



**MAKSİLLER GÖMÜK KANIN DİŞLERDE
PANORAMİK RADYOGRAFİNİN ETKİNLİĞİNİN
KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİYLE
ELDE EDİLEN BULGULARLA GELİŞTİRİLMİŞ YAPAY
ZEKÂ MODELİ ÜZERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Elanur AYDIN GERZELİ
Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Özkan MİLOĞLU

Doktora Tezi-2024



SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Health Sciences

**MAKSİLLER GÖMÜK KANİN DİŞLERDE
PANORAMİK RADYOGRAFİNİN ETKİNLİĞİNİN
KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİYLE ELDE
EDİLEN BULGULARLA GELİŞTİRİLMİŞ YAPAY ZEKÂ
MODELİ ÜZERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Elanur AYDIN GERZELİ

**Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı
Doktora Tezi**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Özkan MİLOĞLU**

**ERZURUM
2024**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
TEŞEKKÜR	V
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Maksiller Daimi Kanin Dişler.....	6
2.2. Maksiller Daimi Kanin Dişlerin Gömülülük Prevalansı.....	6
2.3. Gömülü Maksiller Daimi Kanin Dişlerin Etiyolojisi.....	7
2.3.1. Gömülü Maksiller Kaninlerin Etiyolojileri ile İlişkili Teoriler	7
2.3.1.1. Uzun Erüpsiyon Yolu	7
2.3.1.2. Çapraşıklık	7
2.3.1.3. Süt Kanin Diş Kökünün Rezorbe Olmaması	8
2.3.1.4. Travma	8
2.3.1.5. Yumuşak Doku Patolojisi	8
2.3.1.6. Rehberlik Teorisi	9
2.3.1.7. Genetik Teori	9
2.4. Gömülü Kanin Dişler ile İlişkili Komplikasyonlar.....	9
2.4.1. Kistik Değişiklikler.....	10
2.4.2. Kron Rezorbsiyonu	10
2.4.3. Keser Dişlerde Kök Rezorbsiyonu	11

2.4.4. Ark Boyut Kaybı.....	11
2.5. Maksiller Gömülü Kanin Dişlerde Tanı Yöntemleri	11
2.5.1. Klinik Muayene	12
2.5.1.1. İnceleme	12
2.5.1.2. Palpasyon	13
2.5.2. Radyolojik Yöntemler.....	13
2.5.2.1. Periapikal Radyografi	13
2.5.2.2. Okluzal Radyografi.....	14
2.5.2.3. Panoramik Radyografi	14
2.5.2.4. Sefalometrik Radyografi.....	15
2.5.2.5. Posteroanterior Radyografi	16
2.5.2.6. Bilgisayarlı Tomografi.....	16
2.5.2.7. Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi	17
2.6. Yapay Zekâ	18
2.6.1. Yapay Zekâ Teknolojileri	19
2.6.1.1. Uzman Sistemler.....	20
2.6.1.2. Bulanık Mantık	20
2.6.1.3. Genetik Algoritmalar	20
2.6.1.4. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network-ANN).....	20
2.6.1.5. Makine Öğrenmesi.....	22
2.6.1.5.1. Derin Öğrenme	23
2.7. Transfer Öğrenme	24
2.7.1. VGGNet.....	25
2.7.2. ResNet 37.....	25
2.7.3. InceptionV3	26

2.7.4. MobileNet	26
2.7.5. DenseNet.....	26
2.8. Diş Hekimliğinde Yapay Zekâ ve Kullanım Alanları	27
2.8.1. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Alanında Yapay Zekâ Uygulamaları.....	28
3. MATERYAL VE METOT.....	31
3.1. Etik Kurul Onayı.....	31
3.2. Hasta Grubunun Belirlenmesi.....	31
3.3. Çalışmada Kullanılan Değerlendirme ve Ölçümler	33
3.3.1. PR Üzerinde Yapılan Açık Ölçümleri	33
3.3.2. KIBT Aksiyal, Sagittal ve Koronal Kesitler Üzerinde Yapılan Değerlendirmeler	33
3.4. Radyografik Değerlendirmeler	34
3.4.1. Panoramik Radyografi Film Analizi.....	34
3.4.1.1. Gömülü Kanin Dişin Pozisyonu İçin Açık Ölçümü	35
3.4.2. KIBT Radyografi Görüntü Analizi	39
3.4.2.1. Gömülü Maksiller Kanin Dişin Konum (Bukkal/Palatinal) Tespiti	39
3.4.2.2. Gömülü Maksiller Kanin Diş Kaynaklı Komşu Dentoalveoler Yapılarda Rezorbsiyon veya Patolojik Bir Oluşum Varlığının Belirlenmesi.....	40
3.5. Ölçümlerin Güvenilirliği.....	40
3.6. Görüntülerin Etiketlenmesi.....	41
3.6.1. Önerilen Füzyon Temelli Derin Ağ (Proposed Fusion Based Deep Network)	41
3.6.2. Algoritma Performanslarının Değerlendirilme Metrikleri.....	43
4. BULGULAR.....	45
4.1. Derin Öğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları	45
4.2. Gömülü Maksiller Kanin Dişin Pozisyon Tespiti İçin Derin Öğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları.....	45

4.3. Gömülü Maksiller Kanin Diş Kuron/Kökünün Lokalizasyonu (Bukkal/Palatinal) Tespiti İçin Derin ğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları	49
4.4. Gömülü Maksiller Kanin Diş Komşu Dişte Rezorbsiyon veya Dentoalveoler Yapılarda Patolojik Bir Oluşum Meydana Getirmiş mi Tespiti İçin Derin ğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları	51
5. TARTIşMA	54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR	70
EKLER	103
Ek-1. Etik Bildirim ve İntihal Beyan Formu.....	103
Ek-2. Etik Kurul Onay Formu	104

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmayı yöneten, eğitimim boyunca bana her konuda bilgisi ve tecrübesiyle yol göstererek bu zorlu süreci tamamlamamı sağlayan değerli tez danıŐmanım sayın Prof. Dr. Özkan MİLOĞLU'na,

Eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ahmet Berhan YILMAZ'a,

Çalışmamızın yapay zekâ uygulamalarıyla analizini yapan ve sonuçlarını elde eden sayın hocam Prof. Dr. İbrahim Yücel ÖZBEK ve ekibine,

Üniversite ve doktora eğitimim boyunca deneyimlerinden faydalandığım tüm Ağız, Diş ve ene Radyolojisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine, birlikte çalıŐtığım tüm asistan arkadaşlarıma ve bu çalışmayı 11244 BAP proje numarası ile destekleyen Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne,

Sonsuz emek, sevgi ve destekleri ile beni bu günlere getiren ve yüreklendiren canım aileme ve hayatta güzel Őeylerin de var olabileceğinin ispatı olan canım oğluma sonsuz teşekkür ederim.

Elanur AYDIN GERZELİ

ÖZET

Maksiller Gömük Kanin Dişlerde Panoramik Radyografinin Etkinliğinin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografiyle Elde Edilen Bulgularla Geliştirilmiş Yapay Zekâ Modeli Üzerinde Değerlendirilmesi

Amaç: Yapay Zekâ temelde insan zekâsını taklit eden ve veriler aracılığıyla nesnelere algılama, tanımlama, problem belirleme ve çözme gibi insan davranışlarını kopyalayan, insanlara özgü yetenekleri makinalar aracılığıyla yerine getiren sistemlerdir. Sürekli olarak gelişen YZ teknolojileri diş hekimliğinde de kullanılmaya başlanmış ve hekime daha hızlı ve doğru teşhis sunabilme imkânı sağlamıştır. Diş hekimliğinde sıklıkla karşılaşılan problemlerden biri olan gömülü maksiller kanin dişlerin konumlarının teşhis edilebilmesi tedavi açısından da önem taşır. Bu tez çalışmasının amacı, panoramik radyografiler üzerinde YZ tekniklerinden biri olan derin öğrenme yöntemi ile kullanılan algoritmalarla gömülü maksiller kanin dişlerin konumlarını belirlemek ve dişlerin çenedeki lokalizasyonlarını tespit edip komşu dentoalveoler yapılardaki rezorbsiyonları veya patolojileri detaylı bir şekilde değerlendirebilmektir.

Materyal ve Metot: Bu tez çalışmasına; Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalında 2020-2023 yılları arasında radyolojik muayene sonucunda gömülü kanin dişi olan 458 hastaya ait 581 görüntü dâhil edildi. Hastalardan tedavi başında panoramik radyografileri ve tomografi kayıtları alındı. Maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyonları, dişin palatinalde mi bukkalde mi olduğu ve komşu dentoalveoler yapılarda rezorbsiyon durumuna bakılarak veri seti oluşturuldu. Oluşturulan bu veri seti kendi içerisinde üç temel problem için gruplandırıldı. PR görüntüleri üzerinde her bir probleme uygun olan farklı mimariler ile çalışıldı. Derin öğrenme mimarilerinin sınıflandırma performansları konfüzyon matrisi kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular: Gömülü maksiller kanin pozisyonu için yapılan üç sınıflı sınıflandırmada yüksek ve düşük doğruluk için farklı modeller ile çalışıldı ve sırasıyla %90.9 ve %87.4 olarak bulundu. Yüksek doğrulukta en iyi sonucu veren model VGG16 iken düşük doğrulukta en iyi olan bir diğer model ise DenseNet201 olarak belirlendi. Dişin palatinalde mi yoksa bukkalde mi olduğunu bulmak için kullanılan iki sınıflı sınıflandırma performanslarına bakıldığında veri setinde modellerin performans metriklerine bağlı fusion doğruluk değerinin %80.4 olduğu belirlendi. En yüksek doğruluk gösteren model ise ResNet101V2 olarak bulundu. Komşu dişte rezorbsiyon varlığını bulmak için iki sınıflı sınıflandırma performanslarına bakıldığında veri setinde modellerin performans metriklerine bağlı fusion doğruluk değerinin %88.6 olduğu belirlendi. En yüksek doğruluk gösteren model ise Xception olarak bulundu.

Sonuç: Bu çalışmanın sonucunda derin öğrenme mimarilerinin iki ve üçlü sınıflı sınıflandırmada genel olarak yüksek doğruluk gösterdiği ve maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyon özelliklerini başarılı bir şekilde tespit edebileceği kanısına varıldı. Ancak veri seti artırılarak yapılacak çalışmalarda daha başarılı sonuçlar alınabilir. Derin öğrenmenin bu başarısı ile değerlendirmeler objektif olarak yapılabilir ve rutin kullanımda klinisyene zaman kazandırabilir.

Anahtar Kelimeler: Derin öğrenme, gömülü maksiller kanin, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi, panoramik radyografi, yapay zekâ

ABSTRACT

Evaluation of the Effectiveness of Panoramic Radiography in Maxillary Impacted Canine Teeth on an Artificial Intelligence Model Developed with Findings Obtained by Cone Beam Computed Tomography

Aim: Artificial Intelligence (AI) is basically a system that imitates human intelligence and replicates human behaviors such as perceiving, identifying, problem-solving and solving objects through data, and performs human-specific skills through machines. Continuously developing AI technologies have also begun to be used in dentistry and have provided the physician with the opportunity to provide faster and more accurate diagnosis. Being able to diagnose the positions of impacted maxillary canines, which is one of the frequently encountered problems in dentistry, is also important in terms of treatment. The aim of this thesis is to determine the positions of impacted maxillary canines using algorithms used with deep learning method, one of the AI techniques, on panoramic radiographs (PR), to determine the localization of the teeth in the jaw and to evaluate resorptions or pathologies in neighboring dentoalveolar structures in detail.

Material and Method: This thesis study included 581 images of 458 patients with impacted canine teeth who underwent radiological examination between 2020-2023 at the Department of Oral, Dental and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Ataturk University. Panoramic radiographs and tomography records were obtained from the patients at the beginning of treatment. The data set was created by examining the positions of the maxillary impacted canine teeth, whether the tooth was palatal or buccal, and the resorption status of the adjacent dentoalveolar structures. This data set was grouped for three basic problems. Different architectures suitable for each problem were studied on PR images. The classification performances of deep learning architectures were evaluated using the confusion matrix.

Results: In the three-class classification for the maxillary embedded canine position, different models were used for high and low accuracy and were found to be 90.9% and 87.4%, respectively. While the model that gave the best results with high accuracy was VGG16, another model that gave the best result with low accuracy was determined as DenseNet201. When the two-class classification performances used to find out whether the tooth is palatal or buccal were examined, it was determined that the fusion accuracy value based on the performance metrics of the models in the data set was 80.4%. The model with the highest accuracy was found to be ResNet101V2. When the two-class classification performances were examined to find the presence of resorption in the adjacent tooth, it was determined that the fusion accuracy value based on the performance metrics of the models in the data set was 88.59%. The model with the highest accuracy was found to be Xception.

