada 1352 panoramik radyograf kullanılmış ve uygulanan algoritmanın gözlemcilerle ilgili olarak elde edilen dental kayıtlarla karşılaştırılabilir sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Tuzoff ve ark., 2019).

AM ve PM kayıtların karşılaştırılmasında kullanılması amacıyla dijital teknolojiye dayalı dünya genelinde kabul edilen kişisel bir tanımlama uygulaması henüz bulunmamaktadır (Aydoğdu, 2022).

Matsuda ve ark. kişisel tanımlama işlemini desteklemek için 6 farklı YSA modelini kullanarak kısa bir sürede elde edilen eşleştirilmiş 30 çift panoramik radyograf üzerinde çalışmışlardır. Kişisel tanımlama için YSA'ların kullanılmasının yararlı olduğunu ve kullanılan YSA'lar arasında en yüksek doğruluğu VGG16 modelinin gösterdiğini belirtmişlerdir (Matsuda ve ark., 2020).

YSA'nın cinsiyetin belirlenmesinde iki geleneksel yöntem olan lojistik regresyon modeli ve diskriminant analiziyle karşılaştırıldığı bir çalışmada, panoramik radyograflar kullanılarak yapılan yapay zeka modellemesinin %75 oranında yüksek doğruluk gösterdiği, otomatik ve basit kullanımıyla gelecek vadede bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Patil ve ark., 2020). Cinsiyetin belirlenmesinde yapay zekanın uygulanmasının tekrar edilebilme, kısa sürede uygulanma ve nesnel bir yaklaşım olması gibi avantajları vardır. Bewes ve ark. yaptıkları çalışmada bilgisayarlı tomografi görüntülerinde kafatası morfolojisine dayanarak cinsiyetin belirlenmesinde YSA'yı kullanmışlardır. Evrişimsel bir sinir ağı olan GoogLeNet'i 900 görüntü veri seti üzerinden eğiterek, 100 görüntü üzerinde test etmişlerdir ve yapay zeka algoritması %95 doğruluk göstermiştir (Bewes ve ark, 2019). Khazaei ve ark. yapay zekanın cinsiyet belirlemedeki başarısını belirlemek amacıyla 1476 lateral sefalometrik görüntüsünde 3 farklı YSA modelini (DenseNet,

ResNet, VGG) test etmişlerdir. Görüntülerin %80'i eğitim, %20'si test seti olarak kullanmışlar ve %90 doğrulukla en yüksek başarıyı DenseNet121 modeli göstermiştir (Khazaei ve ark., 2022).

Milošević ve ark. 4000 panoramik radyografda cinsiyetin belirlenmesi amacıyla ImageNet modelinde görüntülerin %77'ini eğitim, %23'ünü ise test seti olarak kullanmışlardır. Veri setindeki panoramik görüntülerde biyolojik cinsiyetin tahmininde, modelin çene şekli, mandibular kondil, mandibular açı ve sinüslere odaklandığını ve modelin %96,87 doğruluk gösterdiğini belirtmişlerdir (Milošević ve ark., 2019). Ataş 24.000 panoramik görüntüden oluşan veri seti üzerinde, cinsiyetin belirlenmesi için DenseNet121 modelini kullandığı çalışmada, DenseNet121 modeli %97,25 başarı oranı elde etmiştir (Ataş, 2021).

Özellikle adli tıp uzmanlarının iş yükünün çok olduğu afet gibi durumlarda, geleneksel yöntemlerden daha hızlı, net ve standart bir yöntemin bulunması amacıyla yapay zeka uygulamalarından yaşın belirlenmesinde de yararlanılmaya başlanmıştır (Verma ve ark., 2019; Vila-Blanco ve ark., 2020). Yapay zeka uygulamalarına yönelik yapılan çalışmaların bir bölümü, dişlerin gelişim düzeyleri belirlenerek otomatik olarak yaşın belirlenmesini sağlayan algoritmaların geliştirilmesi üzerinedir (De Tobel ve ark., 2017 a; De Tobel ve ark., 2019)

De Tobel ve ark.'nın 3. molar dişlerin gelişimine göre yaşın belirlenmesinde kullanılan Demirjian yöntemini değiştirerek yararlandıkları çalışmada, 20 panoramik radyografının otomatik olarak değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen derin öğrenme algoritmasının; gözlemcilere dayalı değerlendirmelerle yakın performans gösterdiği belirlenmiştir (De Tobel ve ark., 2017b) ve daha geniş bir hasta grubundaki panoramik radyograf görüntüleri üzerinde de otomatik olarak yaşın belirlenmesi için oluşturdukları algoritmayla da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Merdietio Boedi ve ark., 2020).

ESA'ları kullanan Sathyavathi ve Baskaran mandibular üçüncü molar dişin gelişim durumuna göre yaşın belirlenmesinde doğruluk oranlarının %93 ü geçtiğini bildirmiştir (Sathyavathi ve Baskaran, 2024).

Sandoval ve ark. farklı sagittal iskeletsel paterndeki hastaların lateral radyografilerindeki kraniyomaksiller landmarkların yardımıyla mandibular

morfolojinin tahmin edilmesinde otomatik öğrenme tekniklerini kullanarak YSA'nın yüksek doğruluk gösterdiğini bulmuşlardır (Khanagar ve ark., 2021). Posteroanterior kafa grafilinde yapılan benzer bir çalışmada da mandibular morfolojinin tahmin edilmesinde YSA'nın tahmin sonuçlarının yüksek doğruluk gösterdiği bildirilmiştir (Niño-Sandoval ve ark., 2017).

Isırık izinin analizinde yüksek performans sağlayan bir model geliştirilmesi ve kimliklendirmede insan yanlışlığının giderilmesi amacıyla yapay zeka uygulamaları denenmektedir. Mahasantipiya ve ark.'nın nöral sinir ağlarından yararlanarak 250 ısırık izinin örneğini inceledikleri çalışmada nöral ağı tanımlamadaki doğruluğunu %82 oranında bulmuşlardır. Yapay zeka ve ısırık izleriyle yaptıkları bu ön çalışmada anterior dişlerinde eksiklik bulunmayan hastalardan pembe bal mumuna ısırık izi örneği almışlar, bu varsayımın gerçek yaşam durumuna tamamen uygun olmasa da algoritmaların geliştirebilerek uygulanabileceğini belirtmişlerdir (Mahasantipiya ve ark., 2010).

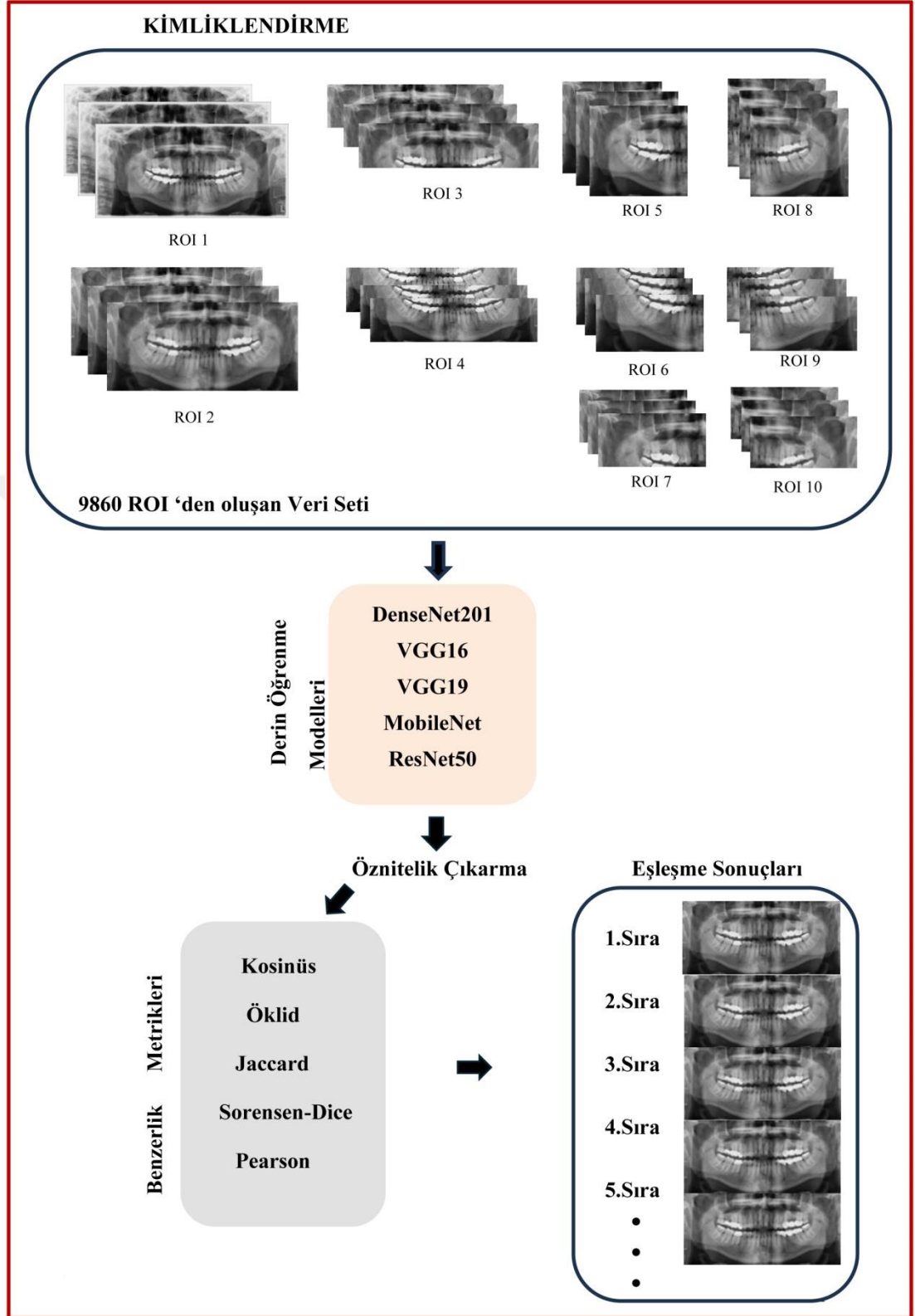
Dudak izi modellerinin manuel yöntemlerle tanımlanması hatalı olabileceğinden otomatik sistemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Sandhya ve ark. dijital dudak izi görüntülerinden alt ve üst dudakların segmente edilmesi amacıyla otomatik bir model geliştirmişler, yapay sinir ağının doğruluk oranını %85 olarak bulmuşlardır (Sandhya ve ark., 2022).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma; Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Kliniği'nde, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi etik kurulunun 05.12.2023 tarih 276 sayılı izni alınarak gerçekleştirildi. Bu tez çalışmasında, arşiv materyali kullanılarak panoramik radyograf görüntülerinde on farklı ilgilenilen görüntü alanı (region of interest-ROI) alınarak elde edilen ROI'lerde farklı derin öğrenme modelleri kullanılarak öznitelikler çıkartıldı. Dental panoramik radyograflar üzerinde derin öğrenme modelleri kullanarak kimliklendirme yapmak ve derin öğrenme modellerinin kimliklendirmedeki başarısını karşılaştırmak hedeflendi.

Uygulanacak yöntem 3 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar veri setinin hazırlanması, derin öğrenme modellerinin kullanılarak öznitelik çıkartılması ve özniteliklerin karşılaştırılmasıdır.

Şekil 2'de bu çalışmanın tasarımı görülmektedir.



Şekil 2. Bu tez çalışmasının tasarımı

3.1. Veri Setinin Hazırlanması

3.1.1. Görüntülerin Seçilmesi

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi kliniğine 2019-2023 yılları arasında sistemde farklı zamanlarda alınmış 29.060 panoramik radyograf tarandı. Belirlediğimiz dahil etme kriterlerine uyan en az iki panoramik radyografi olan 450 hasta çalışmaya dahil edildi. 5 hastanın dörder, 76 hastanın üçer, 369 hastanın ikişer panoramik radyografi olmak üzere 450 hastadan toplamda 986 panoramik radyograf seçildi. Aynı hastadan seçilen panoramik radyograflar arasındaki süre en az 6 ay olarak belirlendi.

Planmeca Promax cihazında (Planmeca Promax, Helsinki, Finland) 66-68 kVp, 7-13 mA ve 16 sn çekim prosedüründe elde edilmiş dijital panoramik radyograflar incelendi. Çalışma için seçilen ham görüntüler Planmeca Romexis 3.8.3 programı (Helsinki, Finlandiya) ile Joint Photographic Experts Group (JPEG) formatında dışarı aktarıldı.

Çalışmaya dahil olma kriterleri:

- 18 yaş ve üzeri olmak
- Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Kliniği'nde en az 2 panoramik radyografin alınmış olması

Çalışmaya dahil olmama kriterleri:

- Çene ve diş yapılarını etkileyen herhangi bir anomalinin bulunması (amelogenesis imperfekta, dentinogenesis imperfekta, kleidokraniyal dizostoz vb.) ve kist, tümör gibi bir patolojinin bulunması
- Çene kemiklerini ve diş yapılarında travma nedeniyle oluşmuş fraktür, avülsiyon, konküzyon gibi durumların olması
- Panoramik radyografda süperpoze olan yabancı cisim bulunması (küpe, aparey, protez işitme cihazı vb.)

- Panoramik radyografda anatomik yapıların bir kısmının (mandibulada kondil ya da mental bölge gibi) görünmüyor olması.

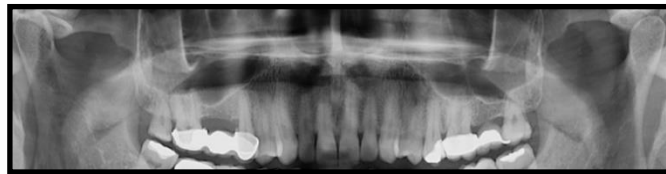
İstenilen özelliklere sahip panoramik radyograflar belirlendikten sonra panoramik radyograflardan bir gözlemci (H. G. G) tarafından 9 bölgeden aşağıdaki şekillerde belirtilen genişlik ve yükseklikte piksel cinsinden kesit alanı (region of interest-ROI) alındı ve kırılmamış ham panoramik görüntülerin de dahil edilmesiyle böylelikle 10 farklı veri seti hazırlandı ($10 \times 986 = 9860$ ROI). ROI oluşturma işlemleri için ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>) programı kullanıldı.

1. ROI, kırılmamış ham panoramik görüntü olarak kabul edildi. 2.ROI'de ise mevcut dişlerin, mandibula korpus, angulus, ramus, koronoid ve kondil bölgesinin ve maksillanın görülmesi dikkate alındı, siyah çizgilerle işaretli alan (Resim 1).



Resim 1. Birinci ROI (siyah çizgiyle işaretli alan) ve ikinci ROI: Bütün çeneden 1480x600 piksel aralığında panoramiğin tamamı, (beyaz çizgilerle işaretli alan).

3. ROI; 1480x300 piksel aralığında sağ ve sol maksilla ve mevcut maksiller dişler görülecek şekilde oluşturuldu (Resim 2).



Resim 2. Üçüncü ROI alanı

4. ROI, 1480x300 piksel aralığında sağ ve sol mandibula korpus, angulus bölgeleri ve mevcut mandibular dişler görölecek şekilde oluşturuldu (Resim 3).



Resim 3. Dördüncü ROI alanı

5. ROI'de, 700x600 piksel aralığında maksilla ve mandibulanın sağ yarısı ve maksilla ve mandibulanın sağ bölgesindeki dişler dikkate alındı (Resim 4).



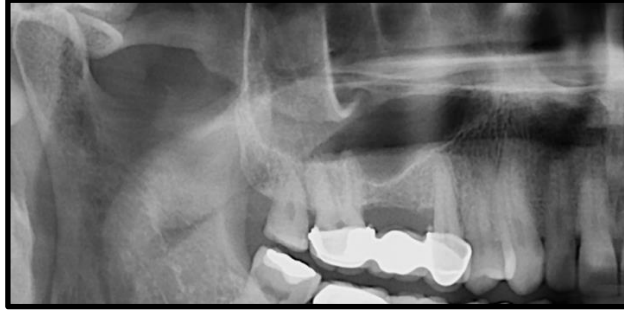
Resim 4. Beşinci ROI alanı

6. ROI'de, 700x370 piksel aralığında mandibulanın sağ angulusu ve mandibulanın sağ bölgesindeki dişler dikkate alındı (Resim 5).



Resim 5. Altıncı ROI alanı

7. ROI, 700x370 piksel aralığında maksillanın sağ yarısı ve maksillanın sağ bölgesinde bulunan dişler ve mandibulanın sağ kondil, koronoid ramusun üst kısmını içermektedir (Resim 6).



Resim 6. Yedinci ROI alanı

8. ROI’de, 700x600 piksel aralığında maksilla ve mandibulanın sol yarısı ve maksilla ve mandibulanın sol bölgesindeki bulunan dişler dikkate alındı (Resim 7).



Resim 7. Sekizinci ROI alanı

9. ROI’de, 700x370 piksel aralığında mandibulanın sol angulusu, korpusu ve mandibulanın sol bölgesindeki dişler dikkate alındı (Resim 8).



Resim 8. Dokuzuncu ROI alanı

10. ROI’de, 700x370 piksel aralığında maksillanın sol yarısı ve maksillanın sol bölgesindeki bulunan dişler, kondil, koronoid, ramusun üst yarısı dikkate alındı (Resim 9).



Resim 9. Onuncu ROI alanı

3.2. Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Öznitelik Çıkartılması

Önceden eğitilmiş derin öğrenme modellerinden DenseNet201, VGG16, VGG19, MobileNet, ResNet50 modelleri, elde edilen ROI'lerin hepsinde öznitelik çıkarım işlemi için kullanıldı. Her bir görüntüden çıkarılan vektör tipindeki özellikler karşılaştırılarak benzer görüntüler bulunmaya çalışıldı.