Conclusion: As a result of this study, it was concluded that deep learning architectures generally showed high accuracy in two- and three-class classification and could successfully detect the position characteristics of maxillary impacted canine teeth. However, more successful results can be obtained in studies by increasing the data set. With this success of deep learning, evaluations can be made objectively and can save the clinician time in routine use.

Key Words: Artificial intelligence, cone beam computed tomography, deep learning, embedded maxillary canine, panoramic radiography

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

3B	: Üç boyut
ANN	: Artificial neural network
BT	: Bilgisayarlı tomografi
CLAHE	: Kontrast limitli adaptif histogram eşitleme
ESA	: Evrişimsel sinir ağları
FN	: False negative
FP	: False positive
HBYS	: Hasta Bilgi Yönetim Sistemi
KIBT	: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
kVp	: Kilovoltaj peak
mAs	: Miliamper saniye
PR	: Panoramik radyografi
TN	: True negative
TP	: True positive
YZ	: Yapay zekâ

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı.....	21
Şekil 2.2 Yapay sinir ağlarının yapısı.....	21
Şekil 2.3. Yapay sinir ağı hücresi modeli.....	22
Şekil 2.4. Yapay zekâyı oluşturan temel kavramlar	23
Şekil 2.5. Transfer öğrenme	24
Şekil 2.6. VGG-16 mimarisi.....	25
Şekil 2.7. ResNet mimarisi	25
Şekil 2.8. InceptionV3 mimarisi.....	26
Şekil 2.9. MobileNet mimarisi	26
Şekil 2.10. DenseNet mimarisi	27
Şekil 3.1. KIBT’de görüntülenen gömülü maksiller kanin dişlerin aksiyal, sagittal ve koronal kesitleri	34
Şekil 3.2. Panoramik radyografide izlenen maksiller gömülü kanin dişler.....	35
Şekil 3.3. Alfa açısını bulmak için panoramik radyografi üzerinde yapılan çizimler	35
Şekil 3.4. Ginifab programı ile bulunan alfa açısı	36
Şekil 3.5. Beta açısını bulmak için panoramik radyografi üzerinde yapılan çizimler....	36
Şekil 3.6. Ginifab programı ile bulunan beta açısı	37
Şekil 3.7. Gama açısını bulmak için panoramik radyografi üzerinde yapılan çizimler..	37
Şekil 3.8. Ginifab programı ile bulunan gama açısı	38
Şekil 3.9. Açılara göre yapılan sınıflandırma	39
Şekil 3.10. Bukkalde gömülü sağ maksiller kanin dişin aksiyal, sagittal ve koronal görüntüleri.....	39

Şekil 3.11. Palatinalde gömülü sağ maksiller kanin dişin aksiyal, sagital ve koronal görüntüleri.....	39
Şekil 3.12. KIBT cross kesitler üzerinden komşu dişte rezorbsiyon varlığı	40
Şekil 3.13. KIBT cross kesitler üzerinden komşu dişte rezorbsiyon yokluğu.....	40
Şekil 3.14. Görüntülerin etiketlenmesi	41
Şekil 3.15. Konfüzyon matrisi	43
Şekil 4.1. Maksiller kanin diş için yüksek doğruluğa ait fusion sonucunun konfüzyon matrisi	47
Şekil 4.2. Maksiller kanin diş için düşük doğruluğa ait fusion sonucunun konfüzyon matrisi	49
Şekil 4.3. Maksiller gömülü kanin dişin palatinalde mi yoksa bukkalde mi olduğunu gösteren fusion sonucuna ait konfüzyon matrisi.....	51
Şekil 4.4. Maksiller gömülü kanin dişin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılarda patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğini gösteren fusion sonucuna ait konfüzyon matrisi	53

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Gömülü maksiller kanin diş için yüksek doğruluğa ait üç sınıflı sınıflandırma sonuçları.....	46
Tablo 4.2. Gömülü maksiller kanin diş için düşük doğruluğa ait üç sınıflı sınıflandırma sonuçları.....	48
Tablo 4.3. Gömülü maksiller kanin dişin palatinal/bukkal konumuna ait iki sınıflı sınıflandırma sonuçları.....	50
Tablo 4.4. Gömülü maksiller kanin dişin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılar da patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğinin iki sınıflı sınıflandırma sonuçları.....	52

1. GİRİŞ

Sürme zamanı geldiği halde yani diş kök formasyonunun 2/3'ü ile 3/4'ü tamamlandığı halde ağızda hiç görülmeyen veya okluzyonda fonksiyon göreceği konuma gelemeyen dişlere gömülü diş denir (Becker ve ark., 2015). Gömülü dişlerin olması gereken zamanda ve yerde olmaması diş düzensizlikleri ve estetik gibi bazı komplikasyonlara ve patolojilere neden olur (Türker ve ark., 2008).

Diş dizisindeki tüm dişler gömülü kalabilir. Ancak bazı dişler farklı sebeplerden dolayı daha fazla gömülü kalır. En sık olarak üçüncü molar dişler gömülü kalıp süremezken, ikinci sırada maksiller kanin dişler yer alır (Hou ve ark., 2010). Her popülasyonda gömülü kalma prevalansı farklılık gösterse de yapılan çalışmalarda bu oran %0.8 ile %5.2 arasında değişmektedir (Baccetti ve ark., 1998; Chu ve ark., 2003). Maksiller kanin dişlerin palatinalde gömük kalma oranı bukkalden 2-3 kat daha fazlayken, cinsiyet olarak kadınlarda maksiller gömük kanin dişlerin daha sık gömülü kaldığı görülmüştür (Fournier, 1982).

Maksiller kanin dişlerin gömülü kalmasının etiolojisi araştırılmış olsa da fikir birliğine varılamamıştır (Chung ve ark., 2011). Ancak kalıtımın, uzun sürme yolunun, lateral dişin rehberlik teorisinin, çapraşıklığın, travmaların ve bunların kombinasyonlarının etiolojide temel rolü olduğu kanısına varılmıştır (Zilberman ve ark., 1990).

Maksiller kanin dişin sürmüş olması estetik ve fonasyon için önemliyken; diş arka dizisinde bulunması okluzyonun normal fonksiyonunun devam etmesi için de rehber görevi görmektedir (Becker, 2012). Çünkü gülümseme hattında bulunan kanin dişin pozisyonunda meydana gelebilecek en ufak farklılık hastanın estetiğini de olumsuz etkileyecektir (Sabri, 2005). Fonksiyon konusunda ise birinci büyük azı dişlerle beraber hastanın kapanışında rol oynayan dişler olduğu için problemleri ilerleyen

dönemlerde temporomandibular eklemde düzensizliklere ve patolojilere sebep olacaktır (Bedoya ve ark., 2009). Ve tüm bunların dışında eğer maksiller kanin diş gömülü kalırsa kist, komşu dişlerde kök rezorbsiyonu, diş arkı boyutunda azalma, yer darlığı ve dental orta hatta kayma gibi çeşitli komplikasyonlarada neden olabilir (Ericson ve ark., 1987; Ericson ve ark., 2000).

Geçmişten günümüze maksiller gömülü kanin dişlerin teşhis ve tedavisinde klinik muayeneye ek olarak radyografiler büyük bir öneme sahiptir. İki boyutlu görüntüleme olarak panoramik, posteroanterior ve sefalometrik radyografiler kullanılıyorken; şimdilerde üç boyutta da bilgi veren konik ışımlı bilgisayarlı tomografiler de (KIBT) kullanılmaktadır (Rejebian, 1979). KIBT'nin kullanılmaya başlamasıyla zamanında elde edilen bilgilerde de değişimler olmuştur (Serrant ve ark., 2014). Örneğin palatinalde gömülü maksiller kanin diş olan hastalarda KIBT ile elde edilen görüntülerde lateral dişte eksternal kök rezorbsiyonu oranının arttığı görülmüştür (Alemam ve ark., 2020; Yan ve ark., 2012). Bunun bir diğer nedeni de eskiye nazaran KIBT'nin daha fazla kullanılmasıdır (Ericson ve ark., 2000). Böylece KIBT'nin diğer geleneksel radyografilere göre daha doğru ve net sonuç verdiği tespit edilmiştir (Serrant ve ark., 2014). Yapılan başka çalışmalarda ise lateral diş kökündeki rezorbsiyon prevalansı %25.0 ile %67.6; santral diş kökünde bu oran %5 ile %18 olarak bildirilmiştir (Chaushu ve ark., 2015). Birinci küçük azı dişlerinde ise bu oran %2.12 ile %10 arasında bulunmuştur (Ericson ve ark., 1988).

Maksiller gömülü kanin dişlerin gömük kalmasını açıklayan farklı teoriler ve etiyolojik faktörler vardır (Jacobs, 1996). Kanin dişler palatinalde, bukkalde ya da anormal bir pozisyonda gömülü kalabilirler (Chaushu ve ark., 2015). Özellikle bukkalde ve palatinalde gömülü kalan kanin dişler üzerinde yapılan farklı çalışmalar mevcuttur (Chu ve ark., 2003; Serrant ve ark., 2014; Yan ve ark., 2013). Bukkalde gömülü kalan

kanin dişler için temelde ark boyu yetersizliği fikri ortaya atılırken; palatinalde gömülü kalan dişler içinse genetik ve rehberlik teorisi kabul gören temel fikirler olsa da çapraşıklık, uzun erüpsiyon yolu ve travma diğer nedenler olarak kabul edilmiştir (Becker, 1995; Peck ve ark., 1994). Rehberlik teorisine göre maksiller kanin diş rehber olan lateral dişteki herhangi bir pozisyon bozukluğu, dişteki şekil bozukluğu ve dişin olmaması da kanin dişin gömülü kalmasına sebep olur (Becker A, 2012). Genetik teori de ise maksiller dişin gömülü kalmasındaki temel faktörü kalıtım oluştururken, çevresel faktörlerin çok az etki yaptığı belirtilmiştir (Peck ve ark., 1994; Jacoby, 1983).

Literatüre bakıldığında maksiller gömülü kanin dişlerle ilgili çok sayıda çalışmanın var olduğu görülmüştür (Becker ve ark., 1981; Becker ve ark., 1984; Dubovska ve ark., 2015; Liuk ve ark., 2013; Sacerdoti ve ark., 2004). Bu çalışmalarda gömük maksiller kanin dişlerin özellikleri incelenip etiyolojileri araştırılmıştır. Ancak bu çalışmalarda sadece palatinal konumlu gömük maksiller kaninlerin incelendiği dikkat çekerken; radyografik olarak konvansiyonel tekniklerin tercih edildiği görülmüştür (Chaushu ve ark., 1999; Lindauer ve ark., 1992). KIBT'nin kullanıldığı çalışma sayısı özellikle son yıllarda artmış olsa da dentoalveoler yapıları inceleyen çalışma sayısı daha azdır (Leonardi ve ark., 2018). Yapılan çalışmalarda ise gömülü olan ve olmayan taraf sadece iskeletsel ve dental ölçümler yapılarak karşılaştırılmış, komşu dişte kök rezorbsiyonu açısından herhangi bir inceleme yapılmamıştır (Alemam ve ark., 2020; D Oleo-Aracena ve ark., 2017). Özellikle üç boyutta görüntüleme sağlayan KIBT'ler gömülü diş varlığını ve kök rezorbsiyonunu iki boyutlu görüntüleme sağlayan geleneksel radyografilerden daha doğru şekilde değerlendirmiş olur (Alemam ve ark., 2020; Ericson ve ark., 2000; Serrant ve ark., 2014). Özellikle KIBT'de izotropik vokseller aracılığıyla milimetreden daha küçük çözünürlüğe sahip görseller elde edilerek gerçeğe en yakın görüntüler elde edilmiş olur (Scarfe ve ark., 2008).

Yapay zekâ (YZ), insan zekâsını taklit ederek makinalar aracılığıyla düşünce üretebilen yapay işletim sistemleridir(Kunz et al., 2020). YZ ile ilgili radyoloji alanında çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu teknolojinin yaygınlaşmasındaki amaçlar arasında tanı süresini, uzman kişilere olan ihtiyacı ve insan kaynaklı hataları azaltarak bazı durumlarda insan gözünün farkedemediğini yazılımlarla tespit etmek olabilir. Bu amaçla da radyolojik incelemelerde, henüz klinik belirtiler ortaya çıkmadan hastalıkların teşhis edilmesinde kullanılabilir. Radyolojik incelemelerde geliştirilen yapay zekâ, diş hekimleri ve dentomaksillofasial radyologlar için değerlendirme ve yorumlamada yardımcı olabilir (Schwendicke et al., 2019).