3.3. Özniteliklerin Karşılaştırılması

ROI'lere ait özniteliklerin birbiri ile kıyaslanarak vektörlerin birbirine olan benzerliklerini hesaplamak için ise Kosinüs benzerliği, Öklid mesafesi, Jaccard benzerliği, Sørensen–Dice katsayısı, Pearson korelasyonu metrikleri kullanıldı.

ROI'lerden elde edilen öznitelik vektörlerinin her biri birbiri ile kıyaslandı. Bu kıyaslanma sonucunda birbirine en yakın yani en benzer görüntüler belirlenerek kimliklendirme işleminin doğruluğu hesaplandı.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında, panoramik radyograf görüntülerinde, derin öğrenme modellerinden DenseNet201, VGG16,VGG19, MobileNet ve ResNet50 ‘nin kimliklendirmedeki başarıları araştırıldı.

DenseNet201, VGG16,VGG19, MobileNet ve ResNet50 modelleri ile kimliklendirmede, kırılmamış ham panoramik görüntü, her iki çeneyi de içeren panoramik görüntü, üst, alt, sağ, sağ alt, sağ üst, sol, sol alt, sol üst olmak üzere on ayrı veri seti oluşturuldu. Derin öğrenme modelleriyle her veri setinden öznitelikler elde edildi. Her veri setinin kendi içerisindeki özniteliklerin birbiri ile kıyaslanarak vektörlerin birbirine olan benzerliklerinin hesaplanmasında; Kosinüs benzerliği, Öklid mesafesi, Jaccard benzerliği, Sørensen–Dice katsayısı, Pearson korelasyonu metrikleri kullanıldı. ROI’lerden elde edilen öznitelik vektörlerinin her biri birbiri ile kıyaslandı. Bu kıyaslanma sonucunda birbirine en yakın yani en benzer görüntüler belirlenerek kimliklendirme işleminin doğruluğu hesaplandı.

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmaya katılan hastaların 275’i kadın,175’i erkek hastadır. Çalışmaya katılan hastaların yaş ortalaması 40,34 olup; minimum yaş 18,maksimum yaş 78’dir. 369 hastanın ikişer, 76 hastanın üçer, 5 hastanın dörder panoramik filmi çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen hastaların panoramik filmlerinin arasındaki süre ortalama 378,79 gün olup; minimum süre 180 gün, maksimum süre ise 845 gündür.

Tablo 1. Çalışmadaki hastaların cinsiyetlerinin ve panoramik radyograf sayılarının dağılımı

Cinsiyet	N	%
Kadın	275	61.1
Erkek	175	38.9
Toplam	450	100
Panoramik Radyograf Sayısı		
2	369	82
3	76	16.9
4	5	1.1
Toplam	450	100

Tablo 2. Çalışmadaki hastaların yaş ve panoramik radyografları arasındaki süre değerleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama
Yaş	450	18	78	40,34
Süre (Gün)	450	180	845	378.79

4.2. Derin Öğrenme Modellerinin Performans Sonuçları

4.2.1. DenseNet-201 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu

DenseNet-201 modelinde tüm ROI’lerde Jaccard ve Sorensen-Dice benzerlik metriklerinin diğer metriklere göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin daha fazla olduğu belirlendi. Öklid benzerlik metriğininse tüm ROI’lerde panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin en az olduğu belirlendi. Tüm metriklerde en yüksek benzerlik oranının ROI-5’te, en düşük benzerlik oranının ROI-1’de olduğu belirlendi (Tablo 3).

Tablo 3. Densenet-201 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdeleri

Benzerlik Metrikleri	Kosinüs Benzerliği	Öklid Mesafesi	Jaccard Benzerliği	Sorensen/Dice katsayısı	Pearson Korelasyonu
ROI 1	67,44	64,1	70,39	70,49	67,68
ROI 2	74,95	69,98	86,11	86,11	77,1
ROI 3	60,34	55,07	76,37	76,37	62,31
ROI 4	67,44	64,3	76,67	76,67	69,81
ROI 5	79,01	75,35	90,67	90,67	81,56
ROI 6	68,26	66,33	80,83	80,83	71,73
ROI 7	67,34	60,65	83,57	83,67	69,71
ROI 8	72,92	70,39	86,21	86,21	76,39
ROI 9	64,2	61,76	78,3	78,3	86,21
ROI 10	63,49	54,87	78,09	78,19	76,47

4.2.2. VGG-16 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu

VGG-16 modelinde tüm ROI'lerde Jaccard ve Sorensen-Dice benzerlik metriklerinin diğer metriklerle göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin daha fazla olduğu belirlendi. Öklid benzerlik metriğininse tüm ROI'lerde panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin en az olduğu belirlendi. Tüm metriklerde en yüksek benzerlik oranının ROI-5'te, en düşük benzerlik oranının ROI-1'de olduğu belirlendi (Tablo 4).

Tablo 4. VGG-16 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdeleri

Benzerlik Metrikleri	Kosinüs Benzerliği	Öklid Mesafesi	Jaccard Benzerliği	Sorensen/Dice katsayısı	Pearson Korelasyonu
ROI 1	66,43	56,39	61,97	61,97	64,03
ROI 2	83,06	74,95	85,29	85,29	82,98
ROI 3	70,99	59,13	75,56	75,56	70,21
ROI 4	70,89	60,45	73,12	73,12	71,02
ROI 5	89,66	76,27	90,26	90,26	88,04
ROI 6	73,43	63,59	78,7	78,7	75,28
ROI 7	79,41	64,1	80,12	80,12	76,9
ROI 8	84,79	72,41	87,53	87,53	84,19
ROI 9	71,91	62,47	77,38	77,38	72,44
ROI 10	76,06	59,84	78,4	78,4	74,16

4.2.3. VGG-19 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu

VGG-19 modelinde tüm ROI'lerde Jaccard ve Sorensen-Dice benzerlik metriklerinin diğer metriklerle göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin daha fazla olduğu belirlendi. Öklid benzerlik metriğininse tüm ROI'lerde panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin en az olduğu belirlendi. Tüm metriklerde en yüksek benzerlik oranının ROI-5'te, en düşük benzerlik oranının ROI-1'de olduğu belirlendi (Tablo 5).

Tablo 5. VGG-19 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdeleri

Benzerlik Metrikleri	Kosinüs Benzerliği	Öklid Mesafesi	Jaccard Benzerliği	Sorensen/Dice Katsayısı	Pearson Korelasyonu
ROI 1	60,45	52,33	56,9	56,9	58,87
ROI 2	79,92	70,49	82,45	82,45	80,14
ROI 3	69,68	55,07	73,23	73,23	69,1
ROI 4	68,76	61,16	72,41	72,41	70,31
ROI 5	84,89	73,53	87,32	87,32	85,31
ROI 6	73,94	62,88	77,08	77,08	74,87
ROI 7	77,18	62,68	79,61	79,61	74,37
ROI 8	81,54	69,47	84,48	84,48	82,47
ROI 9	70,79	58,42	75,05	75,05	70,92
ROI 10	74,24	55,48	77,18	77,18	72,34

4.2.4. MobileNet Modelinin 1. Sırada Doğruluğu

MobileNet modelinde Öklid benzerlik metriğinin, tüm ROI’lerde panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin en az olduğu belirlendi. Tüm metriklerde en yüksek benzerlik oranının ROI-5’te, en düşük benzerlik oranının ROI-3’te olduğu belirlendi. MobileNet modelinde ROI-5’te en yüksek benzerlik oranı veren metriğin Pearson korelasyonu metriği olduğu belirlendi (Tablo 6).

Tablo 6. MobileNet modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdeleri

Benzerlik Metrikleri	Kosinüs Benzerliği	Öklid Mesafesi	Jaccard Benzerliği	Sorensen/Dice Katsayısı	Pearson Korelasyonu
ROI 1	76,37	73,53	75,56	75,56	75,99
ROI 2	84,69	82,25	84,99	84,99	84,4
ROI 3	72,01	67,44	72,72	72,72	71,73
ROI 4	75,86	73,63	76,17	76,17	75,08
ROI 5	88,54	87,93	89,25	89,25	89,36
ROI 6	82,56	81,14	82,05	82,05	83,18
ROI 7	82,25	75,76	81,95	81,95	80,34
ROI 8	87,53	85,9	87,83	87,83	87,74
ROI 9	78,8	76,17	78,19	78,19	78,82
ROI 10	77,59	70,49	78,7	78,7	76,8

4.2.5. ResNet-50 Modelinin 1. Sırada Doğruluğu

ResNet-50 modelinde Öklid benzerlik metriğinin, tüm ROI’lerde panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdelerinin en az olduğu belirlendi. Tüm metriklerde en yüksek benzerlik oranının ROI-5’te, en düşük benzerlik oranının ROI-1’de olduğu belirlendi. MobileNet modelinde ROI-5’te en yüksek benzerlik oranı veren metriğin Kosinüs benzerliği metriği olduğu belirlendi (Tablo 7).

Tablo 7. ResNet-50 modelinde tüm ROI alanlarında benzerlik metrikleri ölçümlerine göre panoramik radyografların birinci sırada eşleşme (RANK-1) yüzdeleri

Benzerlik Metrikleri	Kosinüs Benzerliği	Öklid Mesafesi	Jaccard Benzerliği	Sorensen/Dice katsayısı	Pearson Korelasyonu
ROI 1	55,58	51,62	52,54	52,54	55,62
ROI 2	73,33	71,5	73,63	73,63	74,57
ROI 3	63,18	57,2	59,63	59,63	61,7
ROI 4	65,72	62,78	63,39	63,39	65,45
ROI 5	84,18	78,7	80,93	80,93	82,98
ROI 6	71,81	67,95	71,6	71,6	71,83
ROI 7	73,63	66,94	70,49	70,49	72,14
ROI 8	82,05	76,88	79,51	79,51	80,45
ROI 9	67,24	63,79	65,01	65,01	66,87
ROI 10	70,99	62,58	66,13	66,13	69

4.2.6. Derin Öğrenme Modellerinin En Yüksek Performans Sonuçları

DenseNet-201, VGG-16,VGG-19, MobileNet ve ResNet-50 modellerinin en yüksek performans sonuçlarını gösterdiği 5.ROI alanındaki benzerlik metriklerine göre panoramik radyografların birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve onuncu sırada eşleşme (Rank -1, 2, 3, 4, 5, 10) yüzdeleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. DenseNet-201, VGG-16, VGG-19, MobileNet ve ResNet-50 modellerinin en yüksek performans sonuçlarını gösterdiği 5. ROI alanında en başarılı benzerlik metriklerine göre eşleşme yüzdeleri

Model	Benzerlik Metriği	1.Sıra	2.Sıra	3.Sıra	4.Sıra	5.Sıra	10.Sıra
DenseNet-201	Jaccard, Sorensen	90,67	93,91	94,83	95,74	96,04	97,16
VGG-16	Jaccard, Sorensen	90,26	92,7	93,81	94,83	95,44	96,75
VGG-19	Jaccard, Sorensen	87,32	90,87	92,29	93	93,2	95,64
MobileNet	Pearson	89,36	92,1	93,72	94,83	95,95	96,66
ResNet-50	Kosinüs	84,18	87,73	89,35	90,37	91,08	93,81

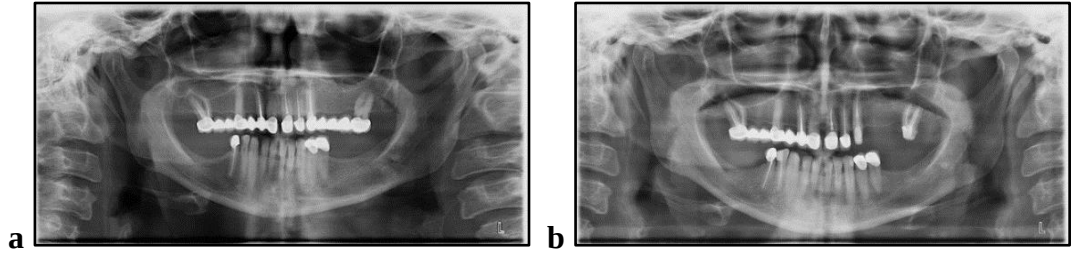
4.2.7. Derin Öğrenme Modellerinin En Düşük Performans Sonuçları

DenseNet-201, VGG-16, VGG-19, MobileNet ve ResNet-50 modellerinin en düşük performans sonuçlarını gösterdiği ROI alanları ve bu ROI alanındaki benzerlik metriklerine göre panoramik radyografların birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve onuncu sırada eşleşme (Rank- 1, 2, 3, 4, 5, 10) yüzdeleri Tablo 9’da gösterilmiştir.

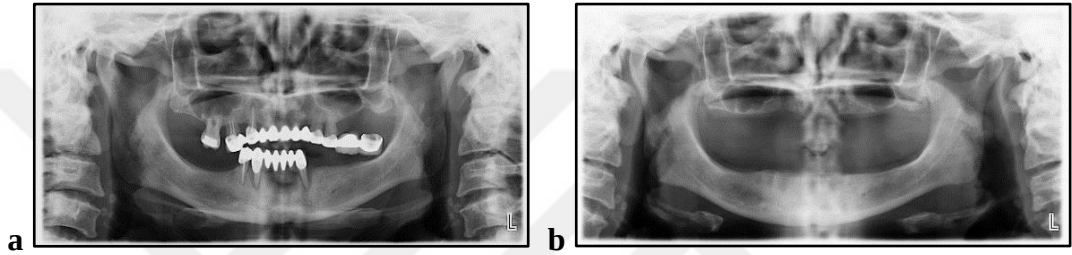
Tablo 9. DenseNet-201, VGG-16, VGG-19, MobileNet ve ResNet-50 modellerinin en düşük performans sonuçlarını gösterdiği ROI alanları ve benzerlik metriklerine göre eşleşme yüzdeleri

Model	Benzerlik Metriği	1.Sıra	2.Sıra	3.Sıra	4.Sıra	5.Sıra	10.Sıra	ROI
DenseNet-201	Öklid	64,1	70,89	73,94	75,86	77,48	83,47	1
VGG-16	Öklid	56,39	63,08	66,33	68,26	70,59	76,27	1
VGG-19	Öklid	52,33	58,01	61,26	64,5	66,84	73,94	1
MobileNet	Öklid	67,44	72,01	74,85	76,17	77,18	81,34	3
ResNet-50	Öklid	51,62	57,91	62,07	64,71	66,53	72,01	1

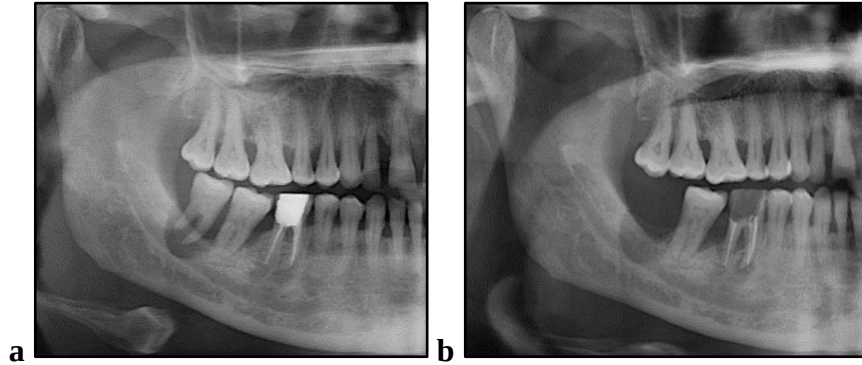
4.3. Çalışmada Elde Edilen Başarılı ve Başarısız Kimliklendirme Örnekleri



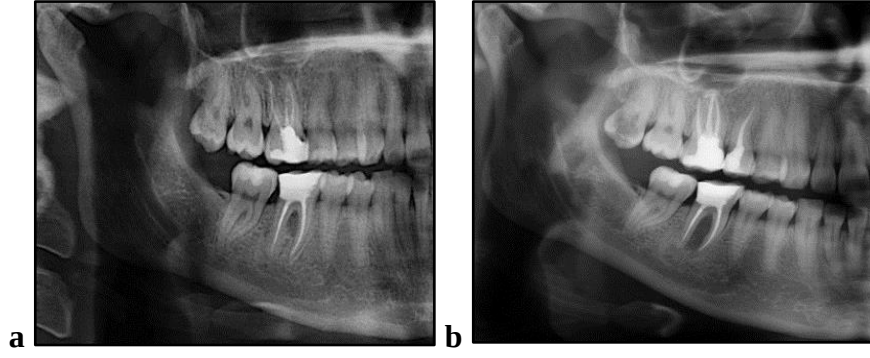
Resim 10. MobileNet modelinde ROI 1’de Kosinüs benzerliğiyle yapılan başarılı bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar



Resim 11. ResNet-50 modelinde ROI 1’de Öklid benzerliğiyle yapılan başarısız bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar (İlk 10 sırada eşleşmeyip, eşleştirme sırası yüksek olanlar başarısız olarak değerlendirilmiştir.)



Resim 12. DenseNet-201 modelinde ROI 5’de Jaccard benzerliğiyle yapılan başarılı bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar



Resim 13. VGG-19 modelinde ROI 5’de Öklid benzerliğiyle yapılan başarısız bir kimliklendirme örneğinde karşılaştırılan panoramik radyograflar (İlk 10 sırada eşleşmeyip, eşleştirme sırası yüksek olanlar başarısız olarak değerlendirilmiştir.)

5. TARTIŞMA

Kimlik belirleme prosedürleri, antemortem kayıtların mevcudiyeti, kalitesi ve türü ile ilgilidir. Adli diş hekimliği kimlik tespiti işlemleri sırasında elde edilen en doğru veriler postmortem ve antemortem radyografilerden elde edilen verilerdir. Bunlar, diş tedavisi çok az olan veya hiç olmayan genç bireyleri, tam dişsiz bireyleri ilgilendiren durumlarda bile yararlıdır. Radyografiler, farklı dillerin ve farklı sınıflandırma sistemlerinin dezavantajlarının üstesinden geldikleri ve mahkemelerde yasal delil olarak kabul edildikleri için uluslararası bağlamda avantajlıdır (Karayianni ve ark.,2007).

Günümüzde diş kayıtları genellikle elektronik ortamda tutulmakta, bu da dijital veya dijitalleştirilmiş röntgenler ve ağız içi fotoğrafları içermektedir. Elektronik diş kayıtlarının kullanılması, ölüm öncesi diş bilgileri konusunda doğruluk ve kaliteyi artırmaktadır (Avon, 2004; Fitzpatrick ve ark., 1996; Borrmann ve ark., 1995). Dijital röntgenler ve ağız içi fotoğrafların en önemli avantajı, bu bilgilerin kolayca aktarılabilmesi ve değerlendirilebilmesidir. Ayrıca, bu veriler bilgisayar ortamında işlenip geliştirilerek tanımlama prosedürleri için daha faydalı bilgiler elde edilebilir. Adli diş hekimlerinin elektronik diş kayıtlarının sınırlamalarının da farkında olmaları gerekir. Röntgenler veya ağız içi fotoğraflar gibi bilgilerin aktarımı, hastanın gizliliği ile ilgili etik sorunları gündeme getirebilir. Ayrıca, elektronik diş kayıtlarına dahil edilen verilerin güvenilirliği henüz değerlendirilememiştir (Avon, 2004; Fitzpatrick ve ark., 1996; Wood ve ark., 1999; Tsang ve ark., 1999).

Antemortem ve postmortem panoramik radyografi verilerinin kullanılmasıyla bireysel kimliklendirme yapılabilir (Reddy ve ark.,2022). Gerçek ölüm sonrası diş görüntülerini içeren bir veri tabanı oluşturmak oldukça zor olduğu için, önceki çoğu çalışmada, aynı canlı kişilerin farklı zamanlarda çekilmiş diş görüntüleri, yöntemlerin test edilmesi ve doğrulanması için kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında da aynı canlı kişilerin farklı zamanlarda çekilmiş panoramik radyografi görüntüleri kullanıldı. Fakat panoramik radyografi görüntülemeyle kimliklendirmede bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Panoramik radyografi görüntüleri iki boyutlu bir düzlem görüntüsü olduğundan, üç boyutlu olarak yaptığımız gibi tüm yönleriyle

ilişkilendirme yapılamaz. Dişlerin distorsiyonu, görüntünün büyütülmesi ve dişlerin üst üste gelmesi gibi durumlar meydana gelebilir (Reddy ve ark.,2022). Bununla birlikte panoramik ve diş radyografik muayene pozisyonunun ayarlanması, görüntüleme bulgularını etkileyebileceğinden, bu muayenelerin sonuçlarının adli analizde kabul edilemeyecek durumları olabilir (Matsuda, Yoshida ve ark., 2020).

Genel olarak ortopantomografi ayakta durmayı ve/veya uygun duruşu gerektirir. Bu nedenle, postmortem ortopantomografilerin elde edilmesi zor olabilir. Franco ve ark., postmortem tüm vücut BT görüntülerinin bireysel dental tanımlama prosedürlerinde değerli bir araç olabileceğini öne sürmüştür (Franco ve ark., 2013). Ohtani ve ark., yüzüstü pozisyona uygun taşınabilir cihazlar kullanarak radyografik görüntüleme incelemesi yaptıklarını bildirmiştir (Ohtani ve ark.,2017). Sakuma ve ark. postmortem BT ve dijital dental radyografiler arasında diş kök uçlarının anatomik ilişkilerini karşılaştırmak için görüntüleme analiz yazılımının füzyon fonksiyonunu uygulamış ve bu yöntemlerin farklı modalitelerle çekilen görüntüleri karşılaştırmayı mümkün kılabileceğini bildirmişlerdir (Sakuma ve ark., 2015). KIBT'nin son 23 yılında yaygınlaşması da aynı şekilde adli diş hekimliğinde ilerlemelere yol açmıştır. Örneğin, Trochesset ve ark. KIBT görüntülerinden ağız içi benzeri görüntüler oluşturmanın ve yüksek tekrarlanabilirlik ve üst üste binme işlevine sahip olmanın mümkün olduğunu, bunun özellikle antemortem görüntüler ve kayıtlar mevcut olmadığında postmortem incelemelerin yararlı bileşenleri olabileceğini belirtmişlerdir (Trochesset ve ark., 2014). BT ve MRG gibi kesitsel görüntüleme yöntemlerinin klinik kullanımı arttıkça, birçok adli diş hekimi de bu teknolojileri maksillofasiyal radyolojide potansiyel araçlar olarak değerlendirmeye başlamıştır. BT'nin kullanımı "sanal otopsi" (veya "virtopsi") kavramına dönüşmüştür. Bu, 3D rekonstrüksiyon ve son işleme ile BT ve MR görüntüleme kullanılarak eksiksiz bir adli soruşturmayı içerir. Görüntüler, konvansiyonel otopsi başlamadan önce alınır. Yeni MDBT tarayıcıları, iki ve üç boyutta ölçülebilen aynı eksen boyunca veri kümelerinin hacim alımını artırır. Ortaya çıkan rekonstrüksiyon, standart otopsiye çok benzer (O'Donnell ve ark.,2008; Christe ve ark.,2009).

Ölüm sonrası diş radyografisi, tatmin edici bir şekilde karşılaştırılabilir bir projeksiyon elde etmek için aşılması gereken bir dizi zorluk sunmaktadır. MDBT ve KIBT kullanımı, birçok pozisyon sorununu etkili bir şekilde ortadan kaldırabilse de,

bu teknolojilerin özellikle kitlesel ölüm durumlarında insan kimliği belirleme amacıyla adli alanda kullanımı henüz çok yeni bir aşamadır. Bu tür karmaşık ekipmanlara erişim genellikle mali açıdan engelleyici olmakta ve çoğu zaman felaket durumlarında lojistik olarak imkânsız hale gelmektedir (Middleton ve ark., 2016). Bu nedenle birtakım sınırlamaları olsa da, daha erişilebilir olması ve daha sık kullanılması sebebiyle KIBT görüntüleri yerine panoramik radyograf görüntüleri bu tez çalışmasında kullanıldı.

Yapay zeka tabanlı modeller, insan gözü ve zihninin sınırlı algılama yeteneklerini aşmak ve hata oranını azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu modellerin, özellikle radyografik görüntülerde insan gözünün fark edemediği belirti ve bulguları tespit etme konusunda ne denli etkili olduğu, pek çok araştırmayla kanıtlanmıştır (Fidya ve Priyambadha, 2018). Bu doğrultuda, adli diş hekimliğinde, yapay zeka destekli sistemler, kimliklendirme süreçlerinde gözden kaçabilecek bilgilerin tespit edilmesine ve ayrıştırılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, yapay zekanın farklı öğrenme yöntemleri ile eğitilerek biyolojik yaş ve cinsiyet tahmininde başarılı olduğu birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Türkcan ve Baybars,2024).

Literatürde, farklı görüntüleme modellerinin kullanıldığı çeşitli dental görüntü tabanlı insan tanımlama yöntemleri sunulmuştur (Fahmy ve ark., 2005; Lee ve ark., 2019). Bu çalışmalarda kullanılan temel yaklaşım iki ana adımı içermektedir: İlk adım diş özelliklerinin çıkarılmasıdır. İkinci adım, eşleştirme için ölüm öncesi ve ölüm sonrası görüntülerin ayıklanmış özelliklerinin karşılaştırılmasıdır. Yaygın olarak kullanılan özellikler dişe ait kontur bilgisi, görüntü yoğunluğuna dayalı olarak çıkarılan özellikler ve dental restorasyonlardır (Lin ve ark., 2012; Oktay, 2017). Eşleştirme işlemi için farklı uzaklık metrikleri dental görüntülerin benzerliğini bulmak için kullanılmıştır (Atheeswaran ve ark., 2014; Fejlichowski ve Czapiewski, 2013).

Yapay zeka, özellikle birçok kurbanın bedenleri ciddi şekilde hasar gördüğü büyük ölçekli felaketlerde adli diş hekimlerinin bireyleri dişlerine ve çenelerine göre tanımlamalarına ve eşleştirmelerine yardımcı olabilir (Kaya ve ark., 2022). Diş radyografileri, ante ve postmortem veriler arasında karşılaştırma yapmak için yaygın olarak kullanılır. Ancak bu süreç zaman alıcıdır çünkü eşleşme sürecinden önce her

dişin anatomisi ayrı ayrı analiz edilmelidir. Derin öğrenme yöntemlerinden CNN ve R-CNN gibi yöntemler periapikal radyograflarda otomatik diş tespiti için kullanılmıştır. Ayrıca, panoramik radyograflarda da otomatik antemortem ve postmortem veri eşleştirme süreçleri için derin öğrenme yöntemleri kullanılmaktadır. (Putra ve ark., 2022).

Panoramik diş görüntüleri için çeşitli kimliklendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Barboza ve ark., (2012), grafik tabanlı bir diş segmentasyon tekniği ortaya koyulmuş ve panoramik görüntülerdeki eşleşen görüntüler için ışın açısı istatistikleri ile şekil bağlamı tanımlayıcıları elde edilmiştir. Oktay (2017) ise dişlerin tespitinde YGPH (Yüzey Geometri ve Profil Hiyerarşisi) yöntemini kullanarak, geometrik ve görünüm özelliklerine dayanan veri füzyonu ile diş eşleştirmesi gerçekleştirmiştir. Frejlichowski ve Czapiewski (2013) tarafından sunulan eğrilik ölçek uzay algoritması, diş şekillerinden öznitelik çıkarımı yaparak panoramik görüntülerde dişlerin tespit edilmesini sağlamıştır. Ajaz ve Kathirvelu (2013) ise eşikler ve morfolojik operatörler kullanarak dental verileri tespit etmiş ve bu verilerle dental görüntüleri eşleştirmiştir. Heinrich ve arkadaşları (2020), SURF (Hızlı ve Üstün Özellik Noktası) algoritmasını kullanarak panoramik görüntüleri algılanan kilit noktalara göre eşleştirmiştir. Vijayakumari ve arkadaşları (2019), izoperimetrik bir algoritma ile diş konturlarını tespit etmiş ve bu yöntemi hem ağız içi hem de ağız dışı görüntülerde test ederek doğrulamıştır. Banday ve Mir (2019) ise insan tanılaması için dişler yerine çene konturunu kullanarak alternatif bir yaklaşım sunmuştur. Bu çalışmalar, panoramik diş görüntülerinin analizi ve kimliklendirilmesi konusundaki yenilikçi yöntemleri ortaya koymaktadır. Literatürde derin öğrenme modelleri kullanılarak panoramik radyograflar üzerinde kişi kimliklendirmesinin yapıldığı çalışmalar vardır. Bu nedenle bu tez çalışmasında, derin öğrenme modellerini kullanarak dental panoramik radyograflarda kimliklendirme yapmayı, derin öğrenme modellerinin performansını karşılaştırmayı ve benzerlik oranlarını tespit ederek en başarılı modeli tespit etmeyi amaçladık. Literatürdeki çalışmalarda panoramik radyografin tümü kullanılarak kimliklendirme yapılmış olup panoramik radyografin diş ve çeneler esas alınarak çok sayıda kadrana bölünerek eşleştirme yapılmasıyla kimliklendirmenin yapıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte özellikle kitlesel afet olaylarındaki ölümlerden sonra ve bazı durumlarda

postmortem değişikliklerin de etkisiyle çenelerin ve dişlerin tamamı bulunmayıp yalnızca bir kısmı inceleme için mevcut olabilir. Bu nedenlerden dolayı bu tez çalışmasında kırılmamış ham panoramik radyografla birlikte mevcut dişlerin, mandibula ve maksillanın görülebileceği şekilde panoramik radyografin tamamını ve st, alt, sağ, sağ alt, sağ st, sol, sol alt, sol st olacak şekilde diş ve çeneler esas alınarak çok sayıda kadrana bölüp eşleştirme yaparak kimliklendirme yapıldı. Böylelikle modellerin panoramik radyografların bir kısmını kullanarak da kişileri kimliklendirebilme durumu değerlendirildi.

Panoramik radyograflar, bireylerin benzersiz diş yapılarını kaydederek adli tıp ve diş hekimliği uygulamalarında büyük bir önem taşır. Literatürde yapay zekâ ve derin öğrenme tekniklerinin kullanılarak panoramik radyografi tabanlı otomatik tanımlama sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çeşitli yaklaşımlar önerilmektedir. Bu alışmalar, yöntemleri, kullanılan veri setleri, algoritmaları ve performansları açısından farklılık göstermektedir.

Fan ve arkadaşları (2020), özelleştirilmiş bir konvolüsyonel sinir ağı (CNN) kullanılarak otomatik bir insan tanıma sistemi (DENT-net) geliştirmiştir. DENT-net, 6300 bireye ait 15,369 panoramik radyograf ile eğitilmiştir. Panoramik radyograflar, afin dönüşümü ve histogram eşitleme işlemleri ile ön işleme tabi tutulmuştur. Derin ğrenme modellerinden biri olan DENT-net kullanılmıştır. DENT-net, kimliklendirmede %85,16'lık bir Rank-1 doğruluğu ve %97,74'lk bir Rank-5 doğruluğu elde etmiştir. alışmalarının sonucunda, CNN kullanılarak panoramik radyograflardan yüksek doğruluk ve hızla insan tanımanın gerçekleştirilebileceğini göstermişlerdir. Bu tez çalışmasında bu çalışmadan farklı olarak görüntü işleme yapılmadı ve bir eğitim aşaması yoktu. İki görüntü özellik vektörleri arasındaki benzerlik hesaplanarak karşılaştırılan bu çalışmadan farklı olarak Rank-1 doğruluğunda kullandığımız benzerlik metrikleriyle elde edilen yüzdeler bu çalışmanın sonuçlarına benzerdi.

Kim ve arkadaşları (2022), panoramik radyograf kullanarak bireylerin tam otomatik kimliklendirilmesini için konvolüsyonel sinir ağı (CNN) tabanlı bir model geliştirdikleri çalışmanın veri seti 746 bireye ait toplam 2760 panoramik radyograf görüntüsünü içermektedir. Çalışmada modifiye edilmiş VGG16 modeli,

kimliklendirme için iki tam bağı katman ile uygulanmıştır. Önerilen modelin, sıralama-1, -3 ve -5 doğruluk oranlarını, çalışma süresini gradyan-ağırlıklı sınıf aktivasyon haritalama (Grad-CAM) uygulanan görüntülerle değerlendirerek modelin sıralama-1, -3 ve -5 doğruluk oranlarını sırasıyla %82,84; %89,14 ve %92,23 olarak belirlemişlerdir. Grad-CAM tekniği, modelin insanları otomatik olarak tanımlarken tanınabilir dış bilgilerine odaklandığını doğrulamıştır. Bu tez çalışmasında da kullanılan modeller arasında VGG-16 modeli de mevcuttu. VGG-16'nın ROI 5 'te Rank-1, -3 ve 5 doğruluk oranı Jaccard ve Sorensen-Dice benzerlik metriklerine göre sırasıyla % 90,26, %93,81 ve %95,44 bulunmuş olup, bu çalışmadan daha yüksekti.

Matsuda ve arkadaşları (2020), 30 bireyden alınan, farklı günlerde çekilmiş 60 ortopantomografi görüntüsünde altı farklı CNN mimarisini (VGG-16, ResNet-50, Inception-v3, InceptionResNet-v2, Xception, MobileNet-v2) eğitmiş ve test etmişlerdir. CNN'lerin doğruluğunu artırmak için ön eğitim ve ince ayar (fine-tuning) yöntemlerini kullanılmışlar ve modelleri antemortem ve postmortem ortopantomografiler arasındaki eşleşmeyi doğru bir şekilde tahmin etmek için değerlendirmişlerdir. VGG16 modelinin tüm modeller arasında en iyi performansı göstererek %100 doğruluk oranına ulaştığını belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında bu çalışmaya benzer şekilde birden fazla model kullanıldı, bu çalışmadan farklı olarak benzerlik metriklerinden yararlanıldı, ön eğitim ve ince ayar yapılmadı. Bu tez çalışmasında ROI 5'te, Jaccard ve Sorensen-Dice benzerlik metriklerinde DenseNet-201 modeli VGG-16'dan daha yüksek performans gösterdi. Bu çalışmada olduğu gibi, VGG-16 modeli, ResNet-50 modelinden daha yüksek performans gösterdi.

Chung ve arkadaşları (2021), 32 dişin merkez noktalarını tespit eden bir nokta tabanlı regresyon ağı (CNN) geliştirerek, 818 panoramik röntgen görüntüsü kullanılmıştır. Görüntülerdeki 32 dişi, eksik olanlar da dahil, sabit pozisyonlara göre etiketlemişler; modeli (ResNet-18) veri çeşitliliğini artırmak için kontrast ayarlamaları gibi ön işleme yöntemleriyle eğitmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda kimliklendirmenin doğruluğunun, %99,7 kesinlik ve %97,2 geri çağırma değerlerine ulaştığını bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında ise ResNet-50 eğitim olmadan kullanılan modeller arasındaydı. Chun ve ark. (2021) çalışmasından farklı bir yöntemle benzerlik metriklerinden yararlanıldı. Kullanılan diğer modellerden daha az başarılı olsa da ROI 5'te Rank-1, -3, -5 ve 10 doğruluk oranı Kosinüs benzerlik

metriğine göre sırasıyla %84,18; %89,35; %91,08 ve %93,81 bulunmuş olup, başarılı sonuçlara ulaşmıştır.