Patolojik değişiklikleri kolaylıkla saptayarak ve sınıflandırarak değerli katkılarıyla diş hekimlerine ikinci bir görüş sağlayabilir (Kwon et al., 2020). Ayrıca implant planlamasında, ortodontik tanı ve tedavi aşamalarında, ortognatik cerrahide kullanılabilir (J.-H. Lee et al., 2020; Tuzoff et al., 2019) ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesine olanak sağlayabilir (Ilhan et al., 2020). Son yıllara kadar gömük kanin dişte YZ kullanımını içeren çalışmalar oldukça azdır. Yapılan çalışmalarda da veri setinin yetersiz olması derin öğrenmenin sınırlı doğru sonuçlar vermesine neden olmuştur.

Bu tez çalışmasındaki amacımız üç boyutlu görüntüleme tekniklerine gerek kalmadan YZ kullanarak iki boyutlu görüntüler yani PR'ler üzerinden gömülü kanin dişlerin üç temel problemine çözüm bulabilmektir.

Üç temel problemimiz:

- Gömülü maksiller kanin dişin pozisyonunu (horizontal/mesioangular/vertikal) tespit etme,
- Gömülü maksiller kanin diş kuron/kökünün lokalizasyonu (bukkal/palatinal) tespit etme,

- Gömülü maksiller kanin dişin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılarda patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğini belirlemektir.

Bu tez çalışması sonucunda elde edebilecek başarı neticesinde, rutinde kullanılan PR görüntüleri üzerinden gömülü kanin dişler doğru, hızlı ve nesnel bir şekilde değerlendirilebilecek ve hekimlere tedavi öncesinde yararlı bilgiler sağlanabilecektir. Böylece ileri görüntüleme yöntemlerine duyulan ihtiyaın, hastalara verilen radyasyon miktarının, tanı sresinin ve görüntüleme işlemleri için harcanan maliyetler azaltılmış olacaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Maksiller Daimi Kanin Dişler

Maksiller kanin dişler konum olarak foramen infraorbitale'nin mezialinde fossa caninanın içerisinde bulunurlar. Diş arkındaki daimi maksiller dişlerin içinde en tepe konuma yerleşen maksiller kanin dişler aynı zamanda göz ile burun açısı arasında bulunmalarından dolayı göz dişi olarak da isimlendirilmektedir. Diş dizisinde maksiller daimi lateral dişin distalinde maksiller daimi birinci premolar dişin ise mezialindedir. Maksiller daimi kanin dişler maksiller lateral dişlerin sürmeleri bittikten 1,5-2 yıl sonra sürmeye başlarlar (Bishara ve ark., 1976). Maksiller daimi kanin kronu sürmeye başlamadan önce meziale eğimli şekilde ve maksiller daimi birinci premoların mine sement sınırına komşuyken, diş sürmeye başlayınca maksiller lateral keserlerin köklerinin distal yüzünün rehberliğinde aşağı doğru sürmektedirler (Ülgen, 2001). Bu dişlerin kemik içerisindeki hareketleri 5 yaşından 15 yaşına kadar üç düzlem boyunca incelenmiş ve ortalama olarak 22 mm hareket ettikleri tespit edilmiştir (Coulter & Richardson, 1997). Bundan dolayı bu dişlerin gömük kalması veya ektopik pozisyonda olması şaşırtıcı olmayan ve sıklıkla karşılaşılan bir diş malpozisyonudur (Langberg & Peck, 2000).

2.2. Maksiller Daimi Kanin Dişlerin Gömülülük Prevalansı

Gömülü kalma açısından üçüncü molar dişlerinden sonra ikinci sırada yer alan dişler maksiller kanin dişlerdir (Liu ve ark., 2008). Gömülü maksiller kanin dişlerin prevalansı %2.0 olarak tespit edilmiş (Ericson & Kurol, 1988) ve bu hastaların %8'inde gömük kanin dişler bilateral olarak izlenmiştir (Bishara, 1992). Gömülü maksiller kanin dişlerin %85'i palatinal yani damak tarafında ve %15'i ise bukkal yani yanak tarafında konumlanmaktadır (Ericson & Kurol, 1988).

2.3. Gömülü Maksiller Daimi Kanin Dişlerin Etiyolojisi

Literatüre bakıldığında birçok araştırmacı maksiller daimi kanin dişin gömük kalmasından sorumlu etiyojik faktörler üzerinde birden fazla hipotez kurmuşlardır. Özellikle bazı hastalıklarda ve sendromlarda sürme bozukluklarının olduğu bildirilmiştir. Hipopituitarizm, hipotiroidizm, kleidokrenal dizostozis ve D vitamini eksikliği gibi hastalıklar buna örnek olarak gösterilebilir (Thilander ve ark., 1973). Ek olarak dudak damak yarıklı hastalarda da maksiller daimi kanin dişin gömülü kalması veya anormal pozisyonda olması normal populusyona göre daha sık ortaya çıkmaktadır. Bu hastalarda, alveolar kemik greftleme zamanı ve lateral keserlerdeki sorunlar maksiller daimi kaninlerin gömülü kalmasına sebep olabilmektedir.

2.3.1. Gömülü Maksiller Kaninlerin Etiyolojileri ile İlişkili Teoriler

2.3.1.1. Uzun Erüpsiyon Yolu

Daimi maksiller kanin dişin uzun sürme yoluna sahip olmasının ve kanin diş tomurcuğunun yetersiz gelişiminin dişin gömük kalmasına neden olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle daimi kaninin yolunu kaybedebileceği teorisi, uzun yıllar boyunca kanin dişin gömülü kalma sebepleri arasında dşnlmştir (Becker, 1998).

2.3.1.2. apraşıklık

apraşıklığın maksiller kanin dişlerin gömülü kalmasının temel nedenlerinden biri olduğu düşünülmektedir (Hitchin, 1956). Maksiller daimi kanin diş germi maksiller daimi lateral ve birinci premolar dişlerin tomurcuklarının vestibülünde yer almaktadır ve maksiller daimi kanin dişlerin maksiller daimi lateral ve premolar dişlerden daha sonra sürdüğü bilinmektedir. Bu yüzden kanin dişinden önce süren dişler mevcut yerleri kullanarak kanin dişin gömük kalmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda diş arkında yeterli yerin kalmaması ile maksiller kaninlerin bukkalde gömülü kalarak normal pozisyonlarında sremediklerini ve arkın dışında sürmeye mecbur kaldıkları ifade

edilmiştir (Becker, 2012). Bu hipotezin tam tersi olarak palatinal pozisyonda gömük kalmış olan kanin diş varlığında arkta yer fazlalığı olduğunu ve bu yüzden dişin gömülü kaldığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Brin ve ark., 1986). Bundan dolayı ark boyu yetersizliğinin kanin dişlerin bukkal pozisyonda gömülü kalmasında primer etyolojik faktör olduğu belirtilmektedir (Jacob, 1983).

2.3.1.3. Süt Kanin Diş Kökünün Rezorbe Olmaması

Yapılan bir çalışmada daimi kanin dişin palatinal bölgede gömük kalmasının nedeni olarak süt kanin diş kökünün rezorbe olamaması gösterilmiştir (Lappin, 1951). Yine aynı şekilde düşme zamanı gelmiş ama henüz düşmemiş süt kanin diş çekilince gömülü kanin dişlerin kendiliğinden sürdüğünü gösteren çalışmalar da mevcuttur (Ericson & Kuroi, 1988).

2.3.1.4. Travma

Maksiller lateral kesici dişin kök gelişimini etkileyen her türlü travmanın kanin dişin palatinalde gömük kalmasına sebep olduğu bildirilmiştir. Bunun nedeni olarak ise travma neticesinde lateral diş kökü kısa kalabilir veya şekil değişebileceğinden kanin diş rehberlik edemez (Brin ve ark., 1993). Ayrıca daimi kanin dişle yakın komşulukta olan süt kanin diş gelen travma sonucunda süt dişinin kökünde meydana gelen kronik irritasyonlar ya da rezidüel enfeksiyonlar sürme yolunda sapmalara neden olabilir (Becker, 1998).

2.3.1.5. Yumuşak Doku Patolojisi

Çürükten dolayı canlılığını kaybeden süt kanin diş kökünde meydana gelen rezidüel enfeksiyon, kronik irritasyon veya granüloma varlığı daimi kanin dişin sürme yolunda sapmalara neden olabilir. Bazen bu enfeksiyonlar radiküler kist veya dentigeröz kiste de sebep olarak dişin normal sürme yolundan sapmasına ve bazen de diş germinin apikalinde konumlanıp daimi kanin dişin gömük kalmasına sebep olabilir (Becker, 1998).

2.3.1.6. Rehberlik Teorisi

Daimi lateral kesici dişler maksiller daimi kanin dişlerin diş arkında doğru konumlanmalarına rehberlik ederler (Becker, 2012). Lateral diş kök formasyonunun uygun zamanda tamamlanmış olması ve yeterli kök uzunluğuna sahip olması maksiller kanin dişin normal konumunda sürmesini sağlar (Peck ve ark., 1994). Maksiller daimi lateral dişin şekil olarak konjenital olarak bozuk olması, kök uzunluğunun normalden kısa olması ve kök formasyonunda meydana gelen herhangi bir aksaklık daimi kanin dişin palatinalde doğru sürme ihtimalini artırır (Bass, 1967; Miller, 1963).

2.3.1.7. Genetik Teori

Genetik teoriye göre maksiller daimi kanin dişin palatinalde gömük kalmasının nedeni genetik anomalilerdir. Diş tomurcuğunun olmaması, dişin hipoplazik olması veya kama şeklindeki diş şekil anomalileri gelişimsel genetik bozukluklar olarak kabul edilir (Vastardis ve ark., 1996). Literatürde maksiller daimi kanin dişin palatinalde gömük kalmasının kalıtsal olduğunu gösteren ailesel çalışmalar mevcuttur (Pirinen ve ark., 1996). Özellikle bilateral palatinalde gömük maksiller kanin dişleri olan tek yumurta ikizlerinde yapılan çalışma genetik teoriyi destekler niteliktedir. Her ne kadar maksiller kanin dişlerin gömük kalmasında kalıtımın önemli olduğu söylene de kaninlerin gömülü kalmasının birden fazla nedeni olduğu da bildirilmiştir (Leonardi ve ark., 2003).

2.4. Gömülü Kanin Dişler ile İlişkili Komplikasyonlar

Bir birey çoğu zaman dişinin gömük kaldığının farkına hekim muayenesine gidince fark eder çünkü gömük dişin çoğunlukla semptomu yoktur. Yapılan klinik muayene sonucunda alınan radyografiler ile dişin gömük kaldığı kesinleşir. Gömük dişin herhangi bir komplikasyona neden olmaması için düzenli kontrolleri yapılmalıdır. Eğer dişin bir komplikasyon yapabileceği ön görülürse de hasta ilgili bölümlere yönlendirilmelidir.

2.4.1. Kistik Değişiklikler

Süt kanin dişin apikalinde periapikal bir lezyon oluşumuna sebep olan çürük olgusu dişin canlılığını kaybetmesine neden olabilir. Periapikalde oluşan patolojiler veya diş pulpasında meydana gelecek nekroz durumu bazen hiçbir semptom vermez yani asemptomatik olabilir. Süt dişi maksiller daimi kanin diş ile yakın komşuluktadır. Bu yüzden gömülü daimi kanin diş etrafındaki foliküler kese ile arasında yakın bir bağ vardır. Özellikle periapikal radyografiler ile de kolayca teşhis edilebilen süt dişindeki herhangi bir patoloji, daimi kanin dişin foliküler kesesinde genişlemeye neden olabilmektedir. Süt dişi apikalindeki bu genişleme neticesinde dentigeröz kisti andıran kistik değişimler meydana gelmektedir (Becker, 2012). Bazen de süt kanin dişinden bağımsız olarak gömülü maksiller daimi kanin folikülünde bir genişleme yani kist formasyonu olabilmektedir (Shafer ve ark 1963). Özellikle radyogramda kanin diş etrafındaki foliküler kesede 2-3 mm'den fazla bir genişleme varsa bu durum kistik bir oluşum olarak değerlendirilebilir. İlerleyen zamanlarda bu kistler daha da büyüyerek daimi kanin dişin maksillada olması gereken yerin daha süperiorunda pozisyonlanmasına neden olabilirler (Johnston, 1969).

2.4.2. Kuron Rezorbsiyonu

Kuron oluşumu tamamlanmış bir dişin etrafında dişin kuronunu çevre dokulardan ayıran azalmış mine epiteli bulunur. Eğer bir diş sürmez de gömülü kalırsa, bu azalmış mine epiteli de zamanla bütünlüğünü kaybeder. Böylece diş kuronu kemik ve bağ dokusuyla direkt temas etmiş olur. Bu olay neticesinde osteoklastik aktivite oluşumuyla diş minesini rezorbe olur. Rezorbe olan minenin yerine ise kemik dokusu oluşur (Azaz ve ark., 1978). Bu olay genellikle uzun yıllar tedavi edilmemiş gömülü maksiller daimi kanin dişleri olan erişkin hastalarda görülmektedir (Seddon ve ark., 1996).