Enomoto ve arkadaşları (2022), 1663 bireye ait toplam 4966 panoramik radyograf görüntüsü kullanarak derin öğrenme modellerini (Vgg16, Vgg19, ResNet50, ResNet101 ve EfficientNet) eğitmiş ve performanslarını karşılaştırmışlardır. Eğitim verilerini, görüntüleri normalize etmek için ölçeklendirme ve kırpma işlemlerinden geçirmişler; Vgg16 modelinin, 200 eğitim epoch'unda %85,7'lik Top-10 hassasiyet oranıyla en iyi performansı gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında farklı olarak benzerlik metrikleri yöntemi kullanılmış olup, VGG-16 modeli, Enomoto ve ark. (2022)'nin çalışmasında olduğu gibi VGG-19 ve ResNet50 modellerinden daha yüksek performans gösterdi.

Ataş ve arkadaşları (2022), panoramik radyograf görüntüleriyle biyometrik kimliklendirmede kullanılan farklı metriklerin etkilerini incelemeyi ve derin öğrenme modelinin başarı oranını artırmayı hedefledikleri çalışmada, 372 hastaya ait toplam 744 panoramik radyograf görüntüsünü kullanmıştır. Görüntülerde ön işleme ve veri artırma yöntemlerini uygulamışlardır. Kullandıkları PDR-net modeli, üç katmanlı CNN bloğu ve yoğun bağlı katmanlar içermektedir. Model, sınıflandırma yerine görüntüler arasındaki benzerlikleri ölçerek kimlik doğrulama yapmaktadır. Kosinüs Benzerliği, Pearson, Spearman, Kendall's Tau korelasyonu, Öklid, Manhattan mesafesi ve mutlak farkların toplamı gibi benzerlik metriklerini, kimlik doğrulama başarılarını değerlendirmek için kullanılmışlardır. Kullandıkları modelin Rank-1 doğruluk oranını %84,72, Rank-10 doğruluk oranı ise %97,91 olarak bildirmişlerdir. Kosinüs ve Pearson benzerlik metriklerinin, diğerlerine kıyasla daha yüksek doğruluk sağladığını belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında, bu çalışmadan farklı ve çok sayıda model kullanıldı. Benzer olarak Kosinüs benzerliği, Pearson korelasyonu, Öklid mesafesi metrikleri kullanıldı. Bu tez çalışmasında Kosinüs benzerliği ResNet-50 modelinde en yüksek doğruluğu sağladı ve ROI 5'te Ataş ve ark.(2022)'nin çalışmasına benzer olarak Rank-1 %84,18; Rank-10 %93,81 doğruluk oranları elde edildi. Kosinüs ve Pearson benzerlik metrikleri, Ataş ve ark.(2022)'nin çalışmasında olduğu gibi birbirine yakın ve Öklid mesafesinden daha yüksek doğruluk sağladı. Fakat Kosinüs benzerliği, ResNet-50 modeli hariç diğer modellerde daha düşük doğruluk sağladı.

Oktay (2017), dişlerin geometrik ve görünüm özelliklerini değerlendirerek hem diş etiketleme hem de eşleştirme süreçlerini içeren bir yaklaşım geliştirmiştir. Çalışmada 170 bireye ait toplam 206 panoramik radyograf görüntüsünden destek vektör makineleri (DVM) kullanarak her dişin konum özellikleri ve PHOG (Pyramidal Histogram of Oriented Gradient) özellikleri çıkarılmıştır. Her diş için görünüm ve geometrik özelliklere dayalı olarak bir eşleştirme puanı hesaplanmıştır. Rank-1 doğruluk oranı %81, Rank-2 doğruluk oranı %89, Rank-5 doğruluk oranı %92, Rank-10 doğruluk oranının ise %94'e ulaştığını bildirmiştir. Bu tez çalışmasında Oktay (2017)'ın çalışmasından farklı olarak destek vektör makineleri (DVM) yerine derin öğrenme modelleri, PHOG (Pyramidal Histogram of Oriented Gradient) özellikler yerine özniteliklerden benzerlik oranı hesaplanarak eşleştirme sonuçları belirlendi. ROI 5'teki Rank-1,-5,-10 oranları Oktay (2017)'ın çalışmasından daha yüksekti.

Lai ve arkadaşları (2021), LCANet, (Learnable Connected Attention Network) adlı yeni bir derin öğrenme modelini test etmişler, 23.340 panoramik radyografdan oluşan bir veri setiyle eğitim yapmışlar, test aşamasında, 1.168 görüntüden oluşan ayrı bir veri seti kullanılmışlardır. Kosinüs benzerlik metriğiyle doğrulama yaparak %87,21 Rank-1 doğruluk oranı ve %95,34 Rank-5 doğruluk oranını elde etmişlerdir. Bu tez çalışmasında farklı derin öğrenme modelleri kullanılsa da benzerlik metriği olarak Kosinüs kullanıldı ve tüm modellerde Kosinüs benzerliğine göre rank-1 sonuçları bu çalışmanın sonuçlarına benzerdi.

Oktay ve Gürses (2020) Mask R-CNN ve SURF algoritmalarını kullandıkları çalışmada, 51 bireye ait 102 panoramik radyograf görüntüsünden yararlanmışlar, modeli diş segmentasyonu için 8896 diş görüntüsü üzerinde test ederek diş segmentasyonu için %80,39 Rank-1 doğruluk oranı elde etmişler, her bir dişin tek tek analizinin genel kimliklendirme performansını arttırdığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında dişleri Mask R-CNN ile segmente ederek etiketlemişler ardından SURF ile panoramik radyograf görüntüleri arasında diş bazında eşleşme puanlarını hesaplamışlardır. Bu tez çalışmasında panoramik radyografin bölümlere ayrılmasının özellikle ROI 5'te olmak üzere modellerin kimliklendirmedeki performansını arttırdığı görüldü.

Wu ve arkadaşları (2020), Attention-Based Multi-supervision Network (AMNet) modelini kullandıkları çalışmada, 9.490 bireye ait 22.172 panoramik röntgen görüntüsünden oluşmakta olup, test setindeyse 503 farklı bireye ait 665 görüntü bulunmaktadır. Görüntülerdeki benzerlik oranlarının hesaplanmasında Kosinüs benzerliğini kullanmışlar, 503 farklı kişiden 665 dental panoramik röntgen görüntüsüyle belirlenen test setinde %88,72 rank-1 doğruluk ve %95,79 rank-5 doğruluk elde etmişlerdir. Çalışmamızda farklı derin öğrenme modelleri kullansak da benzerlik metriği olarak Kosinüs metriğini de kullandık ve tüm modellerde Kosinüs benzerliğine göre rank-1 sonuçları bu çalışmanın sonuçlarına benzerdi.

Bu tez çalışmasında, önceden eğitilmiş derin öğrenme modellerini (DenseNet201, VGG16, VGG19, MobileNet, ResNet50) kullandık, bu nedenle oluşturulan bu veri seti eğitim ve test seti olarak ayrıldı. Bu modeller, büyük ölçekli veri kümeleri üzerinde önceden eğitilmiş olduklarından, temel özellikleri öğrenmiş ve yeni görevler için hazır hale getirilmiştir. Bu yaklaşım, eğitim sürecini sıfırdan başlatmaya gerek bırakmamakta ve işlem maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında modellerde yeniden eğitim veya test işlemi uygulanmadı. Önceden eğitilmiş modellerin kullanımının literatürde geniş bir kabul gördüğü bilinmektedir. Örneğin, Simonyan ve Zisserman (2014) tarafından geliştirilen VGG modeli, büyük veri kümeleri üzerinde eğitilerek genel özellik çıkarımı açısından etkili sonuçlar sunmuştur (Simonyan ve Zisserman, 2014). Benzer şekilde, He ve arkadaşlarının (2016) sunduğu ResNet modeli, derin öğrenme yöntemlerinde transfer öğreniminin başarısını göstermektedir. Bu modellerin sunduğu avantajlar, küçük veri kümeleri üzerinde çalışan ve sınırlı hesaplama gücüne sahip çalışmalarda belirgin hale gelmektedir (He ve ark.,2016).

Farklı ROI alanları, çeşitli anatomik yapıları içermektedir. Bu alanlar, incelenmek istenen bölgeye uygun boyutlarda olmalı, odaklanma yeteneği ile ilgili özellikleri yeterince yansıtmalı ve istenilen bilgi düzeyini sağlamalıdır (Hiraiwa ve ark., 2019). Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada toplam 9860 ROI 'den oluşan 10 ayrı veri seti hazırlandı. Ve modellerin farklı ROI bölgelerindeki performansları değerlendirildi. Mevcut literatürde bildiğimiz kadarıyla farklı ROI alanlarında aynı modellerin uygulanarak sonuçların değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Beş modelde tüm ROI bölgelerinde öz nitelikler çıkarıldıktan sonra 5

farklı benzerlik metriği modellerin kimliklendirmedeki başarısını değerlendirmek için kullanıldı. Bilgimiz dahilinde mevcut literatürde, birden fazla benzerlik metriğinin birden fazla modelde kullanıldığı çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışması sonucunda tüm modeller en yüksek performans sonuçlarını ROI 5'te gösterdi. Bu durum panoramik radyografındaki sağ taraftaki magnifikasyon oranının, sol taraftan daha düşük olmasından (Terzioğlu ve Türköz, 2000) kaynaklanabilir.

Modellerde ROI 1 sonuçlarının ROI 2'ye göre belirgin oranda düşük olduğunu gözlemlendi. Bunun sebebi panoramik radyografin sağ-sol lateral kısımlarındaki servikal vertebraların net izlenememesi ve her hastada ve her görüntüde farklı şekilde radyografa dahil olması olabilir. ROI 2'deki performans sonuçları ROI 3 ve ROI 4'den; ROI 5'in sonuçları, ROI 6 ve 7'den; ROI 8'in sonuçları ise ROI 9 ve 10'dan belirgin oranda yüksekti. Bunun sebebi ROI 3,4,6,7,9 ve 10'un oluşturulurken karşıt arktaki dişlerin net bir şekilde izlenmeyerek bir kısmının görüntüye dahil olması olabilir. Modellerin kimliklendirme başarısı, ROI 5 ve ROI 8'de ROI 3 ve ROI 4'e göre belirgin bir şekilde artmaktaydı. Yine bu durumun da ROI 5 ve ROI 8'de alt ve üst dişlerin birlikte daha net ve tamamının gözükmesinden kaynaklandığı düşünüldü. Tüm ROI bölgeleri, derin öğrenme modelleri ve benzerlik metrikleri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek performans sonucu olarak ROI 5 bölgesi, Densenet 201 modeli, Jaccard ve Sorensen/ Dice katsayısı benzerliğinde elde edildi.

Bu tez çalışmasında kullanılan benzerlik metrikleri kıyaslandığında en başarısız benzerlik metriği Öklid mesafesiydi. Ataş ve arkadaşları (2022) da çalışmalarında Pearson korelasyonu ve Kosinüs benzerliğinin Öklid mesafesinden daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir.

Gürses ve Oktay (2020), Ataş ve arkadaşları (2022), Matsuda ve arkadaşları (2020) her hastanın birden fazla panoramik radyografını çalışmalarında kullanmıştır. Chung ve arkadaşları (2021) ise diğer çalışmalardan farklı olarak her hastanın 1 panoramik radyografını kullanmıştır. Aynı kişinin farklı görüntülerini kullanmamışlardır. Bu durumun kişinin antemortem ve postmortem görüntülerinin kıyaslanarak kimliklendirmenin gerçekleştirilmesine uymadığı düşünüldü. Oktay (2017), yaptığı çalışmada 170 hastanın 206 panoramik görüntüsünden yararlanmış, 21

hastanın ikişer, 6 hastanın üçer, 1 hastanın dörder, 142 hastanınsa birer panoramik radyograf görüntüsünü kullanmıştır. Yine bu durumun da Chung ve arkadaşlarının (2021) çalışmasındaki gibi aynı kişinin farklı görüntülerini kullanmamışlardır. Bu durumun kişinin antemortem ve postmortem görüntülerinin kıyaslanarak kimliklendirmenin gerçekleştirilmesine uymadığı düşünüldü. Fan ve arkadaşları (2020), Enomoto ve arkadaşları (2022), Kim ve arkadaşları (2022), Lai ve arkadaşları (2021), Wu ve arkadaşları (2020) ise yaptıkları çalışmada toplam kişi ve görüntü sayısının belirtmişler, aynı kişiden kaç tane görüntü aldıklarını belirtmemişlerdir. Bu tez çalışmasında; 369 hastanın ikişer, 76 hastanın üçer, 5 hastanın ise dörder olmak üzere toplamda 450 hastaya ait 986 panoramik radyograf görüntüsü kullanıldığı literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak detaylı bir şekilde belirtildi.

Bununla birlikte Matsuda ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları çalışma hariç literatürdeki diğer çalışmalarda ilk ve son panoramik radyograflar arasındaki gün sayısı belirtilmemiştir. Matsuda ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları çalışmada ise ilk ve son panoramik radyograflar arasındaki ortalama gün sayısını 64.03 ± 70.29 ; minimum gün sayısını 4; maksimum gün sayısını ise 309 gün olarak belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasındaysa yakın zamanda alınan panoramik görüntülerdeki diş ve çene yapılarındaki değişikliklerin az sayıda olacağını ve bu nedenle görüntülerin birbirine daha fazla benzeyeceği düşünüldüğünden ve bu durumun derin öğrenme modellerinin başarısını etkileyebileceğinden panoramik radyograflar arasındaki süreyi 6 ay (180 gün) olarak belirlendi. Bu tez çalışmasındaki ilk ve son panoramik radyograflar arasındaki ortalama gün sayısı 378,79 gün olup; minimum süre 180 gün, maksimum süre ise 845 gündür. Ve Matsuda ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları çalışmadaki ilk ve son panoramik radyograflar arasındaki ortalama gün sayısından fazladır.

Matsuda ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları çalışma ve Kim ve arkadaşlarının (2022) yaptıkları çalışmalar hariç literatürdeki diğer çalışmalarda panoramik görüntüsü alınan hastaların yaşı ve cinsiyeti belirtilmemiştir. Enomoto ve arkadaşlarının (2022) çalışmasındaysa yaş ortalamasının 48, minimum yaşı 17, maksimum yaşı 85 olduğu belirtilip hastaların cinsiyeti belirtilmemiştir. Matsuda ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları çalışmada hastaların yaş ortalaması 31 ± 15.21 olup,

minimum yaş 15, maksimum yaş ise 86'ydı. Kim ve arkadaşlarının (2022) yaptıkları çalışmadaysa minimum yaş 13, maksimum yaş 89 olarak belirtilmiş olup ortalama yaş belirtilmemiştir. Bu tez çalışmasındaki hastaların yaş ortalaması 40,34 olup, minimum yaş 18, maksimum yaş ise 78'dir. Ve yaş ortalamasının daha genç bir gruba eğilim göstermesinin nedeni, yaşlı bireylerin radyografik görüntülerinde artefaktların daha sık görülmesi ve bu artefaktların anatomik yapıların tam olarak görüntülenmesini engellemesi olabilir. Bu durum, ilgili radyografların çalışma dışlama kriterleri arasına alınmasına yol açmıştır.

Literatürdeki çalışmalardan Enomoto ve arkadaşları (2022), kullandığı radyografik görüntüleri çok merkez tek cihazdan, Fan ve arkadaşları (2020) 3 merkez, 4 farklı cihazdan, Chung ve arkadaşları çok merkez (sayı belirtilmemiş), 4 cihazdan, Hyun Kim ve arkadaşları (2022) tek merkez 5 cihazdan elde etmiştir. Matsuda ve arkadaşları (2020) ve Ataş ve arkadaşları (2022) tek merkez tek cihaz, Oktay (2017) ise tek merkez 3 cihazdan radyografik görüntüleri elde etmiştir. Lai ve arkadaşları (2021), Oktay ve Gürses (2020) ve Wu ve arkadaşları (2020) ise görüntülerin elde edildiği merkez ve cihaz sayısı ile ilgili detaylı bilgi vermemişlerdir. Bu tez çalışmasında tek merkez ve tek cihazdan elde edilen görüntüleri kullanıldı. Farklı firmalar tarafından üretilen ve farklı teknolojilere sahip cihazlarla elde edilen radyograflarda, görüntü özellikleri birbirinden farklılık gösterebilir. Bu durum, cihazların tasarımı, kullanılan yazılımlar, ışın kaynağının yapısı ve dedektör teknolojisi gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Her cihazın kendine özgü çalışma prensipleri ve teknik özellikleri, elde edilen radyografik görüntülerin kontrast, netlik ve detay düzeyini etkileyebilir (Mckee ve ark.,2002; Scarfe ve ark.,1998).

Yapay zeka alanındaki birçok akademik çalışma, veri setinin büyüklüğünün model başarısı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, geniş veri setlerinin genellikle daha yüksek sınıflandırma performansı sağladığını ve model doğruluğunu artırdığını göstermektedir. Veri setinin çeşitliliği ve boyutunun, modelin genelleme kapasitesini güçlendirerek daha doğru tahminler yapmasına olanak sağlamaktadır (Çarkacı, 2018; Alimowski ve Erdemir, 2021). Görüntülerin farklı cihaz ve merkezlerden alınması görüntülerde netlik, kontrast oranı, artefakt vb. uyumsuzluklara yol açabilir. Bu uyumsuzluklar, modellerin

kimliklendirme sırasında kullanılan temel özelliklerin öğrenmesini zorlaştırabilir. Bununla birlikte farklı merkezlerden görüntü alınması veri setinin sayısını ve çeşitliliğini artırarak modellerin yüksek sayıdaki verilerdeki performansının değerlendirilmesini sağlayabilir.

Çalışmalarda kullanılan panoramik görüntülerin örneklerini incelediğimizde, Matsuda ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları çalışma, Kim ve arkadaşlarının (2022) yaptıkları çalışma ve bizim çalışmamız panoramik görüntülerdeki çene ucu, kondil, koronoid proçes, maksiller sinüs gibi anatomik yapıları da içermekteydi. Diğer çalışmaların panoramik radyograf görüntülerindeki anatomik yapıların tamamını içermediği görüldü. Dişlerle birlikte diğer anatomik yapılarda biyometrik kimliklendirmeye yardımcı olduğundan (Ruder ve ark., 2012; Xavier ve ark., 2015); bu durum modellerin kimliklendirmedeki performans sonucunu etkileyebilir.

Çalışmamızda bazı sınırlamalar bulunmaktadır. İlk olarak, mevcut model, manuel karşılaştırmanın da zorluğu olan karışık dişlenme dönemindeki kişilerin tanımlaması için henüz optimize edilmemiştir. Ayrıca, modelin yalnızca canlı hastalar üzerinde değerlendirilmiş olması, kadavralar üzerinde uygulanabilirliğinin henüz değerlendirilmemiş olması önemli bir sınırlama oluşturmaktadır. Panoramik radyograf görüntüleri hastanın baş pozisyonuna göre görüntü bozulmasına duyarlı olduğundan (Tronje, 1982); kadavralardan elde edilen gerçek panoramik radyograflar kullanılarak doğrulama yapılması gereklidir. Çalışmamızda kadavraların panoramik görüntüleri alınırken oluşabilecek durumlara benzeyen çeşitli ROI alanları ve baş pozisyonlarını içeren bir veri seti oluşturuldu ve kullanıldı. Bu tez çalışmasının son sınırlaması ise önerilen modelin insanları yalnızca görüntülerden çıkarılan özellikleri karşılaştırarak tanımlaması, dolayısıyla ağız koşulları oldukça benzer olan panoramik radyografları aynı kişiyle eşleştirmesidir. Ancak bu engeller, uzmanların yalnızca görüntü tabanlı bilgileri kullanarak insanları tanımlamaları gereken durumlarla karşılaştıklarında da ortaya çıkabilir. Önerilen model, uzmanın nihai bir karar vermesine yardımcı olmak için etkili bir araç olabilir.

Bununla birlikte gelecekteki çalışmalarda model diğer radyografik görüntü türleri (periapikal, bite-wing vb.) ile desteklenebilir. Panoramik radyografi, bitewing radyografileri ve periapikal radyografiler gibi çeşitli görüntü veri kaynaklarına dayalı

bir insan tanımlama modeli geliştirilmelidir. Böyle bir girişim, antemortem panoramik radyografin olmadığı ya da ölüm sonrası elde edilebilecek görüntüleme yöntemlerinin sınırlı olduğu durumlarda faydalı olacaktır.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, panoramik radyograflar üzerinde DenseNet201, VGG16, VGG19, MobileNet ve ResNet-50 derin öğrenme modelleri kullanılarak kimliklendirme yapıldı. Kullanılan algoritmaların on farklı ROI'ye göre kimliklendirmedeki başarılarının belirlenmesi hedeflendi. Çalışmada derin öğrenme modellerinin ROI'lerden çıkardığı özniteliklerin birbiriyle kıyaslanarak vektörlerin birbirine olan benzerliklerinin hesaplanmasında; Kosinüs benzerliği, Öklid mesafesi, Jaccard benzerliği, Sørensen–Dice katsayısı, Pearson korelasyonu metrikleri kullanıldı.

Çalışmanın sonuçlarına göre;

- Bu tez çalışmasında dahil etme kriterlerine göre 986 panoramik radyograf görüntüsünde, 9860 ROI alanı kullanıldı.
- Tüm modeller en yüksek performans sonuçlarını ROI 5'te gösterdi.
- Rank-1'de en yüksek eşleşme oranı DenseNet-201 modelinde, ROI-5'te Jaccard, Sorensen benzerlik metriklerinde % 90,67 olarak elde edildi.
- DenseNet201, VGG16, VGG19 modelleri için en başarılı benzerlik metrikleri Jaccard ve Sorensen'di.
- MobileNet modeli için en başarılı benzerlik metriği Pearson'dı.
- ResNet-50 modeli için en başarılı benzerlik metriği Kosinüs'dü.
- Tüm modeller için en başarısız benzerlik metriği Öklid'di.
- MobileNet modeli hariç diğer tüm modeller en düşük performans sonucunu ROI 1'de gösterirken, MobileNet modeli en düşük performans sonucunu ROI 3'te gösterdi.
- ROI bölgelerine göre derin öğrenme modelleri karşılaştırıldığında en yüksek performans sonucunu MobileNet modeli, en düşük performans sonucunu ise ResNet-50 modeli göstermiştir.
- Bu tez çalışmasında, derin öğrenme algoritmalarının performansını değerlendirmek amacıyla oluşturulan veri setleri, yalnızca tek bir

kurumda bulunan bir cihazdan elde edilen panoramik radyograf görüntülerine dayanmaktadır. Gelecek çalışmalarda, farklı kurumlar ve cihazlardan toplanan daha geniş ve çeşitli veri setlerinin entegrasyonu ile modellerin performansını artırılabilir. Bu tür bir entegrasyon, daha geniş ve çeşitlendirilmiş veri kaynakları kullanarak derin öğrenme algoritmalarının genel geçerliliğini ve doğruluğunu önemli ölçüde geliştirebilir.

- Mevcut modelin performansı, görüntü işleme teknikleri kullanılarak önemli ölçüde artırılabilir. Özellikle, SURF (Speeded-Up Robust Features) algoritması, görüntülerdeki belirgin özellikleri hızlı ve güvenilir bir şekilde tespit etmek için kullanılır. Bu sayede, görüntüler arasında eşleşme sağlamak daha kolay hale gelir. RANSAC (Random Sample Consensus) algoritması ise, bu eşleşmelerden elde edilen verileri kullanarak, gürültü ve hatalı eşleşmeleri ayıklamak için etkili bir yöntem sunar. SURF ile tespit edilen özellikler RANSAC ile doğrulandıktan sonra, modelin daha doğru ve güvenilir sonuçlar üretmesi sağlanabilir.
- Yapılacak çalışmalar kapsamında, farklı radyografik modalitelerin (periapikal, bite-wing vb.) kullanılmasıyla modelin performansı detaylı bir şekilde test edilebilir. Bu yaklaşımla, modelin uygulama alanlarını genişletme potansiyeli artırılarak, klinik pratikte daha etkin bir şekilde kullanılması sağlanabilir. Radyografik çeşitliliğin değerlendirilmesi, modelin farklı durum ve senaryolardaki başarısını ölçme imkânı sunarak, gelecekteki uygulamalar için önemli veriler elde edilmesine katkıda bulunacaktır.
- Önerilen model, diş tedavisi nedeniyle farklı görüntü özellikleri gösteren aynı hastalardan alınan çeşitli panoramik radyograflarda bile tam otomatik insan tanımlamada iyi performans göstermiştir. Adli açıdan bakıldığında, modelin yüksek hızda kimlik adayları önererek çok sayıda görüntünün karşılaştırılması gerektiğinde hızlı ve doğru tanımlamaya yardımcı olacak yararlı bir araç olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abduo J, Bennamoun M. Three-dimensional image registration as a tool for forensic odontology: a preliminary investigation. *Am J Forensic Med Pathol.* 2013;34(3):260-6.
- Achar M, Shetty S, Bayati S, Joshua A, Suneja R. Importance of radiography in forensic odontology- A brief review 2015.
- Adserias-Garriga J, Thomas C, Ubelaker DH, C Zapico S. When forensic odontology met biochemistry: Multidisciplinary approach in forensic human identification. *Arch Oral Biol.* 2018 Mar;87:7-14. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.12.001. Epub 2017 Dec 9. PMID: 29241027.
- Afsin H. *Klinik Adli Tıp.* 2001;1:31-45.
- Afşin, H. ve Çağdır, A. S. (2004). Dişlerden Kimlik Tespiti, *Adli Diş Hekimliği*, Ed.: H. Afşin, İstanbul: Adli Tıp Kurumu Yayınları, 153-184.
- Ajaz, A., Kathirvelu, D.: Dental biometrics: Computer aided human identification system using the dental panoramic radiographs. In: *IEEE International Conference on Communications and Signal Processing*, pp. 717-721 (2013).
- Akmeşe O. F., Erbay H., & Kör H. (2019). Derin Öğrenme ile Görüntü Kümeleme.
- Alakoç, B. (2007). *Adli Bilimlerde Kimliklendirmenin Önemi*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Ankara: Ankara Üniversitesi, SBE.
- Alimovski, E. ve Erdemir, G. (2021). Veri artırma tekniklerinin derin öğrenmeye dayalı yüz tanıma sisteminde etkisi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 76-80. <https://doi.org/10.47769/izufbed.880581>
- Almeida, S. M., Delwing, F., Azevedo, J. A. P., Nogueira, R. K. T., Falcao, F. P., Carvalho, S.P.M. Effectiveness of Dental Records in Human Identification, *Rev Gauch Odontol*, 2015; 63(4), 502-506.
- Alpaydın E. *Yapay Öğrenme: Yeni Yapay Zeka*. Türkmenler Matbaacılık. 2019.
- Alshammari A, Farook FF, Alyahya L. A Morphometric Analysis of Palatal Rugae Patterns in a Saudi Arabian Population. *Cureus.* 2022;14(12):e33058.
- Altan, G. (2019). DeepGraphNet: grafiklerin sınıflandırılmasında derin öğrenme modelleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 319-327
- American Board of Forensic Odontology, Inc. ABFO Bite mark Analysis Guidelines. In Bowers CM, Bell GL, eds. *Manual of Forensic Odontology* 3rd. Saratog Springs: American Soc Foren Odon. 1997:299-357.
- Amin A, Cardoso SA, Suyambu J, Abdus Saboor H, Cardoso RP, Husnain A, et al. Future of artificial intelligence in surgery: A narrative review. *Cureus.* 2024; 16(1):51631.
- Amoedo O, *L'Art Dentaire en Medicine Legale*. Paris: Masson et Cie; 1898.

- Andersen L, Wenzel A. Individual identification by means of conventional bitewing film and subtraction radiography. *Forensic Sci Int* 1995;72:55-64.
- Andreas Heinrich, Felix Güttler, Sebastian Wendt, Sebastian Schenkl, Michael Hubig, Rebecca Wagner, Gita Mall, Ulf Teichgräber, *Forensic Odontology: Automatic Identification of Persons Comparing Antemortem and Postmortem Panoramic Radiographs Using Computer Vision* Forensische Odontologie: Automatische Identifizierung von Personen durch Vergleich von Ante-mortem und Post-mortem Panoramaschichtaufnahmen mittels Computer Vision, 2018
- Aoki T, Ito K. What Is the role of universities in disaster response, recovery, and rehabilitation? Focusing on our disaster victim Identification project. *IEEE Commun Mag* 2014; 52:30e7.
- Aslan E. Yabancı dil öğretiminde robot öğretmenle. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 2014; 33:15-26.
- ASLAN, M. (2022). Derin Öğrenme Tabanlı Otomatik Beyin Tümör Tespiti. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(1), 399-407
- Aşçi E, Kiliç M, Çelik Ö, et al. (2022). Derin Öğrenme Yöntemi Kullanılarak Geliştirilen Yapay Zekâ Yöntemi ile Panoramik Radyografilerde Dental Restorasyonların Otomatik Tespiti ve Sınıflandırılması: Metodolojik Çalışmalar. *Türkiye Klinikleri. Dishekimliği Bilimleri Dergisi*, 28(2), 329-337.
- Aşırdizer M, Yavuz MS, Zeyfeoglu Y. *Adli Tıp Stajı Ders Notları*. Celal Bayar Üniversitesi- Manisa 2005
- Atas, I. (2021). Human gender prediction based on deep transfer learning from panoramic radiograph images. *arXiv preprint arXiv:2205.09850*.
- Ataş M., Özdemir C., Ataş İ., Ak B., Özeroğlu E. Biometric identification using panoramic dental radiographic images with few-shot learning. *Turk J Elec Eng & Comp Sci*. 2022 ;30: 1115 – 1126 © TÜBİTAK
- Atcılı A. Machine Learning Mesafeleri, Jan 3, 2022, [7 Ocak 2025 ‘ de alıntlandı] Şuradan edinilebilir: <https://medium.com/machine-learning-t%C3%BCrkiye/machine-learning-mesafeleri-8ac88ca393>
- Atheeswaran A., Karunya R., Amir A. Human identification using dental biometrics. *International Journal of Applied Engineering Research* 2014; 9: 4428–4433.
- Austin-Smith D, Maples WR. The reliability of skull/photograph superimposition in individual identification. *J Forensic Sci* 1994;39:446-55.
- Avon, S. L. (2004). Forensic Odontology: The Roles and Responsibilities of the Dentist, *Journal of the Canadian Dental Association*, 70(7), 453-458.
- Aydın, A. (2021). Derin öğrenme. T. Talan ve C. Aktürk (Ed.), *Bilgisayar bilimlerinde teorik ve uygulamalı araştırmalar* içinde (s. 105-128). Efe Akademik Yayıncılık.
- Aydın, Ü. ve Aybar, Y. (2004). Panoramik radyografilerde ortaya çıkan hataların tipleri ve sıklığı. *S.D.Ü. Tıp Fak. Derg*, 11(2), 1-5.
- Aydoğdu, M. (2022). Adli Odontoloji Ve Yapay Zeka. *Sağlık & Bilim 2022: Odontoloji-I*, 9.

- Banday, M., Mir, A.H.: Dental biometric identification system using ar model. In: TENCON, pp. 2363-2369 (2019).
- Barboza, E., Marana, A., Tostes Oliveira, D.: Semiautomatic dental recognition using a graph-based segmentation algorithm and teeth shapes features. pp. 348-353 (2012). DOI 10.1109/ICB.2012.6199831.
- Beclere N. La: Radiographie anthropometrique du pouce, compl. Rend. Acad. D Sci 1918; 167:499 500. (Cited by Culbert WL, Law FM. Identifica tion by comparison of roentgenograms, of the na sal accessory sinuses and mastoid processes. J Am Dent Assoc 1927;88: 1634-6).
- Beena VT, Mohammed R, Paul S, Stephen MM, Nair C, Mohan AP. Ameloglyphics: The Tooth Signature. Oral Maxillofac Pathol J. 2018;9(2):70-5.
- Belaldavar C, Acharya AB, Angadi P. Sex estimation in Indians by digital analysis of the gonial angle on lateral cephalographs. J Forensic Odontostomatol. 2019;37(2): 45–50.
- Bewes J, Low A, Morphett A, Pate F D, Henneberg M. (2019). Artificial intelligence for sex determination of skeletal remains: Application of a deep learning artificial neural network to human skulls. Journal of forensic and legal medicine, 62, 40-43.
- Bilge Y. Adli Tıp Kitabı. Üçbilek Matbaası 2005; 1. Baskı
- Bilge, Y., Kedici, P. S., Alakoç, Y. D., Ulküer, K. U., Ilkyaz, Y. Y. (2003). The identification of a Dismembered Human Body: A Multidisciplinary Approach, Forensic Science International, 137(2-3), 141-146.
- Bishop CM. Pattern recognition and machine learning. New York: Springer; 2006.
- Bişirici Hakan, İnsan Ve Doğal Kaynaklı Afetlerde Kimliklendirmede Dental Görüntüleme Tekniklerinden Panoramik Röntgen Kullanımı ,Yüksek Lisans Tezi, Çorum, (Tez danışmanı: Doç. Dr. Ayşegül ŞARBAK),2023,syf 9.
- Blau S, Briggs CA. The role of forensic anthropology in Disaster Victim Identification (DVI). Forensic science international. 2011;205(1-3):29-35.
- Borrman H, Dahlbom U, Loyola E, René N. Quality evaluation of 10 years patient records in forensic odontology. Int J Legal Med 1995;108:100-4.
- Bowers CM, Bell GL, editors. Manual of Forensic Odontology. 3rd. On tario: Manticore; 1997;184190.
- Brkic H, Strinovic D, Slaus M, Skavic J, Zecevic D, Milicevic M. Dental identification of war victims from Petrinja in Croatia. Int J Legal Med 1997;110:47-51
- Campbell M, Hoane AJ, Hsu F- hsiung. Deep blue. Artif Intell 2002; 134(1- 2): 57–83. doi: [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(01\)00129-1](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(01)00129-1)
- Canger EM, Arslan S. Adli diş hekimliğinde radyolojinin kullanımı. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg. 2013;23:252-60.