2.4.3. Keser Dişlerde Kök Rezorbsiyonu

Maksiller kanin dişlerin gömülü kalmasının ve anormal erüpsiyona sahip olmasının en sık görülen komplikasyonlarından biri de komşu dişlerde yani lateral kesici, santral kesici ve hatta 1. premolar dişlerde görülen kök rezorbsiyonudur (Rimes ve ark., 1997). Özellikle rezorbsiyon lateral kesici diş kökünde izlenir çünkü lateral dişin kök şekli koniktir ve konum itibari ile gömülü kanin dişine yakındır (Saldarriaga ve ark., 2003). Meydana gelen rezorbsiyon baskısı neticesinde eksternal kök rezorbsiyonları oluşur. Bu rezorbsiyonlar kimi zaman herhangi bir bulgu vermez (Cooke ve ark., 2005). Hatta rezorbsiyona uğrayan bu dişlerin pulpaları canlı kaldığı için endodontik tedavileri de endikedir (Bakland, 1992). Rezorbsiyona sebep olan etmen ortadan kaldırıldığında diş kökünde rezorbsiyon ilerlemesi durur ve zamanla apekte iyileşme meydana gelir. Bazen de rezorbsiyon hızlı bir şekilde ilerler ve diş çekime gider (Fuss ve ark., 2003). Bu yüzden diş kökünde rezorbsiyon olup olmadığını teşhis etmek önemlidir. Perapikal filmler ilk olarak tercih edilen radyografik yöntem olsa da gömük diş ve rezorbe olan diş kökü birbiri üzerine süperpoze olacağı için bilgisayarlı tomografi önerilmektedir (Ericson & Kurol, 2000).

2.4.4. Ark Boyut Kaybı

Hastada gömülü maksiller kanin diş varsa ve süt kanin dişini de zamanından önce kaybederse komşu dişler bu boşluğa doğru hareket edecekler ve arkın kollabe olmasına neden olacaktır. Aynı şekilde süt kanin diş düşmezse mezio-distal boyut daimi kaninden daha az olduğu için arkta yer kaybı görülecektir.

2.5. Maksiller Gömülü Kanin Dişlerde Tanı Yöntemleri

Klinik ve radyografik değerlendirmeler ile gömük maksiller daimi kanin dişlerin tanısı yapılmaktadır (Bishara, 1992). Klinik tanı için inspeksiyon ve palpasyon

kullanılırken; radyografik değerlendirme de ise intraoral ve ekstraoral radyografik teknikler kullanılır.

2.5.1. Klinik Muayene

Maksiller gömülü kanin dişleri tespit edebilmek için yapılması gereken ilk şey ayrıntılı anamnez ve alınan bilgiler doğrultusunda yapılan dental muayenedir (Ngan ve ark., 2005) Normal bir sürme sürecinde diş kök uzunluğunun $\frac{3}{4}$ 'ü tamamlandığında sürme işlemi gerçekleşmeye başlar (Gron, 1962). Bu süreci tamamlamış, aynı zamanda kronojik yaşına da gelmiş ama ağızda görülmeyen dişlere gömülü diş denir. Bir kanin dişe gömük diyebilmek için çeşitli parametrelerden faydalanılır. Hasta 15 yaşına gelmesine rağmen daimi kanin dişin sürmemesi, süt kanin dişinin düşmemiş olması, kök gelişimi tamamlanmış olmasına rağmen ağız içi palpasyonunda labial taraftan kanin dişin hissedilmemesi, alveol mukazasında kanin tümseğinin olmaması veya kanin tümseğinde asimetri bulunması dişin gömülü kalabileceğini gösterilebilir (Moss, 1972).

2.5.1.1. İnspeksiyon

Gömük maksiller daimi kanin dişin belirlenmesinde kullanılan ilk yöntem inspeksiyondur. Maksiller kanin dişler çoğunlukla 12 yaş civarında sürmektedirler. Maksiller kanin dişler sürmeden önce keserler arasındaki diastemaya ek olarak kuronlarının da distale eğimli olan bir görünüme sahip olmasına 'çirkin ördek görüntüsü' denir. Ancak bu görüntü 12 yaşından sonra kaybolmalıdır, bunun aksi bir durum olursa hastadan radyografi alınması gerekir. Kanin dişin gömülü kalması özellikle lateral kesicinin pozisyonunu da etkileyebilmektedir. Örneğin kanin diş lateral dişin palatinalinde pozisyonlanmışsa, kanin diş lateral keser diş kökünü labiale kronunu ise palatinaline doğru itecek ve böylece dişlerin çapraz kapanışta kalmasına neden olacaktır (Becker, 1998).

2.5.1.2. Palpasyon

Maksiller kanin dişler 8-10 yaşlarında yani sürmeden 2-3 yıl önce labial kısımdan palpe edilebilirler. Normal sürme yolundan sapan kanin dişin labialinde bulunan alveoler kemik konkavlaşır ve diş palpe edilerek hissedilir. Aynı şekilde gömülü kanin diş palatinal mukozada hissedilebilir. Ağızda kanin dişe komşu olan dişlerin mobilitesi de gömülülük için bilgi verir. Süt kanin dişte mobilite varsa daimi kanin normal şekilde sürecektir denilirken, daimi lateral dişte mobilite varsa gömük kaninin lateral kesicinin kökünü rezorbe ettiği akla gelir (Ngan ve ark., 2005).

2.5.2. Radyolojik Yöntemler

Klinik muayene sonrası gömülü olduğu düşünülen kanin dişe kesin tanıyı koymak için radyografik yöntemler kullanılır. Radyografi hekime gömük kanin dişin yeri, yönü, şekli, çevre dokular ve komşu dişlerle olan ilişkisi hakkında bilgi verir. Bu radyolojik görüntülemenin 10 yaş üstü hastalarda rutin olarak yapılması gerektiği ifade edilmiştir (Ericson & Kurol, 1986). Ancak başka bir çalışmada gömük kanin diş tespiti için radyografik değerlendirmenin en uygun zamanın 8 yaş ve üzeri olduğu belirtilmiştir (Williams, 1981).

2.5.2.1. Periapikal Radyografi

Maksiller gömülü kanin dişin tespitinde periapikal radyografi tekniği rutin olarak kullanılır (Ngan ve ark., 2005). Bu grafipler ile gömük dişin folikülünü/boyutunu, varsa kök rezorbsiyonu, kist ve odontoma varlığı tespit edilebilir (Becker, 2012) Periapikal radyografiler iki boyutlu görüntü verirler yani dişi veya diş etrafındaki yapıları meziodistal ve süperoinferior yönde incelerler. Dolayısıyla dişin bukkolingual yöndeki konumunu bize vermezler. Bu pozisyonu değerlendirmek için ya ikinci bir radyogram alınır ya da tüp kaydırma tekniği olarak bilinen (horizontal ve vertikal tüp kaydırma tekniği) Clark yöntemi kullanılır (Clark, 1910). Bu yöntem için ilgili alandan iki

periapikal radyograf alınır ve ikinci radyograf çekilirken tüpün horizontale veya vertikale doğru yönü değiştirilir. Eğer obje ile tüp aynı yönde hareket ediyorsa diş lingualde (palatinalde), zıt yönde hareket ediyorsa diş bukkal (vestibül) pozisyonundadır (Robb, 1982).

2.5.2.2. Okluzal Radyografi

Periapikal teknikten başka bir diğer ağız içi radyografi yöntemi de okluzal radyografilerdir. Bu teknik ile maksiller gömülü kanin dişlerin bukkolingual konumu değerlendirilir. Burada iki teknik kullanılır, birincisi anterior okluzal radyografi, ikincisi ise verteks okluzal radyografilerdir (Robb, 1982). Anterior okluzal radyografide merkezi ışın, burun ucunun biraz üzerinden “0°” horizontal açı ve “45°” vertikal açı ile gönderilir, bu sayede anterior diş kökleri daha kısa görünse de süperpozisyonlar azaldığı için görüntüler daha nettir. Tüp nazal kemik hizasında ve dik olacak şekilde konumlandırılır böylece tüm kesici dişler izlenir. Verteks okluzal radyografi tekniğinde ise bütün ön dişler daire şeklinde görülür çünkü tüp kafanın üzerinden verteks noktası hizasında pozisyonlandırılır ve merkezi ışın da maksiller daimi santral dişlerin uzun aksına paralel gönderilir (Becker, 2012).

2.5.2.3. Panoramik Radyografi

Panoramik radyografiler (PR), periapikal filmler kadar ayrıntılı görüntü elde edilmese de mandibula ve maksillanın tamamını, tüm dişleri, temporomandibular eklemi ve maksiller sinüsleri tek seferde görüntüleyebildiği için diş hekimliği muayenesinde kullanılan rutin grafilerdir. PR’lerin bazı avantaj ve dezavantajları vardır (Xie ve ark., 1996). Travmalarda, kistlerde, lezyonlarda, diş-kemik hastalıklarında, gömülü dişler ve temporomandibular eklemnin incelenmesinde PR’ler kullanılır. Bu grafinin radyasyon dozu düşüktür, hastaya uygulanması kolaydır (Mckee ve ark., 2001). Kısa sürede görüntü oluşur ve görüntünün yorumlanması kolaydır (White ve ark., 2014). Bu gibi avantajlara

ek olarak magnifikasyonların olması, geometrik distorsiyonlar, süperpozisyonların (servikal vertebralar ve premolar bölgesi) ve hava yollarının varlığı ise dezavantajları olarak söylenebilir (Cho ve ark., 1995). Bu grafiler ile gömük dişlerin vertikal konumları ve horizontal açılanması incelenebilir. Palatinalde gömülü maksiller kanin dişler PR'lerde bukkaldekilerden daha büyük görünürler. Çünkü bir obje ışın kaynağına ne kadar yakınsa görüntüsü o kadar büyük olur (Chaushu ve ark., 1999). Dolayısıyla palatinalde gömülü maksiller kanin dişler diğer tüm dişlere göre ışık kaynağına daha yakın mesafede yer alır ve görüntüleri gerçek boyutlarından büyümüş olarak görünmektedirler. Bunun tam tersi olan durumda ise labialdeki maksiller gömülü kanin dişin boyutu diğer komşu dişlere göre küçülmüş olarak izlenir. PR ile gömülü kanin dişin konumunu belirlemek için farklı yöntemler kullanılmıştır (Sudhakar ve ark., 2009). Çakıştırma metodunda daimi maksiller kanin dişin kuru ve santral dişin kökü kullanılmış, palatinal pozisyondaki kanin diş ile santral dişin koleksi çakıştırılmıştır (An ve ark., 2013). Başka bir yöntem olan sektör analizi yönteminde ise maksiller orta hat ile premolar diş arasında kalan kanin dişin tüberkül tepesinin meziodistal konumunu belirlemek için bu alan beş bölüme ayrılmıştır (Jung ve ark., 2012). Kanin dişin bukkopalatinal konumunu belirlemek için ise bir başka araştırmacı dişi üç bölüme (bukkal, midalveolar ve palatinal) ayırmıştır (Lindauer ve ark., 1992). Bir başka yöntemde ise alpha açısı (α) yani oklüzyon düzlem ile kanin arası açı ölçülmüştür (Katsnelson ve ark., 2010). Alpha açısı 65° 'den küçük ise gömülü kanin dişin palatinal pozisyonda, 65° 'den büyük ise bukkal pozisyonda gömülü olduğu kabul edilmiştir (Lofthag-Hansen ve ark., 2007).

2.5.2.4. Sefalometrik Radyografi

Asıl kullanım amacı ortodontik tedavi öncesi ve sonrası değerlendirmedir. Ancak sefalometrik radyografilerle gömülü dişlerin konumu ve antero-posterior yönde dental, iskeletsel ve yumuşak doku ilişkileri de incelenebilir (Grayson ve ark., 1983). Ayrıca

kafa-yüz kemiklerinde meydana gelen travmalar, bazı hastalıkların kafa kemiklerindeki bulguları, gelişim bozuklukları, sert damak ve maksiller sinüs patolojileri de sefalometrik radyografi ile değerlendirilebilir (Harorlı, 2014). Birçok anatomik oluşumu görüntüleyen sefalometrik radyografilerin en büyük dezavantajı süperpozisyonların çok olmasıdır. Buna rağmen üst çene ön bölgenin lateral görüntüsü net olarak izlenebilir buna ek olarak gömülü maksiller daimi kanin dişin uzun aksının özellikle antero-posterior ve dikey düzlemlerde tespiti içinde uygundur (Drage & Sivarajasingam, 2009). Ayrıca lateral sefalometrik radyografiler ile dişin kuron ve apeksinin meziodistal boyutları da belirlenebilir (Becker, 2012; Harorlı, 2014).