- Caputo, I G C., Reis, J N., Silveira, T C P., Guimaraes, M A., Silva, R H A. Identification of a Charred Corpse Through Dental Records, RSBO, 2011; Jul-Sep., 8(3), 345-351.
- Carvalho SP, Alvesda Silva RH, Lopes-Junior C, Peres AS. Use of images for human identification in forensic dentistry. *Radiologia Brasileira* 2009;42:125-30.
- Castillo RF, Ruiz Mdel C. Assessment of age and sex by means of DXA bone densitometry: Application in forensic anthropology. *Forensic Sci Int* 2011;209:53-8.
- Cavanagh D, Steyn M. Facial reconstruction: Soft tissue thickness values for South African black females. *Forensic Sci Int.* 2011;206(1 3):215e1-215.e2157.
- Chandrasekhar ve Vennila . (2011). Role of radiology in forensic dentistry. *Journal Of Indian Academy Of Oral Medicine And Radiology*, 23(3), 229-231.
- Chopra, Jharna ve Markandey, Vibhooti, (2012), "Tongue as a Biometric Entity," *International Journal Of Applied Science Engineering and Managment*, s.1-6
- Choras, Ryszard, (2016a), "Tongue Recognition From Images," *The First International Conference on Advances in Signal, Image and Video Processing*, Bydgoszcz, Poland, s.1-9.
- Christabel SL, Samuel M, Mohana Murali S, Haroon ALM, Devi M. Amelogyphics - an updated review. *Global J Res Analysis.* 2021;44-6.
- Christe A, Ross S, Oesterhelweg L, Spendlove D, Bolliger S, Vock P, et al. Abdominal trauma-sensitivity and specificity of postmortem noncontrast imaging findings compared with autopsy findings. *J Trauma* 2009;66:1302-7.
- Chugh, A., & Narwal, A. (2017). Oral mark in the application of an individual identification: From ashes to truth. *Journal of forensic dental sciences*, 9(2), 51-55.
- Chung, M., Lee, J., Park, S., Lee, M., Lee, C. E., Lee, J., & Shin, Y. G. (2021). Individual tooth detection and identification from dental panoramic x-ray images via point-wise localization and distance regularization. *Artificial Intelligence in Medicine*, 111, 101996.
- Clark DH. Practical Forensic Odontology. Malaysia: Butterworth; 1992.
- Crevier D. AI: the tumultuous history of the search for artificial intelligence: Basic Books, Newyork; 1993. p.432
- Çağıl, H. (2009). Serbest Çalışan Diş Hekimlerinin Kullandıkları Radyografik Teknik ve Ekipmanları bitirme tezi. İzmir: Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı.
- Çarkacı N. Derin öğrenme uygulamalarında en sık kullanılan hiper-parametreler, Jan 22, 2018, [28 Ocak 2025 ' de alıntlandı] Şuradan edinilebilir:<https://medium.com/deep-learning-turkiye/derin-ogrenme-uygulamalarinda-en-sik-kullanilan-hiper-parametreler-ece8e9125c4>
- Çevik, K. K., & Dandıl, E. (2012). Yapay Sinir Ağları İçin .NET Platformunda Görsel Bir Eğitim Yazılımının Geliştirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 5(1), 19-28.

- Dama, N., Forgie, A., Mânica, S., & Revie, G. (2020). Exploring the degrees of distortion in simulated human bite marks. *International journal of legal medicine*, 134, 1043-1049.
- Damera A, Mohanalakshmi J, Yellarthi PK, Rezwana BM. Radiographic evaluation of mandibular ramus for gender estimation: Retrospective study. *J Forensic Dent Sci*. 2016;8(2):74–78.
- David S, Paul G. *Forensic Dentistry*. 2nd. Boca Raton; CRC Press: 2010.
- Dayal PK. *Textbook of Forensic Odontology*. 1st ed. Putli bowli, Hyderabad: Paras Medical Publisher; 1998.
- De Tobel J, Parmentier GIL, Phlypo I, Descamps B, Neyt S, Van De Velde WL, et al. Magnetic resonance imaging of third molars in forensic age estimation: comparison of the Ghent and Graz protocols focusing on apical closure. *Int J Legal Med* 2019;133:583-592.
- De Tobel J, Phlypo I, Fieuws S, Politis C, Verstraete KL, Thevissen PW. Forensic age estimation based on development of third molars: a staging technique for magnetic resonance imaging. *J Forensic Odontostomatol* 2017 a ;35:117-140.
- De Tobel J, Radesh P, Vandermeulen D, Thevissen PW. An automated technique to stage lower third molar development on panoramic radiographs for age estimation: a pilot study. *J Forensic Odontostomatol* 2017 b ;35:42-54.
- Dedouit F., Savall F., Mokrane F. Z. et al., “Virtual anthropology and forensic identification using multidetector CT,” *The British journal of radiology*, vol. 87, no. 1036, p. 20130468, 2014.
- Degirmenci A, Karal O. Efficient density and cluster based incremental outlier detection in data streams. *Information Sciences*. 2022; 607: 901-920.
- Deshmukh S. *Artificial intelligence in dentistry*. International Clinical Dental Research Organisation 2018; 10:47-48.
- Dextre T, Nishiyama C, Pinto L, Siqueira D, Oliveira T. Cone-beam computed tomography and periapical radiograph as follow-up methods of periapical lesions in cleft patients. *Dental Press Endod* 2015;05:8-12.
- Dineshshankar J, Ganapathi N, Yoithapprabhunath TR, Maheswaran T, Kumar MS, Aravindhana R. Lip prints: Role in forensic odontology. *J Pharm Bioallied Sci*. 2013;5(1):S95-7.
- Doğan, F., & Türkoğlu, İ. (2019). Derin Öğrenme Modelleri ve Uygulama Alanlarına İlişkin Bir Derleme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.24012/dumf.411130>
- Dosi T, Vahanwala S, Gupta D. Assessment of the effect of dimensions of the mandibular ramus and mental foramen on age and gender using digital panoramic radiographs: a retrospective study. *Contemp Clin Dent*. 2018;9(3):343–348.
- Eckert WG, Garland N. The history of the forensic applications in radiology. *Am J Forensic Med Pathol* 1984;5:53-6.

- Enomoto A., D.Lee A., Sukedai et al., M. Automatic identification of individuals using deep learning method on panoramic radiographs, *Journal of Dental Sciences*, <https://doi.org/10.1016/j.jds.2022.10.021>
- Erdoğan A. Adli olaylarda dil izinden biyometrik kimliklendirme ,Yüksek Lisans Tezi, Ankara-2019 ,syf 1
- Evison MP, Iwamura ESM, Guimarães MA, Schofield D. Forensic facial reconstruction and its contribution to identification in missing person cases. *Handbook of Missing Persons*. 2016;427-41.
- Eyas A, Abdulhadi W, Mariam Q, et al. Mandibular gonial angle measurement as a predictor of gender-A digital panoramic study. *TODENTJ*. 2019;13:399–404.
- Fahmi FM, Al-Shamrani SM, Talic YF. Rugae pattern in a Saudi population sample of males and females. *Saudi Dent J*. 2001;13(2):92-5.
- Fahmy G, Nassar D, Haj-Said E, Chen H, Nomir O, Zhou J, Howell R, Ammar H, H Abdel-Mottaleb, M Jain, A.K.: Towards an automated dental identification system. *Journal of Electronic Imaging* 2005;14(4): 43018–43018.
- Fan, F., Ke, W., Wu, W., Tian, X., Lyu, T., Liu, Y., ... & Deng, Z. (2020). Automatic human identification from panoramic dental radiographs using the convolutional neural network. *Forensic science international*, 314, 110416.
- Farman, A.G. (2007). *Panoramic Radiology*. New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Fejlichowski, D., Czapiewski, P.: An Application of the Curvature Scale Space Shape Descriptor for Forensic Human Identification Based on Orthopantomograms, vol. 8104, pp. 67{76 (2013). DOI 10.1007/978-3-642-40925-77
- Fernandes CM, Pereira FD, da Silva JV, Serra Mda C. Is characterizing the digital forensic facial reconstruction with hair necessary? A familiar assessors' analysis. *Forensic Sci Int*. 2013;229(1-3):164.e1-5.
- Fernandes CM, Serra Mda C, da Silva JV, Noritomi PY, Pereira FD, Melani RF. Tests of one Brazilian facial reconstruction method using three soft tissue depth sets and familiar assessors. *Forensic Sci Int*. 2012;214(1-3):211.e1-211.e2117.
- Fidya, F., & Priyambadha, B. (2017). Automation of gender determination in human canines using artificial intelligence. *Dent J*, 50, 116-20.
- Fitzpatrick JJ, Shook DR, Kaufman BL, Wu SJ, Kirschner RJ, MacMahon H, Levine LJ, Maples W, Charletta D. Optical and digital techniques for enhancing radiographic anatomy for identification of human remains. *J Forensic Sci* 1996;41:947-59.
- Forrest AS. Collection and recording of radio- logical information for forensic purposes. *Aust Dent J*. 2012;57 Suppl 1:24-32.
- Franco A, Thevissen P, Coudyzer W, et al. Feasibility and validation of virtual autopsy for dental identification using the Interpol dental codes. *J Forensic Leg Med*. 2013;20(4):248–254.

- Furst G, Happonen RP, Laaksonen H, Wallin A, Tammisalo T, Stimson PG. Use of Or- thopantomographs in Forensic Identification. *Am J Forensic Med Pathol.* 1991;12(1):59- 63.
- Gaganpreet K, Dheerendra S. A Novel Biometric System based on Hybrid Fusion Speech, Signature and Tongue. *Int J Comp App.* 2015;119(1):30–39.
- Gaglietti N.M., Silva, R.H.A. Primary Identification Methods and Their Effectiveness in Mass Disaster Situations: A Literature Review. *Arab Journal of Forensic Sciences & Forensic Medicine* 2017;1 (5): 576-582.
- Gatliff BP, Snow CC. From skull to visage. *J Biocommun.* 1979;6(2):27–30.
- Gerasimov MM. *The Face Finder*. New York: Lippincott; 1971
- Girish, K. L., Rahman, F. S., Tippu, s. R. (2010). Dental DNA Fingerprinting in Identification of Human Remains, *Journal of Forensic Dental Sciences*, 2(2), 63-68.
- Goldstein M, Sweet DJ, Wood RE. A speci- men positioning device for dental radiographic identification--image geometry considerations. *J Forensic Sci.* 1998;43(1):185-9.
- Gondivkar SM, Indurkar A, Degwekar S, Bhowate R. Cheiloscopy for sex determination. *J Forensic Dent Sci.* 2009;1:56-60.
- Gouse, S., Karnam, S., Girish, H. C., & Murgod, S. (2018). Forensic photography: Prospect through the lens. *Journal of forensic dental sciences*, 10(1), 2-4.
- Goyal N, Singla N, Goval M, T Ashwarya, et al. Role of Imaging In Forensic Odontology. *Journal of Peardent.* 2014;5(3):10-12.
- Gönül Y, Ulu Ş, Bucak A, Bilir A. (2015). Yapay sinir ağları ve klinik araştırmalarda kullanımı. *Genel Tip Dergisi*, 25(3).
- Güneş E, (2022). *Derin öğrenme yaklaşımı ile fındık meyvesinin sınıflandırılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Gürses A, Oktay A. B. Human Identification with Panoramic Dental Images using Mask R-CNN and SURF. In: 5th International Conference on Computer Science and Engineering UBMK; Diyarbakır, TURKEY; 2020 pp.232-237.
- Hanbay K, Erçelik Ç (2023). Gauss filtreleme ve resnet50 modeli kullanılarak beyin tümörlerinin sınıflandırılması classification of brain tumors using gaussian filtering and the resnet50 model . *Journal Of Computer Science, IDAP-2023*, 109-115. <https://doi.org/10.53070/bbd.1345848>
- Harorlı A, Akgül HM, Dağıstan S. *Diş hekimliği Radyolojisi*. 1 Baskı. Erzurum: Eser Ofset Matbaacılık; 2006. p.451.
- Harorlı A, Bocutoğlu Ö. *Adli Tıp Adli Odontoloji*. Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum 1994
- He K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 770–778.

- Heinrich A, Güttler FV, Schenkl S, Wagner R, Teichgräber UK- M. Automatic human identification based on dental X- ray radio graphs using computer vision. *Sci Rep* 2020; 10: 1–13. doi: [https:// doi.org/10.1038/s41598-020-60817-6](https://doi.org/10.1038/s41598-020-60817-6)
- Hemanth M, Pandey A. Forensic odontology and its applications. In: Jain N, editor. *Textbook of Forensic Odontology*. India: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2013. p. 10-42.
- Heo M- S, Kim J- E, Hwang J- J, Han S- S, Kim J- S, Yi W- J, et al. Artificial intelligence in oral and maxillofacial radiology: what is currently possible?. *Dentomaxillofac Radiol* 2021; 50: 20200375.
- Higgins, D., & Austin, J. J. (2013). Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains: a review. *Science & Justice*, 53(4), 433-441.
- Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (2006). "Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks." *Science*, 313(5786), 504-507.
- Hiraiwa, T., Ariji, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Nakata, K., Katsumata, A., ... & Ariji, E. (2019). A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(3), 20180218.
- Hirschmann PN, McGuinness JR, Seeley EH. The modified posterior oblique occlusal radiograph. *Br Dent J* 1981;151:383-4
- Howard A. G., Zhu M., Chen B., Kalenichenko D., Wang W., Weyand T., Andreetto M., Adam H. MobileNets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications, 2017.
- Huang, G., Liu, Z., van der Maaten, L., Weinberger, K.Q., 2016. Densely Connected Convolutional Networks.
- Interpol. Interpol Disaster Victim Identification Guide. 2018. Accessed on August 2nd 2020 through [https:// www.interpol.int/en/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI](https://www.interpol.int/en/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI).
- Ishikawa N, Nakamura Y, Naitou T, Miura Y, Kuroda H, Hashimoto M. Evaluating the reliability of DNA profiling of bite mark samples from living participants. *J Forensic Res Crime Stud*. 2021;6(1):1 9.
- İsmailova T. Kimliklendirmede tiroid kartilaj ossifikasyon süreçlerinin bilgisayarlı tomografi yöntemi ile değerlendirilmesi, *Tıpta Uzmanlık Tezi, İstanbul, (Tez danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İpek ESEN MELEZ)*, 2021; Syf 20.
- Jacob RF, Shalla CL. Postmortem identification of the edentulous deceased: denture tissue surface anatomy. *J Forensic Sci*. 1987;32(3):698-702.
- Jain A, Chowdhary R. Palatal rugae and their role in forensic odontology. *J Investig Clin Dent*. 2014;5:171-8.
- Jain N, Atreja G. Dental records and forensic photography. In: Jain N, editor. *Textbook of Forensic Odontology*. India: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2013. p. 43-63.

- Javed AR, Jalil Z, Zehra W, Gadekallu T, Suh D, Jalil Piran M. A comprehensive survey on digital video forensics: Taxonomy, challenges, and future directions. *Engineer Applic Artificial Intelligence*. 2021;106:104456.
- Jawaid, M., Amir, A., Shahnawaz, K., Qamar, Y., Upadhyay, P., & Singh, J. (2016). Maxillofacial imaging in forensic science: a newer approach. *Int J Contemp Med Res ISSN*, 43, 2393-915.
- Jayavabushana V, Arthanari A, Priya SK. Diagnostic radiographs used in dentistry and forensic dentistry: A cross-sectional survey. *Int J Forensic Odontol* 2021;6:65-71.
- Jeddy N, Radhika T, Nithya S. Tongue prints in biometric authentication: A pilot study. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2017;21(1):176-9.
- Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol* 2017; 2: 230–43. doi: <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Juneja M, Juneja S, Rakesh N, Bhoomareddy Kantharaj YD. Amelogliophics: A possible forensic tool for person identification following high temperature and acid exposure. *J Forensic Dent Sci*. 2016;8(1):28-31.
- Kahana T, Hiss J. Forensic radiology. *Br J Radiol* 1999;72:129-33.
- Kahler K, Haber J, Seidel HP. Reanimating the dead: reconstruction of expressive faces from skull data. *ACM/SIGGRAPH Comp Graph Proc*. 2003;22(3):554–567.
- Kamala, R., Gupta, N., Bansal, A., & Sinha, A. (2011). Palatal rugae pattern as an aid for personal identification: a forensic study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 23(3), 173-178.
- Kamath PG, Kamath VG. Engraved fixed restorations and denture micro-labelling to facilitate identification through forensic dentistry. *J Indian Prosthodont Soc*. 2005;5(2):79-81.
- Kaneko, Y., Ohira, H., Tsuda, Y., & Yamada, Y. (2015). Comparison of hard tissues that are useful for DNA analysis in forensic autopsy. *Legal Medicine*, 17(6), 547-552.
- Karatas O, Cakir NN, Ozsariyildiz SS, Kis HC, Demirbuga S, Gurgan CA. A deep learning approach to dental restoration classification from bitewing and periapical radiographs. *Quintessence Int* 2021;52:568-74.
- Karayianni K. N., Mitsea, A.G., ve Horner, K. Dental diagnostic radiology in the forensic sciences: two case presentations. *The Journal Of Forensic Odonto-Stomatology*. 2007;25(1), 12-16.
- Karşlıoğlu H, Çıtır M. Identification and gender determination in forensic dentistry. *Curr Res Dent Sci*. 2022; 32(1): 92-99
- Kavitha B. Limitations in forensic odontology: *Journal of Forensic Dental Sciences*. 2009; 1: 8-10.