2.5.2.5. Posteroanterior Radyografi

Posteoanterior radyografi ortodontik tedavi planlanmasında alınan rutin dörtlü grafilerin bir diğeridir. Ancak lateral sefalometrik radyografilerden daha az kullanılmaktadır (Becker, 2012). Buna rağmen diğer görüntüleme tekniklerinden üstün yanı üst çeneyi ön-arka düzlemde incelemeye olanak verir. Bu radyografi tekniğinin de dezavantajı süperpozisyonlardan kaynaklı dişlerdeki görüntü netliğini azalmasıdır (Harorlı, 2014). Posteroanterior radyografilerde iskeletsel ve dentoalveoler yapılar transversal yönde incelenebilir ve dişlerin uzun aksının bukkolingual eğimi de belirgin bir şekilde incelenebilir (Becker, 2012). İskeletsel ve dental asimetrielerin teşhisi için de kullanılabilen posteroanterior radyografiler ile hastalıkların kafa kemiklerindeki bulguları, kafa kemiklerinin süperior/inferior-medial/lateral duvarları, ayrıca frontal ve etmoid sinüsler, nazal fossa/orbita ve fasiyal yapılar da incelenebilir (Whaites, 2002).

2.5.2.6. Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT), vücutta incelenilmesi istenen bölgeye gönderilen X-ışınlarının atenuasyonunun dedektörlerle ölçerek bilgisayar aracılığıyla görüntüye dönüştürür. BT, temelde yelpaze şeklindeki X-ışını tüpünden oluşur. Bu X-ışını tüpünden

gönderilen X-ışınlarının görüntüsü istenen bölgeye girmeden önce ve çıktıktan sonra tutunma oranı hesaplanır. Bulunan değer kendisine karşılık gelen renk tonu ile gri bir skalada renklendirilir.

Bir hastada tek bir düzlemde tarama yapıp kesit alınsa dahi elde edilen verilerle koronal, sagittal ya da oblik düzlemlerde de görüntüler elde edilebilir. Bu kesitler birbirine eklenerek üç boyutlu (3B) görüntüler elde edilebilir (Harorlı, 2014).

BT görüntülerinin en büyük avantajı kesitlerden oluştuğu için süperpozisyonlar söz konusu değildir. Kemik dokusunu çok iyi gösterir ve doku dansitesi ayrımı yapmak mümkündür. Ancak her bölgede olmaması, maliyetinin yüksek olması, metal artefaktlarının olması ve yumuşak dokuları ayırt edememesi gibi dezavantajları da vardır. Bundan dolayı diş hekimliğinde BT kullanımı sınırlıdır (Harorlı, 2014). Bu yüzden maksillofasiyal bölgenin görüntülenmesinde KIBT'nin kullanımı daha uygundur (Scarfe & Farman, 2008).

2.5.2.7. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

1982 yılında ilk kez anjiyografi için geliştirilen konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) daha sonraki dönemlerde radyoterapi ve mamografi uygulamalarında kullanılmıştır (Chen & Ning, 2002; Robb, 1982). Diş hekimliğinde ilk kez 1997 yılında çene yüz bölgesinde kullanılan KIBT ile görüntüler üç boyutta incelenmeye başlandı (Becker, 2012; Drage & Sivarajasingam, 2009). Geleneksel radyografi teknikleri sadece iki boyutta inceleme yapılabildiği için üç boyutlu olan kemik ve dental yapıların incelenmesinde hatalı teşhislere ve değerlendirmelere neden olur. Bu yüzden diş hekimliğinde KIBT'nin kullanımı zaruri bir ihtiyaç olarak görülmüştür (Becker A, 2012). Geleneksel radyografinin yetersiz kaldığı implant tedavilerinin planlanmasında, kökte meydana gelen fraktürler ve internal/eksternal rezorbsiyonların değerlendirilmesinde, gömülü dişlerin pozisyon tespitinde ve komşu yapılarda ortaya çıkardığı durumları

inceleme ve paranazal bölge ve maksiller sinüsü değerlendirmede kullanılır (Guerrero ve ark., 2006; Rajput ve ark., 2012; Singh ve ark., 2014; Tyndall & Rathore, 2008). Ayrıca dudak damak yarıklı hastaların defekt derinliklerini değerlendirmek, diş yaşını tespit etmek, ortognatik cerrahiyi planlamak, temporomandibular eklem hastalıklarını incelemek ve çene-yüz bölgesindeki fraktürleri değerlendirmek için KIBT kullanılır (Aboudara ve ark., 2003; Cevidanes ve ark., 2006; Dong ve ark., 2016; Hechler ve ark., 2008; Kau ve ark., 2005; Palomo ve ark. 2006).

KIBT ile özellikle çene-yüz bölgesindeki kemik ve diş yapıları gibi kontrastı yüksek olan sert yapılar daha iyi görüntülenir (Scarfe & Farman, 2008). KIBT geleneksel radyografilere göre gömülü kaninlerin konumlarını net olarak belirleme ve yapılacak cerrahi işleme rehber olabilmek açısından üstündür (Peene ve ark., 1990; Preda ve ark., 1997). Ayrıca gömülü dişten kaynaklı çevre patolojileri ve kesici diş apeksinde meydana gelen kök rezorbsiyonunun şiddetinin ve derecesinin tespit edilmesinde de KIBT oldukça üstündür (Mah ve ark., 2003). Özellikle son yıllarda gömülü kanin dişlerin tespiti için dental tomografik cihazların kullanımı artmıştır (Alqerban ve ark., 2011). Gömük diş, gömük dişin komşu dişlerle olan ilişkisi ve gömük dişin çevre yapılarla oluşturduğu patolojiler incelenmiştir (Hadler-Olsen ve ark., 2015). 2017 yılında ülkemizde yapılan bir çalışmada 140 gömülü maksiller kanin diş incelenmiş ve bu dişlerin %42'sinin palatinal, %30'unun alveol ve %27'sinin bukkal pozisyonda gömülü olduğunu ayrıca lateral dişlerin %55'inde ve birinci premolar dişlerin ise %22'sinde kök rezorbsiyonunun varlığı tespit edilmiştir (Dağsuyu ve ark., 2018).

2.6. Yapay Zekâ

YZ, en az insan kadar zeki bilgisayar destekli bir makinenin akıllı bir insan davranışlarına benzer şekilde karmaşık bir problemi kavrayıp çözüm bulması ve bu durumdan ders çıkarabilme gibi yeteneği taklit ederek verilen görevleri yerine

getirebilmesi olarak tanımlanabilir (Özkesici & Yılmaz, 2021; Öztürk & Şahin, 2018). McCarthy ise YZ'yi 'zeki makinelerin zeki bilgisayarlar yapma bilimi' olarak tanımlamıştır (Moor, 2006). Richard Bellman'a göre ise, YZ bir probleme insan gibi yaklaşip otomatik olarak çözüm üreterek cevap verebilmektir (Khanagar ve ark., 2021).

YZ ifadesi ilk kez 1940'larda ortaya çıkmış ve ilk kez bu yıllarda çalışılmaya başlanmıştır. 1943'te matematiksel olarak insan beyninin devre modelini yapan ilk çalışmayı McCulloch ve Pitts geliştirmişlerdir (Pirim, 2006). 1950 yılında Alan Turing'in 'Makineler düşünebilir mi?' sorusu YZ felsefe ilişkisi üzerine tartışma başlatmıştır (Aslan, 2014; Pirim, 2006). Alan Turing, kendi adını taşıyan bir test ile bir olaya insan ve bilgisayar aynı cevabı veriyorsa bilgisayarın da insan kadar akıllı olduğunu kabul etmek gerektiğini savunmuştur (Machinery, 1950). Tüm bu tartışmalar devam ederken YZ'nin bilimsel nitelik kazanması 1956 yılını bulmuştur (Öztürk & Şahin, 2018). 1956 yılında konusu YZ olan ilk bilimsel toplantı düzenlenmiştir (Pirim H, 2006).

Tıp alanında çeşitli hastalıkların teşhisi için YZ'nin ilk akıllı sistemleri olan Mycin, Casnet, Pip ve Internist-I uygulamaları kullanılmıştır (Shortliffe, 1967). 1960'larda CASNET glokomun teşhis ve tedavisinde: 1970'lerde MYCIN bazı antimikrobiale enfeksiyonların teşhisinde kullanılmıştır. 1991'de internet kullanımının artmasıyla beraber medikal YZ kullanımında da hızlı bir büyüme görülmüştür. Günümüze kadar ki süreçte ise YZ özellikle teşhis ve tedavide kullanılmıştır (Best ve Wade, 2009).

2.6.1. Yapay Zekâ Teknolojileri

YZ teknikleri uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritmalar ve yapay sinir ağları gibi başlıklardan oluşmaktadır. Bunlardan en bilineni yapay sinir ağlarıdır (Tandon ve ark., 2020).

2.6.1.1. Uzman Sistemler

Bir uzman gibi bir iş için karar verebilme özelliği olan bilgisayar sistemlerine uzman sistemler denir. Uzman sistemler bir alanda uzman olan kişinin bir problem karşısında planlama, kontrol etme, belirleme ve yorumlama gibi tüm niteliklerini taklit edebilme özelliğine sahiptir (Ware, 1986). Uzman sistemler uzman olan kişilerin çözdüğü problemleri çözerken; YZ insanların çözdüğü problemleri çözer. Uzman sisteminin amacı uzman kişilerin yerini almak değildir. Sadece bir konuda uzman bireye ulaşmak güçse, uzman sistemlerden faydalanılmış olur.

2.6.1.2. Bulanık Mantık

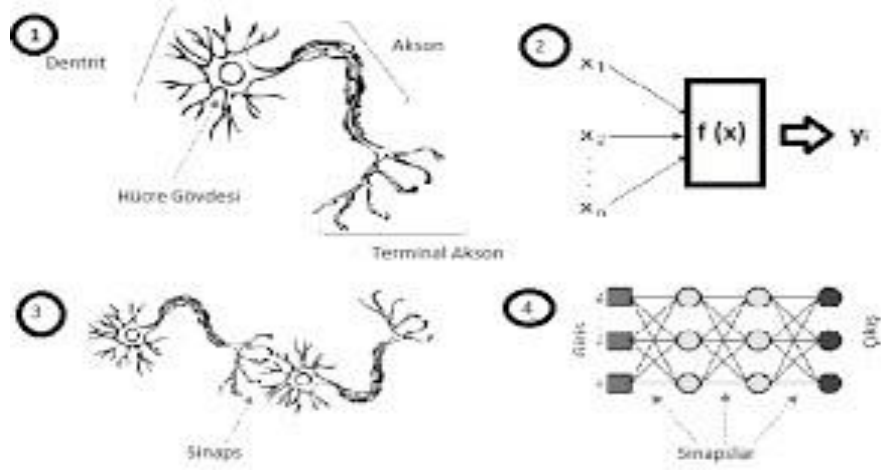
Yaşamdaki kararsızlığın klasik mantık ile cevaplanamayan YZ karşılığına bulanık mantık denir (Atınç, 2002). Bir diğer ifadeyle rakamlarla belirlenemeyen bilgileri kesin karara ulaştırmaya yarayan sistemlere bulanık mantık denir (Öztemel, 2003). Girdi ve çıktı arasında net bir sonucun olmaması yani bir olayın ne siyah ne de beyaz olmaması yani gri alan ifadesi bulanık mantığı karşılar (Pirim, 2006).

2.6.1.3. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmalar canlı vücudundaki kromozomlardan yani genetiğinden köken alan bilgisayar yazılım sistemidir. Bu algoritmanın temelinde çaprazlama ve mutasyon vardır. Genetik algoritmalar bir problemin çözümü için canlı organizmasını kullanan matematiksel bir modeldir. YZ'nin bu özel dalının ana fikri yaşam için en uygun olanın hayatta kalmasıdır (Michalewicz & Schoenauer, 2006).

2.6.1.4. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network-ANN)

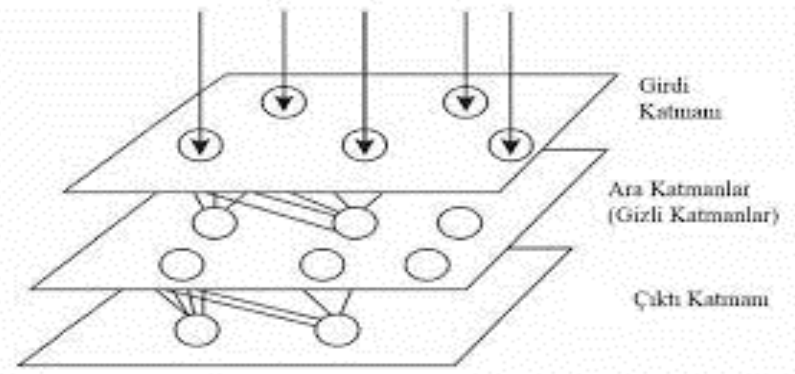
YZ'yi oluşturan onun bir başka alt algoritması olan yapay sinir ağları (YSA), ilk kez 1943'te matematikçi Walter Pitts ve Dr Warren McCulloch tarafından bir makale yazılarak tanıtılmıştır (McCulloch & Pitts, 1943).



Şekil 2.1. Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı

YSA biyolojik sinir ağlarını oluşturan dendrit, hücre gövdesi (soma), akson ve sinaplardan esinlenip bu yapıları taklit ederek bulunulmuştur ve görüntü analizi için en çok kullanılan güncel algoritmalarıdır (Tang ve ark., 2018). YSA 5 temel öğeden oluşur: girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar (Krenker & Bester, 2011).

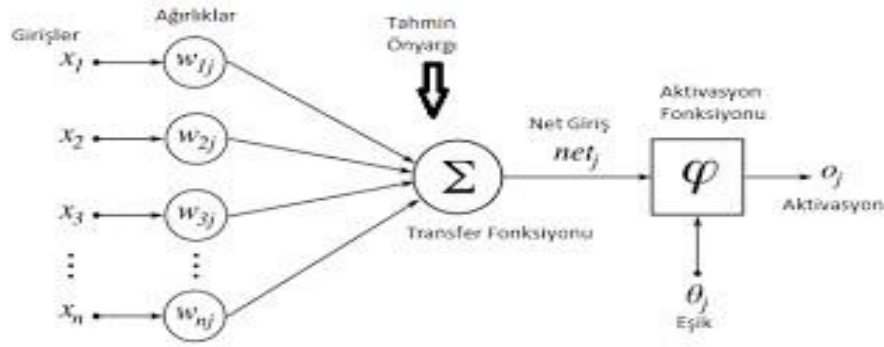
Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı Şekil 2.1. de gösterilmiştir (Maltarollo ve ark., 2013).



Şekil 2.2 Yapay sinir ağlarının yapısı

YSA, temel olarak benzer yapıdan ve özellikten oluşur. Bu yapı verileri alan girdi tabakası ve çıkışı sağlayan çıktı tabakasından oluşur (Ataseven, 2013). Bu iki yapı

arasında ise gizli tabaka bulunmaktadır. Burada tüm nöronlar bulunmaktadır (Anderson & Mcneill, 1992).



Şekil 2.3. Yapay sinir ağı hücresi modeli

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi n tane x_n veri girişi olduğunda veriler ağırlıklarla yani w_n ile çarpılarak tüm veriler toplanır (Öztürk & Şahin, 2018). Bu toplama, tahmini önyargı eklenir ve net yargı elde edilmiş olur. Son olarak aktivasyon fonksiyonundan geçirilen net girdinin son haline veri çıktısı denir (Bishop, 1995; Öztürk & Şahin, 2018).

2.6.1.5. Makine Öğrenmesi

YZ’nin en önemli alt dallarından biri olan makine öğrenmesi (Machine Learning, ML), ilk kez Arthur Samuel tarafından 1959 yılında tanımlanmıştır (Samuel, 1959). Makine öğrenmesinin temeli, insan beyni gibi öğrenmek ve olaylara öğrendiklerine göre cevap vermektir (Fukushima, 1975). Aslında makine öğreniminde amaç veri girişi yapılarak ortaya çıkan kalıpları öğrenmektir (Celtikci, 2018). Derin öğrenmedeki amaç eldeki verilere dayanarak tahmin algoritması kullanıp problemlerin insan müdahalesi olmadan çözümlenmesini sağlamaktır (Khanagar ve ark., 2021).



Şekil 2.4. Yapay zekâyı oluşturan temel kavramlar

Bir uzman makine öğrenmesine neyi öğretirse cevap olarak doğru ve net bilgilerde yanıt beklemiş olur. Örneğin bir radyolog tarafından algoritmalar öğretilmişse makine normal veya anormal lenf nodlarını ayırt edebilir (Hwang ve ark., 2018; Khanna & Dhaimade, 2017). Aynı zamanda makine öğrenimindeki veri sayısı arttıkça o kadar çok gelişmiş olur ve değerlendirme gücü de artar (Samuel, 1967).

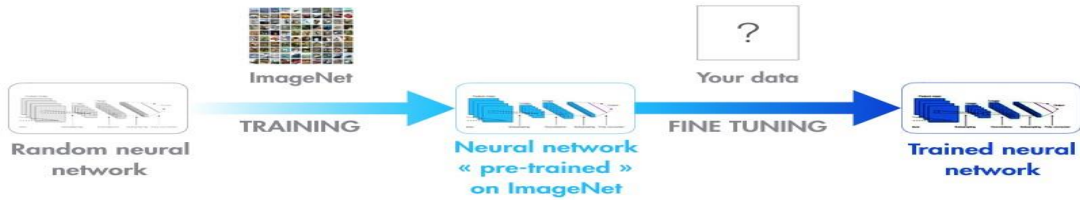
2.6.1.5.1. Derin Öğrenme

Derin öğrenme çok tabakalı yapıya sahip olan bir yapay sinir ağıdır ve makine öğreniminin de alt sınıfıdır. Derin öğrenmeye derin sinir ağları da denir çünkü öğrenim metodları için sinir ağı mimarileri kullanılır. Klasik makine öğreniminden farklı olarak derin öğrenmede kodlar değil de sesler, resimler, videolar ve verilere ait simgeler aracılığıyla otomatik ve doğrudan öğrenim yeteneği vardır (Shinde & Shah, 2018). Örneğin makine öğreniminde görüntü üzerinde lezyon tespiti yapılabilmesi için öncelikle bir ön işlem gerekir. Bu ön işlemler görüntü üzerindeki segmentasyon, özellik seçimi ve sınıflandırmadır. Tüm bu işlemlerden sonra lezyon tespiti yapılabilir. Ancak derin öğrenmede böyle bir ön işleme gerek yoktur, ham veriyle veya resimle çıkarım yapılabilir (Baydilli, 2020; Suzuki, 2017). Öğrenmeyi örnekler üzerinden yaptığı için de örneklem büyüklüğü arttıkça tahmin büyüklüğünde de artış olacaktır (Buduma & Lacascio, 2017).

Derin öğrenmede çok sayıda doğrusal olmayan ardışık katmanlar mevcuttur (Deng & Yu, 2014). Bu katmanlar ile özellik bulma ve bunların dönüştürme işlevi yerine getirilir. Aynı makine öğrenmesindeki gibi derin öğrenme katmanlarından ilk katmana girdi tabakası, son katmana ise çıktı tabakası denir ve bunların arasında çok sayıda gizli katmanlar bulunmaktadır (Tan ve ark., 2021). Derin öğrenmede işleyiş alt düzeyden üst düzey özelliklerine doğru ilerleme şeklindedir (Bengio, 2009). En iyi veriyi tespit etmek için kullanılan bu hiyerarşik özellik için işlevsel algoritmalar kullanılır ve bu da derin öğrenmenin avantajlarından biridir (Song & Lee, 2013). Derin öğrenmenin otomatik olarak özellik çıkarma fonksiyonunun olması popüleritesini her geçen gün artırarak yeni çalışmaların yapılmasını sağlamaktadır (Elshawi ve ark., 2021).

2.7. Transfer Öğrenme

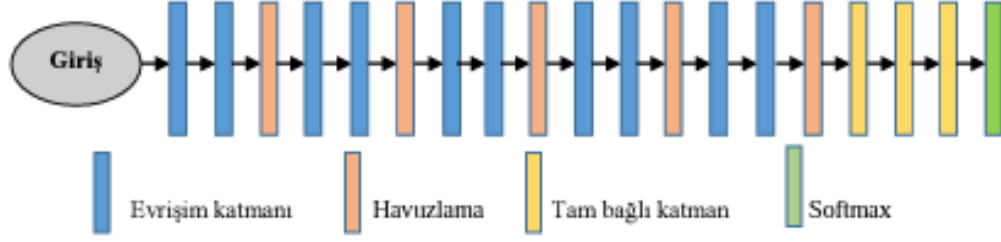
Tıpkı insan gibi transfer öğrenme de bilmediği bir problem karşısında daha önce çözdüğü problemlerden elde ettiği bilgileri saklar ve kullanır (Koçer, 2012). Bu öğrenme aktarımı bir makine öğrenimi tekniğidir. Transfer öğrenmede eğitim sürecinde verilen bilgiler başka bir görevde kullanılır. Daha önceden eğitilen bir CNN model ile az olan veri sayısı üzerinde çeşitli oynamalar yaparak kayıtlı veya öğretilen bilgiler aktarılır (Han ve ark., 2018).



Şekil 2.5. Transfer öğrenme

2.7.1. VGGNet

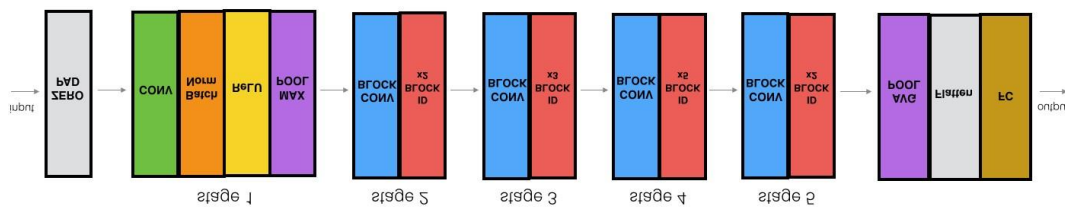
Bu mimari Oxford Üniversitesi tarafından sunulan popüler bir sinir ağı mimarisidir. VGG16 ve VGG19 olmak üzere iki versiyonu vardır. VGG16 ve VGG19’u birbirlerinden ayıran tek fark layer sayılarının farklı olmasıdır. VGG19, VGG16’nın daha geliştirilmiş halidir (Simonyan & Zisserman, 2015).



Şekil 2.6. VGG-16 mimarisi

2.7.2. ResNet 37

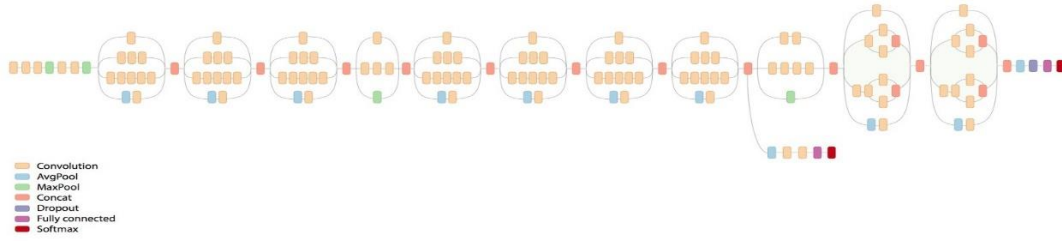
Evrişimsel sinir ağının gelişmiş bir versiyonu olan Resnet bloklara dayanır (He vd., 2016). ‘Residual’ bloklar adı verilen bu yapılarda katman sayısı oldukça fazladır (Wu ve ark., 2018). Bu blokların varlığı ağ yardımıyla daha önceki modellerden daha yüksek doğruluk oranına erişebilmektir (Li ve ark., 2019).



Şekil 2.7. ResNet mimarisi

2.7.3. InceptionV3

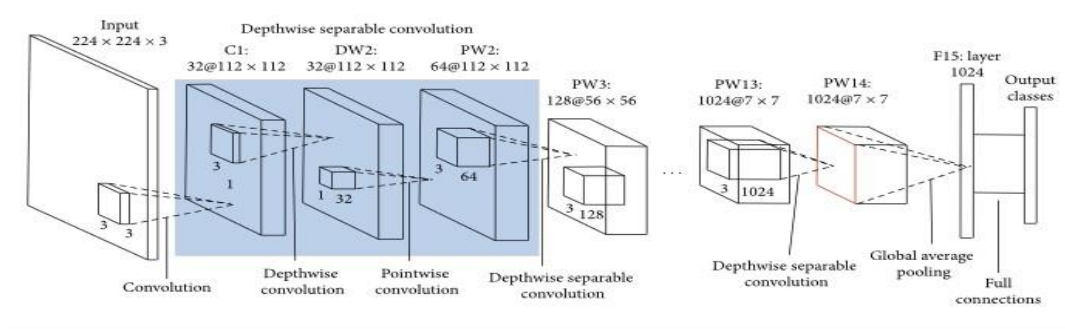
Başlangıç modülü ince ayarlarla güncellenen InceptionV3 temelde Inception-V1 ağının, 24 milyon parametre ile optimize edilmiş bir versiyonudur (Szegedy ve ark., 2016).