- Kaya E, Gunec HG, Gokyay SS, Kutal S, Gulum S, Ates HF. Proposing a CNN Method for Primary and Permanent Tooth Detection and Enumeration on Pediatric Dental Radiographs. J Clin Pediatr Dent. 2022 Jul 1;46(4):293–8.
- Kaya S. Proksimal junctional kifo gelişim nedenlerinin makine öğrenmesi yöntemiyle tespiti, Tıpta Uzmanlık Tezi, Erzurum, (Tez danışmanları: Doç. Dr. Sinan YILAR Uzm. Dr. Kemal ZENCİRLİ), 2020; Syf 12.
- Keras ,<https://keras.io/api/applications/> Erişim Tarihi 15.07.2023.
- Khan T, Manna A, Saaduddin A, Bashir T, Ahmad N. Tongue prints- Unique as well as potential forensic tool for biometric authentication. Archive Dent Res. 2023;13:10-4.
- Khanagar S B, Vishwanathaiah S, Naik S, et al. (2021). Application and performance of artificial intelligence technology in forensic odontology–A systematic review. Legal Medicine, 48, 101826.
- Khatri M, Misra D, Rai S, Misra A. Unfolding the mysterious path of forensic facial reconstruction: Review of different imaging modalities. MAMC J Med Sci. 2017;3(3):120-7.
- Khazaei M, Mollabashi V, Khotanlou H, Farhadian M. (2022). Sex determination from lateral cephalometric radiographs using an automated deep learning convolutional neural network. Imaging science in dentistry, 52.
- Kim, Y. H., Ha, E. G., Jeon, K. J., Lee, C., & Han, S. S. (2022). A fully automated method of human identification based on dental panoramic radiographs using a convolutional neural network. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(4), 20210383.
- Kiranmai, R.; Kumar, Variun ve Venkateshwara, Reddy, (2017), “Tongue Scanning As Biometric Tool For Improvising The Security in Identification,” 10th International Conference on Recent Trends in Engineering Science and Management, India, s.114-116.
- Kirchhoff S, Fischer F, Grimm J. Is post- mortem CT of the dentition adequate for correct forensic identification? Comparison of dental computed tomography and visual dental record. Int J Legal Med. 2010;124(3):257- 8; author reply 9.
- Kirchhoff S, Fischer F, Lindemaier G, Herzog P, Kirchhoff C, Becker C, et al. Is post-mortem CT of the dentition adequate for correct forensic identification: comparison of dental computed tomography and visual dental record. Int J Legal Med. 2008;122:471-9.
- Kizrak, M. A., & Bolat, B. (2018). Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(3), 263-286.
- Kogon, S. L., & MacLean, D. F. (1996). Long-term validation study of bitewing dental radiographs for forensic identification. *Journal of forensic sciences*, 41(2), 230-232.
- Kosuge E, Kawamata R, Sakurai T, Kashima I. A new digital intraoral X-ray image analysis system for objective personal identification. Oral Radiology 2007;23(2): 49-54.

- Krishan K. Personal Identification in Forensic Examinations. *Anthropology* 2013;02: 8–10.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017, May 24). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84–90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- Kumar R, Athota A, Rastogi T, Karumuri SK. Forensic radiology: An emerging tool in identification. *J Indian Acad Oral Med Radiol* 2015;27:416-22.
- Kumar Raj, Dinesh Singh, Anuradha Chug, and Amit Prakash Singh. 2022. “Evaluation of Deep Learning Based Resnet-50 for Plant Disease Classification with Stability Analysis.” *Proceedings - 2022 6th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2022* 1280–87. doi: 10.1109/ICICCS53718.2022.9788207
- Lai, Y., Fan, F., Wu, Q., Ke, W., Liao, P., Deng, Z., , H. C. ve Zhang, Y. Lcanet: learnable connected attention network for human identification using dental images. *Ieee Transactions On Medical Imaging*. 2021;40(3), 905-915.
- Lebedinskaya G, Balueva T, Veselovskaya E. Principles of facial reconstruction. in: M. İscan, R. Helmer (Eds.) *Forensic Analysis of the Skull: craniofacial Analysis, Reconstruction and Identification*. Wiley-Liss. New York: 1993;183–198.
- LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553):436-44.
- Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- Lee C, Lim S.H, Huh K.H., Han S.S., Kim J.E., Heo M.S., Yi W.J., Lee S.S., Choi S.C. Performance of dental pattern analysis system with treatment chronology on panoramic radiography. *Forensic Science International* 2019; 299: 229 – 234.
- Lee SS, Choi JH, Yoon CL, Kim CY, Shin KJ. The diversity of dental patterns in the orthopantomography and its significance in human identification. *J Forensic Sci*. 2004;49:784-6.
- Lee WJ, Wilkinson CM, Hwang H. An Accuracy assessment of forensic computerized facial reconstruction employing cone-beam computed tomography from live subjects. *J Forensic Sci*. 2012;57(2):318–327.
- Lin P.L., Lai Y.H., Huang P.W. Dental biometrics: Human identification based on teeth and dental works in bitewing radiographs. *Pattern Recognition* 2012; 45(3): 934 – 946.
- Liu, Zhi; Shi, Peng-Fei ve Zhang, David, (2007), “Dynamic Tongue Print: A novel Biometric Identifier, *Pattern Recognition*,” China, s.1174 1182.
- Lorkiewicz-Muszyńska, D., Łabęcka, M., Żaba, C., Kis-Wojciechowska, M., Kołowski, J., Sobol, J. (2009). Trudności identyfikacji zwłok i szczątków ludzkich w oparciu o dokumentację i badania stomatologiczne, *Difficulties in identification of human corpses and skeletal remains on the basis of dental records and examinations*, *Arch Med Sadowej Kryminol*, LIX: 218-224.

- Luntz LL. History of forensic dentistry. *Dent Clin North Am.* 1977;21:7-17.
- MacLean DF, Kogon SL, Stitt LW. Validation of dental radiographs for human identification. *J Forensic Sci.* 1994;39(5):1195-200.
- Mahajan R, Dar MA, Risam SS. Palatoscopy/rugoscopy: a potential tool in human identification. *J Evol Med Dent Sci.* 2014;3(40):10076-89.
- Mahasantipiya P, Yeesarapat U, Suriyadet T, Sricharoen J, Dumrongwanich A, Thaiupathump T. (2010). Bite mark identification using neural networks: A preliminary study. Paper presented at the World Congress on Engineering 2012. July 4-6, 2012. London, UK.
- Maji, A., Khaitan, T., Sinha, R., Sarkar, S., Verma, P., & Shukla, A. K. (2018). A Novel Computer-Assisted Method of Bite Mark Analysis for Gender Determination. *Journal of environmental and public health*, 2018(1), 7130876.
- Manigandan T., Sumathy C., Elumalai M., Sathasivasubramanian S., and Kannan, A. "Forensic radiology in dentistry," *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, vol. 7, Supplement 1, pp. S260–S2S4, 2015.
- Manjunath, B. C., Chandrashekar, B. R., Mahesh, M., & Rani, R. V. (2011). DNA profiling and forensic dentistry–A review of the recent concepts and trends. *Journal of forensic and legal medicine*, 18(5), 191-197.
- Marques, J., Musse, J., Caetano, C., Corte-Real, F., & Corte-Real, A. T. (2013). Analysis of bite marks in foodstuffs by computed tomography (cone beam CT)-3D reconstruction. *The Journal of forensic odonto-stomatology*, 31(1), 1.
- Matsuda S, Miyamoto T, Yoshimura H, Hasegawa T. (2020). Personal identification with orthopantomography using simple convolutional neural networks: a preliminary study. *Scientific reports*, 10(1), 1-7.
- Matsuda, S., Yoshida, H., Ebata, K., Schimada, I., ve Yoshimura, H. Forensic odontology with digital technologies: a systematic review . *Journal Of Forensic And Legal Medicine*. 2020; 74, 1-5.
- McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE. A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI Magazine* 2006; 27:12-12.
- Mckee IW, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Glover KE, Major PW. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 121(2): 166-175
- Merdietio Boedi R, Banar N, De Tobel J, Bertels J, Vandermeulen D, Thevissen PW. Effect of lower third molar segmentations on automated tooth development staging using a convolutional neural network. *J Forensic Sci* 2020;65:481-6.
- Middleton, A., Alminyeh, A., Apostol, M. A., Boel, L. W., Brough, A., Develter, W., Heinze, S., Makino, Y., Mulcahy, L., O'Donnell, C., Gorincour, G., Hofman, P. A., Iino, M., Oesterhelweg, L., Ranson, D., Robinson, C., Ruder, T., Rutty, G. N., Singh, M. K., ... Yoshida, M. Positional statement of the members of the disaster victim identification working group of the international society of forensic radiology and imaging,. *J. Forensic Radiol. Imaging*. 2016.

- Miki Y, Muramatsu C, Hayashi T, Zhou X, Hara T, Katsumata A, et al. Classification of teeth in cone beam CT using deep convolutional neural network. *Comput Biol Med* 2017;80:24-29.
- Miloğlu Ö, Naralan ME. Diş hekimliği radyolojisinde kimlik belirleme. Harorlu A, editör. *Diş Hekimliği Radyolojisinde Farklı Yaklaşımlar*, 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2019. p.35-40.
- Milošević D, Vodanović M, Galić I, Subašić M. (2019). Estimating biological gender from panoramic dental x-ray images. Paper presented at the 2019 11th international symposium on image and signal processing and analysis (ISPA).
- Miranda, G. E., Moreira, A. M. C., Melani, R. F. H. (2019). The Need For Implant Dentists to Know About the Method of Forensic Human Identification Using Dental Implants, *Revista Brasileira de Odontologia Legal – RBOL*, 6(3), 90-97.
- Morse DR, Esposito JV, Kessler HP, Gorin R. Age estimation using dental periapical radiographic parameters. A review and comparative study of clinically based and regression models with the Operation Desert Storm victims. *Am J Forensic Med Pathol* 1994;15:303-18.
- Musa OA, Elsheikh TE, Hassona ME. Tongues: Could they also be an other fingerprint? *Indian J Forensic Med Toxicol*. 2014;8(1):171–175.
- Nagalaxmi V, Ugrappa S, Naga Jyothi M, Ch L, Maloth KN, Kodan gal S. Cheiloscopy, palatoscopy and odontometrics in sex prediction and discrimination – A comparative study. *Open Dent J*. 2015;8:269–279.
- Nagaraj, T., James, L., Gogula, S., Ghouse, N., Nigam, H., Sumana, C. K. (2017). Sex Determination by Using Mandibular Ramus: A Digital Radiographic Study, *Journal of Medicine, Radiology, Pathology & Surgery*, 4, 5-8.
- Nagi, R., Aravinda, K., Rakesh, N., Jain, S., Kaur, N., & Mann, A. K. (2019). Digitization in forensic odontology: A paradigm shift in forensic investigations. *Journal of forensic dental sciences*, 11(1), 5-10.
- Narendra, N. S., Owais, G., Tasneem, S. A., Saima, S. (2014). Exploring Trends in Forensic Odontology, *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8, 28-30.
- Nikam S. S., Gadgil R. M., Bhoosreddy A. R., Shah K. R., and Shirsekar V. U., “Personal identification in forensic science using uniqueness of radiographic image of frontal sinus,” *The Journal of forensic odonto-stomatology*, vol. 33, no. 1, pp. 1–7, 2015.
- Niño-Sandoval T C, Pérez S V G, González F A, Jaque R A, Infante-Contreras C. (2017). Use of automated learning techniques for predicting mandibular morphology in skeletal class I, II and III. *Forensic Science International*, 281, 187. e181-187. e187.
- O'Donnell C, Woodford N. Post-mortem radiology- A new sub-specialty? *Clin Radiol* 2008;63:1189-94.
- Ohtani M, Nishida N, Chiba T, Fukuda M, Miyamoto Y, Yoshioka N. Indication and limitations of using palatal rugae for personal identification in edentulous cases. *Forensic Sci Int*. 2008;176:178-82.

- Ohtani M, Oshima T, Mimasaka S. Extra-oral dental radiography for disaster victims using a flat panel X-ray detector and a hand-held X-ray generator. *J Forensic Odontostomatol.* 2017;35(2):28–34.
- Okkesim, A., Mısırlıoğlu, M., Adışen, M. Z., & Akyıl, Y. Y. (2018). Adli bilimlerde diş hekimliğinin yeri. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 9(1), 1593-1600.
- Oktay A.B., Human identification with dental panoramic radiographic images, *IET Biom.* 7 (2017) 349–355, doi:http://dx.doi.org/10.1049/iet-bmt.2017.0078.
- Oliveira SF, Gomes GMM, Cardoso LR, et al. Alterações decorrentes do envelhecimento podem impedir a identificação de indivíduos submetidos a radiografias da coluna lombar? Potencial com tribuição da avaliação radiológica para a atividade forense. *Radiol Bras.* 2007;40:327–30.
- Özdemir, M. S., (2024). *Evrişimsel sinir ağları ile kelebek türlerinin tespiti* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. T.C. Necmettin Erbakan Üniversitesi .
- Özderin M. Adli bilimler ve adli tıba giriş, Yeni ceza yasası ve cmk'ya göre düzenlenmiş adli bilimlere giriş ders notları, 17 ekim 2006, [18 Temmuz 2024 'de alıntulandı] Şuradan edinilebilir: Adli Tıp Ders Notları: 1 Adli Bilimler ve Adli Tıba Giris
- Öztürk, M. M. (2019). Kosinüs Benzerliğine Dayalı Çapraz-proje Hata Tahmini. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3), 159-167.
- Pallagatti S, Sheikh S, Aggarwal A, Singh R, Gupta D, Kaur A. Maxillofacial Imaging; An emerging tool in Forensic Science. *J Forensic Res* 2011;2:134.
- Pallam, N. K., Boaz, K., Natrajan, S., Raj, M., Manaktala, N., & Lewis, A. J. (2016). Computer-based method of bite mark analysis: A benchmark in forensic dentistry?. *Journal of forensic dental sciences*, 8(1), 32-39.
- Park WJ, Park J-B. History and application of artificial neural networks in dentistry. *European Journal of Dentistry* 2018; 12:594-601.
- Patil V, Vineetha R, Vatsa S, et al. (2020). Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: A comparative retrospective study. *Cogent Engineering*, 7(1), 1723783.
- Poongodi V, Kanmani R, Anandi MS, Krithika CL, Kannan A, Raghuram PH. Prediction of age and gender using digital radiographic method: a retrospective study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2015;7(2):S504–S508.
- Prabhu RV, Dinkar AD, Prabhu VD. Collection of Lip prints as forensic evidence at the crime scene – An insight. *J Oral Health Res.* 2010;1:129-35.
- Prachi J. Sex determination in forensic odontology. *J Forensic Odon tomat.* 2012;23:11- 16.
- Pretty IA, Sweet D. A look at forensic dentistry- Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *British Dental Journal* 2001; 190(7): 359-366.
- Pretty, I. A., Pretty, R. J., Rothwell, B. R., & Sweet, D. (2003). The reliability of digitized radiographs for dental identification: a Web-based study. *Journal of forensic sciences*, 48(6), JFS2002032.

- Pushparaj V, Gurunathan U, Arumugam B. An effective dental shape extraction algorithm using contour information and matching by Mahalanobis distance. *J Digit Imag.* 2013;26(2):259–268.
- Putra RH, Doi C, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2022; 51: 20210197.
- R K, Gupta N, Bansal A, Vjim M. Palatal Rugae Pattern as an Aid for Personal Identification: A Forensic Study. *J Indian Acad Oral Med Radiol.* 2011;23:173-8.
- Rabelo KA, Dos Anjos Pontual ML, de Queiroz Jordao N, de Paiva KM, de Moraes Ramos-Perez FM, dos Santos MS, et al. Human identification by FSS system adapted to cephalometric radiographs. *Forensic Sci Int.* 2016;262:227-32.
- Radhika T, Jeddy N, Nithya S. Tongue prints: A novel biometric and potential forensic tool. *J Forensic Dent Sci.* 2016;8(3):117-9.
- Raitz R, Fenyo-Pereira M, Hayashi AS, Melani R. Dento-maxillo-facial radiology as an aid to human identification. *J Forensic Odontostom- atol.* 2005;23(2):55-9.
- Ramalingam S, Al-Hindi M, Al-Eid RA, Nooh N. Clinical evaluation of implant survival based on size and site of placement: A retrospective study of immediate implants at single rooted teeth sites. *Saudi Dent J.* 2015;27(2):105-11.
- Rathee M, Yadav K. Denture identification methods: a review. *J Dent Med Sci.* 2014;1(13):58-61.
- Reddy BNK, Swetha P, Manyam R, Supriya AN. Importance of dental radiography in forensic odontology: A Review. *Oral Maxillofacial Pathology J* 2022; 13(2): page no. 124 127
- Reddy G, Reddy VP, Sharma M, Aggarwal M. Role of Orthodontics in Forensic Odontology- A Social Responsibility. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(4):ZE01-3.
- Reesu GV, Augustine J, Urs AB. Forensic considerations when dealing with incinerated human dental remains. *J Forensic Leg Med.* 2015;29:13-7.
- Rehani S, Chandrashekhar C, Radhakrishnan R. The role of radiography in forensic dental practice. *Indian J Dent Adv.* 2011;3:413-7.
- Ren, S., K. He, R. Girshick and J. Sun (2015). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. *Advances in neural information processing systems.*
- Richardson ER, Malhotra SK. Mesiodistal crown dimension of the permanent dentition of American Negroes. *Am J Orthod.* 1975;68(2):157–164.
- Richmond R, Pretty IA. Contemporary methods of labelling dental prostheses – a review of the literature. *J Forensic Sci.* 2006;51(5):1120–1126.
- Rivera-Mendoza, F., Martín-de-las-Heras, S., Navarro-Cáceres, P., & Fonseca, G. M. (2018). Bite mark analysis in foodstuffs and inanimate objects and the underlying proofs for validity and judicial acceptance. *Journal of forensic sciences*, 63(2), 449-459.