Şekil 2.8. InceptionV3 mimarisi

2.7.4. MobileNet

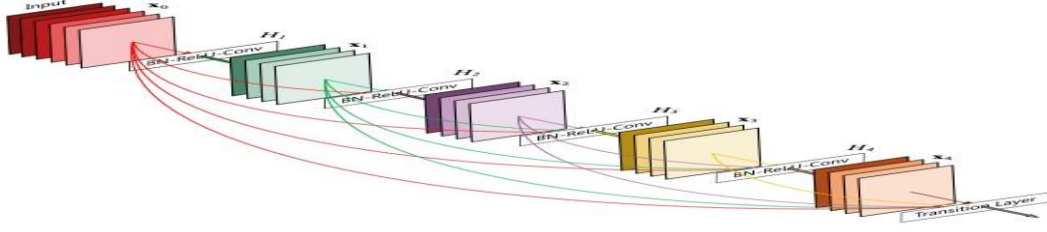
Temel kullanım amacı mobil cihazlar ve entegre görüş sistemleri olarak tasarlanan MobileNet toplam 28 katmandan oluşur.



Şekil 2.9. MobileNet mimarisi

2.7.5. DenseNet

Geleneksel CNN'de katmanlar birbirlerine kademeli olarak bağlıdır. DenseNet'de ise katmanlar arası bağlantı bir kurala bağlı olmaksızın en doğru ve en verimli sonucu bulabilmek için farklılaşır (Huang vd., 2017).



Şekil 2.10. DenseNet mimarisi

2.8. Diş Hekimliğinde Yapay Zekâ ve Kullanım Alanları

YZ birçok alanda gelişme gösterirken, her bir alanı teknolojiyle iç içe olan diş hekimliğine de hızlı bir giriş yapmıştır. (Buyuk, 2020).

Diş hekimliğinde doğru ve hızlı teşhis ile en verimli tedaviyi elde etmek çok önemlidir. Klinisyenlerin çoğu zaman edindiği bilgiyi kullanmaları için yeterli süre olmayabilir ve doğru kararı vermek zor olabilmektedir. YZ uygulamaları burada devreye girer ve doğru, hızlı kararlar için kılavuz görevi görür (Khanagar ve ark., 2021). Kılavuz görevi yapan YZ, insan gözüne kıyasla daha net değerlendirme yaparak diş ve çene bölgesini ayrıntılı inceleme imkanı verir (Katne ve ark., 2019).

Diş hekimliği alanında YZ uygulaması ilk kez 1991 yılında kullanılmıştır ve diş kökü çevresindeki kemik lezyonları radyografilerden tespit edilmiştir (Mol & van der Stelt, 1991). Özellikle iki boyutta görüntü veren görüntüleme yöntemlerinin yerine kullanılan YZ destekli uygulamalar hekime büyük kolaylık sağlamıştır. Örneğin PR'lerdeki mevcut süperpozisyonlar hekimin yanlış yorumlama yapmasına neden olmaktadır. Hekimin hata oranını asgariye indirmek ve hekime yardımcı olması amacıyla YZ sistemleri kullanılabilir (Hung ve ark., 2020; Miki ve ark., 2017; Suzuki, 2017). Bilgisayarlı tomografi görüntülerinde derin sinir ağları kullanılarak Sjögren sendromu tanısında %96 oranında doğruluk tespit edilmiştir (Kise ve ark., 2019). YZ ultrasonografi görüntüleri aracılığıyla masseter kasının segmentasyonunda yüksek oranda başarı elde etmiştir (Orhan ve ark., 2021). Özellikle ortodontistler tarafından sefalometrik

landmarkların manuel analizi de YZ ile otomatik olarak uygulanmıştır (Montúfar ve ark., 2018). Cerrahide ise YZ diş çekimi sonrasında çekim soketinde meydana gelen şişliği tespit edebilmek için kullanılmıştır (Zhang ve ark., 2018). Ayrıca gömülü üçüncü molar dişin çekim zorluk derecesini tespit edebilmek için PR üzerinde derin sinir ağlarından yararlanılmıştır (Yoo ve ark., 2021). İmplant tedavisi için KIBT görüntüleri kullanılarak uygulanan YZ ile %95.3 oranında eksik diş bölgesi başarılı bir şekilde tespit edilmiştir (Kurt Bayrakdar ve ark., 2021). Çürük tanısı için kullanılan YZ, çalışmayı yapan üç hekimden de daha başarılı sonuçlar vermiştir (Srivastava ve ark., 2017). Periodontoloji alanında uygulanan YZ çalışmalarında ise peridontal hastalığı olan dişlerin tespiti yapılmış ve doğruluk oranı %78.9 olarak bulunmuştur (Lee ve ark., 2018).

2.8.1. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Alanında Yapay Zekâ Uygulamaları

YZ uygulamalarının doğru ve hızlı bilgi sağlaması, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi alanında da kullanılma oranını artırmıştır. Özellikle her hastadan alınan ve rutin muayene için gerekli olan intraoral ve ekstraoral radyografi sayısının çok olması, YZ'nin uygulanabilirliği için zengin bir kaynak oluşturmaktadır (Putra ve ark., 2020). Yoğun tempoda çalışan bir radyoloğun radyografiyi değerlendirmesi ve yorumlaması zaman alıcıdır ve istemsiz hatalara neden olabilir. Bu nedenle YZ kullanılarak görüntüler otomatik olarak tanımlanır ve analiz edilir (Hosny ve ark., 2018). YZ ile klinik veriler analiz edilerek hastalar için kişiselleştirilmiş tedavi planı sunulur (Joda ve ark., 2021). Literature bakıldığında YZ'nin Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi alanındaki uygulamalarının %26'sını makine öğrenimi ve %59'unu da derin öğrenme yöntemleri oluşturmaktadır.

Diş hekimliğinde klinik muayenelere ek olarak teşhisi kolaylaştırmak için alınan radyografik görüntüler, intraoral, ekstraoral ve histolojik kesitlerin fotoğrafları, KIBT ve MR görüntüleri gibi verilerin fazlalığından dolayı, YZ çalışmaları dental radyoloji

alanında da hız kazanmıştır. Hastalardan alınan görüntülerden YZ yöntemleri ile teşhise yönelik yapılan çok sayıda çalışma da görüntüleri işleme ve raporlama gibi yöntemlerden yararlanılmıştır (Pauwels, 2021).

Konvansiyonel yöntemlerdeki artefaktlar ve süperpozisyonlardan kaynaklı olarak insan gözüyle görülemeyecek kadar küçük olan aproksimal çürükleri ve periapikal patolojilerin teşhisi için YZ kullanılmıştır (Geetha ve ark., 2020).

Bite-wing radyografiler üzerinde aproksimal çürük tespiti için çok katmalı sinir ağları geliştirilmiş, böylece çürük teşhisinde %39,4 oranında ilerleme bildirilmiştir (Devito ve ark., 2008). Periapikal bölgede bulunan patolojilerin tespiti için de derin öğrenmeye dayalı YZ uygulaması kullanılmıştır (Endres ve ark., 2020; Mol & van der Stelt, 1992).

Ayrıca radiküler kistleri ve granülomları ayırt edebilmek için de KIBT görüntüleri kullanılarak YZ sistemleri geliştirilmiş ve kullanılmıştır (Flores ve ark., 2009; Okada ve ark. 2015). Odontojenik kist ve tümör sınıflaması için PR görüntüleri kullanılarak YZ çalışılmıştır (Mikulka ve ark., 2013). Yine aynı amaç için bu kez KIBT görüntüleri kullanılarak çeşitli makine öğrenimi yöntemleri geliştirilmiştir (Nurtanio, 2013; Yılmaz ve ark., 2017). PR'ler üzerinden ameloblastoma ve keratokistleri incelemek için de bir başka YZ sistemi önerilmiştir (Poedjiastoeti & Suebnukarn, 2018).

Literatürde bu tez çalışmasının konusu olan maksiller gömülü kanin dişlerin tespiti için YZ kullanımıyla alakalı güncel çalışmalar mevcut olup tam ve kapsamlı çalışmalar henüz eksiktir. Bir çalışmada deney ve kontrol grubu oluşturularak YZ'nin derin öğrenme mimarisi kullanılarak sürmüş ve gömülü kanin diş tespiti yapılmıştır (Abdülkreem ve ark., 2024). Bir başka çalışmada ise mandibular köpek dişleri kullanılarak belirli yaş aralığındaki hastalarda cinsiyet tespiti yapılmıştır. DenseNet121 ile toplanan dişler ikili cevaplarda başarılı olmuş ve YZ'nin sınıflama performansını ölçmek için ROC eğrileri

kullanılmıştır (Franco ve ark., 2024). Yine bir çalışmada ise PR görüntülere derin öğrenme mekanizması uygulanarak 8-16 yaş arasındaki çocuklardaki eksik veya sürmemiş dişlerin tespiti ve doğruluğu araştırılmıştır. Kontrol grubunda en doğru sonucu veren dişlerin kanin ve premolar dişler olduğu sonucuna varılmıştır (Kim ve ark., 2024).



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Etik Kurul Onayı

Bu tez araştırması; Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'nun 22/06/2022 tarih, 08/2022 sayı ve 70 nolu kararı ile izin alınarak gerçekleştirildi (EK-2). 2020-2024 yılları arasında yürütülen bu tez çalışması bilimsel etik kurallara uygun olarak sürdürülmüştür. Çalışma Helsinki Deklarasyonu ilkelerine göre yapılmıştır

Çalışmamızda, arşiv materyali kullanılarak PR üzerinde maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyon ilişkileri, dişlerin çenelerdeki konumları ve çevre komşu anatomik yapılarla olan ilişkisine göre farklı derin öğrenme modelleri kullanılarak değerlendirildi. Derin öğrenme analizi yöntemi olarak denetimli öğrenme seçildi. Yani algoritmalar giriş verileriyle eşleştirilmiş doğru çıkışları kullanarak bir model oluşturdu. Böylelikle modellerin yeni, daha önceden görülmemiş verilerle girişlerin çıktılarını tahmin etmesi sağlandı. Kullanılan derin öğrenme modellerinin beş farklı FOLD' a göre çalışma verilerini sınıflandırmadaki başarılarının belirlenmesi hedeflendi.

3.2. Hasta Grubunun Belirlenmesi

Bu tez çalışması için Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı Kliniği'ne 2020-2024 yılları arasında çeşitli nedenlerle başvuran hastalardan alınan PR ve KIBT görüntüleri retrospektif şekilde tarandı ve maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyonları, konum ve komşu dişe ait rezorbsiyon durumları incelendi. Taranan KIBT görüntülerinden 18 yaş üstü 458 hastaya ait PR çalışmaya dâhil edildi. 458 hastaya ait PR görüntü üzerinde, 284 tane sağ maksiller gömülü kanin diş ve 297 tane sol maksiller gömülü kanin diş olmak üzere toplam 581 tane maksiller kanin dişin pozisyon özellikleri YZ algoritmalarıyla değerlendirildi.

NewTom 5G (QR , Verona, Italy) cihazında elde edilmiş KIBT görüntüleri ile Planmeca Promax 2D Panoramic System (Planmeca, Helsinki, Finlandiya) cihazında elde edilmiş dijital PR görüntüleri incelendi. Hastaların çalışmaya dâhil edilmesi için bukkal veya palatinalde maksiller gömülü kanin dişinin bulunması ve öncesinde teşhis amaçlı PR ve KIBT görüntülerinin bulunması esas alınmıştır.

Araştırmaya dâhil edilen bireyler aşağıdaki kriterler esas alınarak seçilmiştir:

1. Herhangi bir kraniyofasial anomalisi bulunmayan,
2. Ortodontik tedavi geçmişi olmayan,
3. Panoramik ve KIBT görüntüleri incelenmeye uygun ve iyi kalitede olan,
4. Panoramik ve KIBT görüntüleri arasında maksimum 6 aylık süre bulunan,
5. Maksiller kanin dişin kök gelişimi 13-15 yaşlarında tamamlandığı için, Türk çocuklarında Demirjian yöntemiyle hesaplanan dental ve kronolojik yaş sapması da göz önünde bulundurularak 16 yaş üstü olan hastalar (Karaday ve ark., 2014),
6. Midalveolar, bukkal veya palatinalde gömülü maksiller kanin dişine sahip olan,
7. Anterior maksiller bölgede önceden uygulanmış bir cerrahi tedavisi olmayan,
8. Dental travma hikayesi olmayan bireyler çalışmaya dâhil edilmiştir.