- Rocha Sdos S, Ramos DL, Cavalcanti Mde G. Applicability of 3D-CT facial reconstruction for forensic individual identification. *Pesqui Odontol Bras* 2003;17:24-8.
- Romeiro R, Marroquim R, Esperanca C, Breda A, Figueredo CM. Forensic Facial Reconstruction Using Mesh Template Deformation with Detail Transfer over HRBF. In: 27th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images; 2014;266–273.
- Rothwell BR. Bite marks in forensic odontology: fact or fiction? In: Worthington P, Evans JR, Oral and maxillofacial surgery. Philadelphia: WB Saunders, 1994:588–600.
- Ruck E. Die Bedeutung der Zahne Fur die Identitatsbestimmung. 1932 Thesis Erlangen 1-26. (Cited by Cameron JM, Sims BG. Forensic Dentistry. I. Edinburgh: Churchill 1974:86-96). Livingstone
- Ruder TD, Kraehenbuehl M, Gotsmy WF, Mathier S, Ebert LC, Thali MJ, Hatch GM. Radiologic identification of disaster victims: a simple and reliable method using CT of the paranasal sinuses. *Eur J Radiol*. 2012 Feb;81(2):e132-8. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.01.060. Epub 2011 Feb 12. PMID: 21320763.
- Sağlam H, Ari T, Bayrakdar İ Ş, et al. (2021). Dış Hekimliğinde Yapay Zeka: Artificial Intelligence In Dentistry. *Sağlık Bilimlerinde Yapay Zeka Dergisi* (Journal of Artificial Intelligence in Health Sciences) ISSN: 2757-9646, 1(2), 26-33.
- Sairam V, Geethamalika MV, Kumar PB, Naresh G, Raju GP. Determination of sexual dimorphism in humans by measurements of mandible on digital panoramic radiograph. *Contemp Clin Dent*. 2016;7(4):434–439.
- Saks, M. J., Albright, T., Bohan, T. L., Bierer, B. E., Bowers, C. M., Bush, M. A., ... & Zumwalt, R. E. (2016). Forensic bitemark identification: weak foundations, exaggerated claims. *Journal of Law and the Biosciences*, 3(3), 538-575.
- Sakuma A, Makino Y, Saitoh H, Chiba F, Ishii N, Iwase H. Evaluation of a personal identification method using the fusion function of CT images and dental radiographs. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2015;44(2):20140137.
- Sambhana S, Sanghvi P, Mohammed RB, Shanta PP, Thetay AA, Chaudhary VS. Assessment of sexual dimorphism using digital orthopantomographs in South Indians. *J Forensic Dent Sci*. 2016;8(3):180.
- Sandhya S, Fernandes R, Sapna S, Rodrigues A P. (2022). Comparative analysis of machine learning algorithms for Lip print based person identification. *Evolutionary Intelligence*, 15(1), 743-757.
- Sanjaya PR, Gokul S, Prithviraj KJ, Rajendra S. Significance of Palatal Rugae: A Review. *Int J Dent Update*. 2012;2(2):74-82.
- Sathyavathi, S., & Baskaran, K. R. (2024). Human age estimation using deep convolutional neural network based on dental images (orthopantomogram). *IETE Journal of Research*, 70(2), 1585-1592.

- Saxena S, Sharma P, Gupta N. (2010). Experimental studies of forensic odontology to aid in the identification process. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 2(2), 69.
- Scarfe WC, Eraso FE, Farman AG. Characteristics of the Orthopantomograph OP 100. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27(1): 51-7
- Schuller, A. (1921). Das rontgenogram der stirnhohle: ein hilfsmittel fur die identitatsbestimmung von schadeln. *Monatenschrift fur Ohrenheilkunde*, 55, 1617-1620.
- Schwartz TR, Schwartz EA, Mieszerski L, McNally L, Kobilinsky L. Characterization of deoxyribonucleic acid (DNA) obtained from teeth subjected to various environmental conditions. *J Forensic Sci*. 1991;36(4):979-90.
- Sehrawat A. Controversies and Challenges in Bite Mark Analysis: A Comprehensive Review. *Acta Scientific Dent Sci*. 2023;7(10):64-70.
- Senn DR, Stimson PG. Forensic dentistry. 2nd ed. USA: CRC Press; 2010. p. 245-63.
- Shah, P., Velani, P. R., Lakade, L., & Dukle, S. (2019). Teeth in forensics: A review. *Indian Journal of Dental Research*, 30(2), 291-299.
- Shahin KA, Chatra L, Shenai P. Dental and craniofacial imaging in forensics. *J Forensic Radiol Imaging* 2013;1:56-62.
- Shamim T. The reliability of palatal rugoscopy in forensic identification. *Ann Saudi Med*. 2013;33(5):513-4.
- Sharma P, Saxena S, Rathod V. Cheiloscopy: The study of lip prints in sex identification. *J Forensic Dent Sci*. 2009;1:24-7.
- Shinde, P. P., & Shah, S. (2018). A review of machine learning and deep learning applications. 2018 Fourth international conference on computing communication control and automation (ICCUBEA), 1-6.
- Shui W, Zhou M, Deng Q, Wu Z, Ji Y, Li K, et al. Densely Calculated Facial Soft Tissue Thickness for Craniofacial Reconstruction in Chinese Adults. *Forensic Sci Int*. 2016;266:573.e1–573.e12.
- Shui W, Zhou M, Maddock S, He T, Wang X, Deng Q. A PCA-Based Method for Determining Craniofacial Relationship and Sexual Dimorphism of Facial Shapes. *Comput Biol Med*. 2017;90:33-49.
- Sıcakbaş E. Olay yeri incelemede diş hekiminin rolü ve önemi. Ege Üniversitesi, Adli Tıp Anabilim Dalı, Bitirme Tezi, İzmir, (Tez Danışmanı: Doç. Dr. Aytaç KOÇAK), 2012; s.36.
- Silva, RF, Franco, A., de Souza, JB, Picoli, FF, Mendes, SDSC, & Nunes, FG (2015). Gülümseme fotoğraflarının analizi yoluyla insan kimliği. *Amerikan adli tıp ve patoloji dergisi*, 36 (2), 71-74.
- Simonyan, K., Zisserman, A., (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR 2015).

- Singal K. Forensic Dentistry as a Tool for Identification. *Austin J Forensic Sci Criminol.* 2015; 2(5): 1043
- Sosa, C., Baeta, M., Núñez, C., Casalod, Y., Luna, A., & Martínez-Jarreta, B. (2012). Nuclear DNA typing from ancient teeth. *The American journal of forensic medicine and pathology*, 33(3), 211-214.
- Stavrianos C, Stavrianou I, Zouloumis L, Mastagas D. An introduction to facial reconstruction. *Balkan J Stomatol.* 2007;11(2):76-83.
- Stenberg I, Borrmann HI. Dental condition and identification marking of dentures in homes for the elderly in Göteborg, Sweden. *J Forensic Odontostomatol.* 1998;16(2):35-7.
- Subramanyam BV, editor. *Modi's Medical Jurisprudence and Toxicology*. 22nd. New Delhi: Butterworths India Persl Ident. 2001:37-90.
- Suzuki, K. (2017). Overview of deep learning in medical imaging. *Radiological physics and technology*, 10(3), 257-273.
- Sweet DJ, Sweet CH. DNA analysis of dental pulp to link incinerated remains of homicide victim to crime scene. *J Forensic Sci.* 1995;40(2):310-4.
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., ... & Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1-9).
- Şeker, A., Diri, B. ve Balık, H. H. (2017). Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 47-64.
- Şen, Z. (2004). *Yapay sinir ağları*. Su Vakfı Yayınları.
- Şener E, Baksi Şen G (2022). Dentomaksillofasiyal Radyolojide Yapay Zeka Uygulamalarının Rolü: Bölüm 1. *Selcuk Dental Journal*, 9(2), 713-720.
- Tandon, A. Srivastava, R. Jaiswal, M. Patidar, and A. Khare, "Estimation of gender using cheiloscopy and dermatoglyphics," *National journal of maxillofacial surgery*, vol. 8, no. 2, pp. 102-105, 2017.
- Tarani S, Kamakshi SS, Naik V, Sodhi A. Forensic radiology: An emerging science. *J Adv Clin Res Insights* 2017;4:59-63.
- Taylor K. *Forensic Art and Illustration*. Boca Raton: CRC Press; 2001;4-82, 361-523.
- Tedeschi-Oliveira SV, Melani RF, de Almeida NH, de Paiva LA. Facial soft tissue thickness of Brazilian adults. *Forensic Sci Int.* 2009;193(1-3):e1-127.e1277
- Terzioğlu D. H., Türköz Y. (2000). "Oral İmplantolojide Sıklıkla Kullanılan Panoramik Radyografinin Magnifikasyon Yönünden İncelenmesi." *Ankara Üniv. Diş. Hek. Fak. Derg.* 27(1) 77- 83
- Thomas J, Muruppel AM, Dinesh N, Gladstone S, Manjuran NG. Dentures in Forensic Identification - A Review of Methods & Benefits. *J Adv Med Dent Sci.* 2014;2(1):85-94.

- Trochesse DA, Serchuk RB, Colosi DC. Generation of intra-oral-like images from cone beam computed tomography volumes for dental forensic image comparison. *J Forensic Sci.* 2014;59(2):510–513.
- Tronje G. Image distortion in rotational panoramic radiography: V. Object morphology; inner structures. *Acta Radiol Diagn* 1982; 23: 59–62. doi: <https://doi.org/10.1177/028418518202300109>
- Tsang A, Sweet D, Wood R. Potential for fraudulent use of digital radiography. *J Am Dent Assoc* 1999;130:1325-9.
- Tu P, Book R, Liu X, Krahnstoeve N, Adrian C, Williams P. Automatic Face Recognition from Skeletal Remains. In: *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*; 2007;1–7.
- Turner W, Brown R, Kelliher T, Tu P, Taister M, Miller K. A novel method of automated skull registration for forensic facial approximation. *Forensic Sci Int.* 2005;154(2-3):149–158.
- Tuzoff DV, Tuzova LN, Bornstein MM, Krasnov AS, Kharchenko MA, Nikolenko SI, Sveshnikov MM, Bednenko GB. Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. *Dentomaxillofac* 2019;48:20180051.
- Türkcan, M. B., & Baybars, S. C. (2024). Güncel Literatür Eşliğinde Adli Diş Hekimliği. *Dental and Medical Journal-Review*, 6(1), 1-20.
- Uçan M. Üst gastrointestinal sistem kanama hastalarında endoskopi ihtiyacı kararının makine öğrenmesi algoritmasıyla verilmesi, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, İstanbul, (Tez danışmanı: Doç. Dr. Serkan Doğan), 2024; Syf 12-13.
- Ulama K. Derin Öğrenme ile Restorasyonların Tespit Edilerek Panoramik Dental Görüntülerden Kimlik Tespiti T.C. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyolojik Veri Bilimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul (Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşe Betül Oktay); 2021; 2.
- Utsuno H, Kanoh T, Tadokoro O, Inoue K. Preliminary study of post mortem identification using lip prints. *Forensic Sci Int.* 2005;149:129-32.
- Ünver N. B. Makine öğrenmesi kullanılarak üst gastrointestinal kanaması olan hastalarda yoğun bakıma yatış ve hastane içi mortalite riski arasındaki ilişkinin araştırılması, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Ankara, (Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şervan GÖKHAN), 2023; Syf: 26.
- Vale GL, Rawson RD, Sperber ND, Herschaft EE. Discussion of “Reliability of the scoring system of the American Board of Forensic Odontology for Human Bite Marks”. *J Forensic Sci.* 1988;33:20.
- Vaz M, Benfica FS. The experience of the Forensic Anthropology Service of the Medical Examiner’s Office in Porto Alegre, Brazil. *Forensic Sci Int* 2008; 179(2-3): 45-49
- Venkat Nag PR, Shenoy KK. Dentures in forensic identification: A simple and innovative technique. *J Indian Prosthodont Soc.* 2006;6(2):75-7.

- Verma M, Verma N, Sharma R, Sharma A. (2019). Dental age estimation methods in adult dentitions: An overview. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 11(2), 57.
- Vijayakumari, B., Kirubalini, R.R., Manisha, C.R.: Cadaver identification with dental radiographs using isoperimetric and nodal graph approach. *IET Biometrics* 9(1), 38{45 (2019) .
- Vila-Blanco N, Carreira M J, Varas-Quintana P, Balsa-Castro C, Tomas I. (2020). Deep neural networks for chronological age estimation from OPG images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(7), 2374 2384.
- Viner M. D. ve Robson J. (2017). Post-mortem forensic dental radiography- a review of current techniques and future developments. *Journal Of Forensic Radiology And Imaging*, (8), 22-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jofri.2017.03.007>
- Walsh, M., Reeves, P., Scott, S. (2004). When disaster strikes; the role of the forensic radiographer, *Radiography*, 10(1), 33-43.
- Whaites, E. (2002). *Essentials of Dental Radiography and Radiology* (3rd edition). China: Elsevier Science.
- White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology principles and interpretation*. 7th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2014. p. 166 - 184.
- White, S.C. ve Pharoah, M.J. (2009). *Oral radiology: principles and interpretation*. St. Louis: Mosby/Elsevier.
- Wilkinson CM, “Virtual” sculpture as a method of computerized facial reconstruction. *Proceedings of the first International Conference on Reconstruction of Soft Facial Parts (RSFP)*, Potsdam, Germany, 2003;59–63.
- Wood RE, Kirk NJ, Sweet D. Digital dental radiographic identification in the Pediatric, Mixed and Permanent Dentitions. *J Forensic Sci* 1999;44:901-16.
- Wood RE. Forensic aspects of maxillofacial radiology. *Forensic Sci Int* 2006;159(Suppl 1):S47-55.
- Wu, Q., Fan, F., Liao, P., Lai, Y., Ke, W., Du, W., Chen, H., Deng, Z. ve Zhang, Y. Human identification with dental panoramic images based on deep learning. *Sensing And Imaging*. 2021;22(4). <https://doi.org/10.1007/s11220-020-00326-y>
- Wuehrmann AH, Manson-Hing LR. *Dental Radiology*. 5th Edn. St. Louis: CV Mosby, 1981: I.
- Xavier, T. A., Terada, A. S. S. D., & da Silva, R. H. A. (2015). Forensic application of the frontal and maxillary sinuses: A literature review. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 3(2), 105-110.
- Yaşar F, Afşin H, Hancı H. Adli diş hekimliği. *TBB Dergisi*. 2004;54:351-4.
- Yazdanian, M., Karami, S., Tahmasebi, E., Alam, M., Abbasi, K., Rahbar, M., ... & Yazdanian, A. (2022). Dental radiographic/digital radiography technology along with biological agents in human identification. *Scanning*, 2022(1), 5265912.
- Yıldıray Z, Hamit HI. İnsanlarda kimlik tespiti. *STED* 2001; 10(10): 375-377

- Yin PN, Kc K, Wei S, Yu Q, Li R, Haake A.R, ... Cui F. Histopathological distinction of non invasive and invasive bladder cancers using machine learning approaches. BMC medical informatics and decision making. 2020; 20: 1 11.
- Yuan Liang, Weikun Han, Liang Qiu, Chen Wu, Yiting Shao, Kun Wang, Lei He, Exploring Forensic Dental Identification with Deep Learning,2021
- Zahrani AA. Int J Community Med Public Health. 2024 Jun;11(6):2468-2475
- Zainab, H., Pramod, J., Hugar, D., & Sultana, A. (2018). A comparative assessment of bite marks in analyzing the overlay generation using styrofoam sheet and modeling wax with the dental casts as one of the adjuncts for archiving the forensic records: An: in vivo: study. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 22(1), 132-137.
- Zeyfeoglu Y. , Hancı İ. H. İnsanlarda Kimlik Tespiti. Sürekli Tıp Eğitim Derg., 2001; 10: 375–377.
- Zhang D. Biometric Solutions: For Authentication in an E-World. 2002.
- Zhou J, Abdel-Mottaleb M. A content-based system for human identification based on bitewing dental X ray images. Pattern Recognition 2005; 38(11): 2132 2142

EKLER

Ek 1. Etik Kurul Kararı



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı

Sayı : 72867572-050.01.04-694340
Konu : Etik Kurul Kararı

Sayın Doç.Dr. Esin BOZDEMİR
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Isparta

Sorumlu araştırmacı olduğunuz "Panoramik Radyograflarda Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Kimliklendirme" isimli çalışmanızın kurulumuz tarafından uygun görüldüğüne ilişkin 05.12.2023 tarih ve 276 sayılı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Kararı yazımız ekinde gönderilmiştir.
Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Mekin SEZİK
Etik Kurul Başkanı

Eki :Etik Kurul Kararı (2 Sayfa)

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARAR FORMU

Araştırmacının Açık Adı Araştırmacının Protokol Kodu		Panoramik Radyografilerde Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Kimliklendirme (05.12.2023 tarih ve 15 /276 sayılı karar)			
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı - (2012-KAEK-38)			
	AÇIK ADRESİ	S.D.Ü. Doğu Kampüsü Tıp Fakültesi Dekanlığı Binası – ISPARTA			
	TELEFON	246 211 37 04			
	FAKS	246 237 11 65			
	FAKS	tipetik@sdu.edu.tr			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr. Esin BOZDEMİR			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ GÖREV YAPTIĞI BİRİM	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ1	FAZ2	FAZ3	FAZ4
		Gözlemsel ilaç çalışması	☐		
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	☐		
İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		☐			
İlaç dışı klinik araştırma		☐			
Diğer ise belirtiniz : Retrospektif Araştırma					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	X Tek Merkez		Çok Merkez	X Ulusal	Uluslararası
DEĞERLENDİRİLEN BELGİLER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe	İngilizce Diğer
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe	İngilizce Diğer
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe	İngilizce Diğer
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe	İngilizce Diğer
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGİLER	Belge Adı		Açıklama		
	SİGORTA	☐			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☒	Bütçe Taahhütnamesi		
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐			
	ILAN	☐			
	YILLIK BİLDİRİM	☐			
	SONUÇ RAPORU	☐			
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐			
DİĞER	☒	Ana Bilim Dalı Kurul Kararı			

Prof. Dr. Mekin SEZİK
Etik Kurul Başkanı

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Huriye GÜN GÜLER

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurum	Mezuniyet Yılı
Uzmanlık	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2025
Yüksek Lisans	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2019
Yüksek Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2015
Lise	Yalvaç Fen Lisesi	2014

İş Denevimi

Çalıştığı Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi	2021-2025