Araştırmaya dâhil edilmeme kriterleri:

1. Maksiller gömülü kanin dişin konjenital eksikliği veya ilgili dişin çekiminin yapılmış olması,
2. Kök gelişimi tamamlanmamış maksiller gömülü kanin,
3. Maksiller gömülü kanin dişlerin incelenmesini engelleyen dento-alveoler patoloji veya konjenital sendrom, kraniyofasial sendrom, dudak damak yarığı, kraniyofasial bölge kemik hastalıkları ve kraniyofasial bölgede patolojileri bulunan vakalar,

4. Ortognatik cerrahi görmüş vakalar,
5. İncelenecek alanın bütünüyle görüntülenemediği ve görüntü kalitesinin hasta veya çekim kaynaklı artefakt nedeniyle incelenmeye imkân vermediği vakalar.

Çalışmada veri seti oluşturulurken ilk olarak, gömülü maksiller kanin dişin pozisyonu, kuron/kök konumu ve rezorbsiyon durumu klinisyen tarafından KIBT görüntülerinde değerlendirildi. Bu durum, üç boyutlu görüntüleme yöntemleri için altın standart olarak kullanılmaktadır. Maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyonları altın standart olan KIBT görüntüleri değerlendirilerek incelenmiştir. Analiz edilen veriler ile eğitilen YZ algoritmalarının PR üzerindeki tahmin başarısı incelenmiştir.

3.3. Çalışmada Kullanılan Değerlendirme ve Ölçümler

3.3.1. PR Üzerinde Yapılan Açı Ölçümleri

Bu çalışmada maksiller gömülü kanin dişlerin PR görüntüleri üzerinde açı ölçümleri yapılmıştır.

Maksiller gömülü kanin dişin pozisyonu için açı ilişkisi

- a) Alfa açısı (Gömülü kanin dişin uzun ekseninin orta hatla yaptığı açı)
- b) Beta açısı (Gömülü kanin dişin lateral kesici diş ile yaptığı açı)
- c) Gama açısı (Gömülü kanin dişin uzun ekseninin oklüzal düzlemlerle yaptığı açı)

3.3.2. KIBT Aksiyal, Sagittal ve Koronal Kesitler Üzerinde Yapılan Değerlendirmeler

- Gömülü maksiller kanin dişlerin palatinal/bukkal pozisyon tespiti,
- Gömülü maksiller kanin dişlerin komşu dentoalveoler yapılarda patolojik oluşum ve/veya komşu dişte rezorbsiyon varlığı incelenmiştir.



Şekil 3.1. KIBT’de görüntülenen gömülü maksiller kanin dişlerin aksiyal, sagittal ve koronal kesitleri

3.4. Radyografik Değerlendirmeler

Çalışmada kullanılacak veriler ADÇR asistanları tarafından değerlendirildi. Tüm PR açılı ölçümleri ve KIBT verileri aynı asistanlar tarafından kesinliği doğrulamak için 3 ay içinde iki kez kayıt edildi. Sağ ve sol maksiller kanin dişlere ait ölçümler ve değerlendirmeler excel dosyasına aktarıldı.

3.4.1. Panoramik Radyografi Film Analizi

Bu tez çalışması için, Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'na rutin dental muayene için başvuran hastalardan Planmeca Promax 2D Panoramic System (Planmeca, Helsinki, Finlandiya) ile elde edilen PR’ler kullanıldı. PR’lerin standardizasyonunda; üretici firmanın önerdiği referans noktalarına uyularak, hastanın sagittal düzlemi yere dik, Frankfurt düzlemi yere paralel olacak şekilde ve servikal vertebraların mandibula üzerine süperpozisyonunu önlemek amacıyla hastalar ski pozisyonuna uygun bir şekilde konumlandırılarak görüntüler elde edildi (Şekil 3.1.). Bununla birlikte daha önceden NewTom 5G (QR, Verona, Italy) ile alınmış olan KIBT görüntülerinden lezyon teşhisi konulmuş hastalara ait PR de çalışmaya dâhil edildi.

PR görüntüleri elde edilen hastaların; adı ve soyadı, doğum tarihleri, radyografiler üzerinde hangi kanin dişin gömülü bulunduğu şeklindeki veriler kaydedilip tablo haline getirildi. Hastaların PR’leri windows bitmap (.bmp) formatında indirilip, diş ile alakalı algoritmalar kaydedildi.

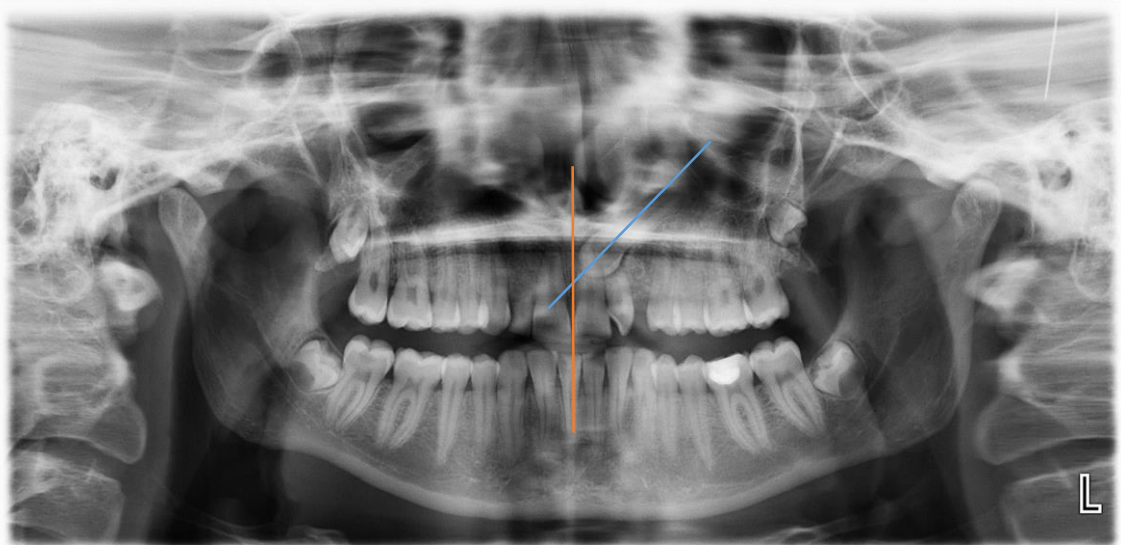


Şekil 3.2. Panoramik radyografda izlenen bilateral maksiller gömülü kanin dişler

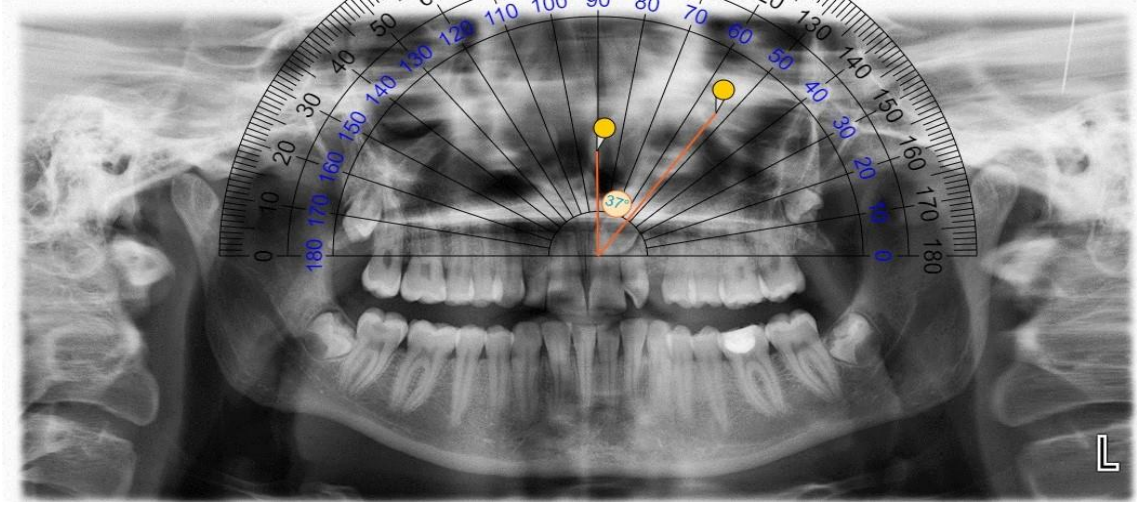
3.4.1.1. Gömülü Kanin Dişin Pozisyonu İçin Açı Ölçümü

Gömülü maksiller daimi kanin dişin alfa, beta ve gama açılarını bulmak için PR üzerinde çizimler yapıldı ve her çizim için ginifab programı kullanılarak açı değeri bulundu. Her bir veri için bulunan tüm açı değerleri excel tablosuna kaydedildi.

Alfa açısı çizimleri ve açı değeri yani gömülü kanin dişin uzun ekseninin orta hatla yaptığı açı Şekil 3.3 ve Şekil 3.4' de görülmektedir.

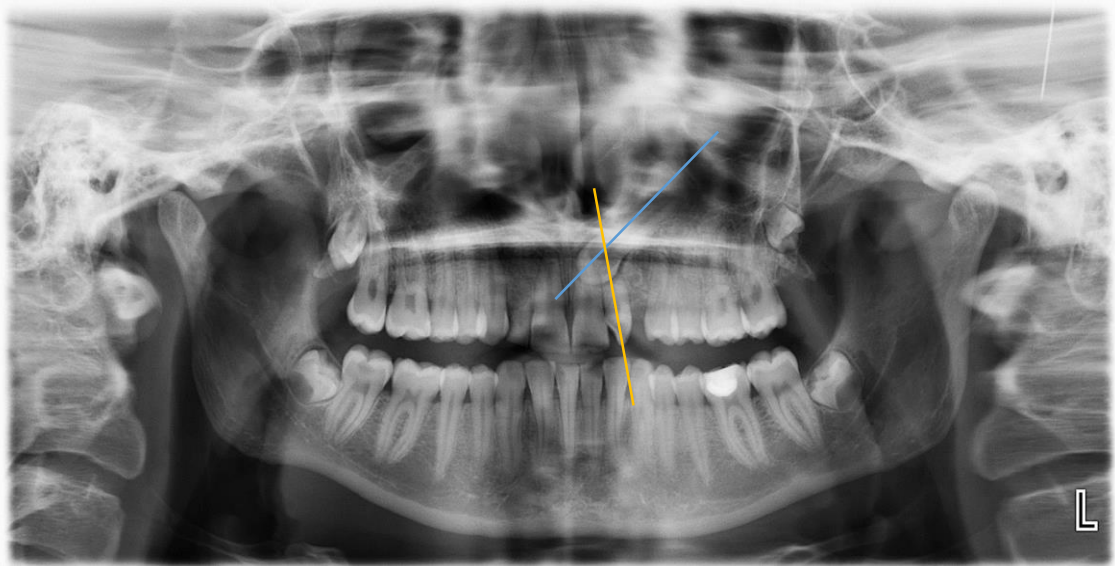


Şekil 3.3. Alfa açısını bulmak için panoramik radyografi üzerine yapılan çizimler

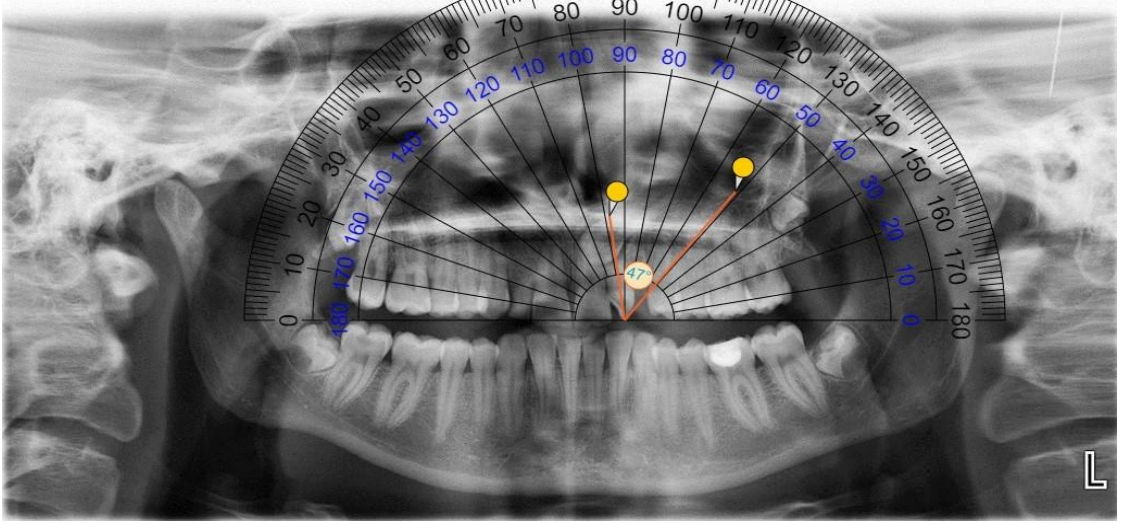


Şekil 3.4. Ginifab programı ile bulunan alfa açısı

Beta açısı çizimleri ve açı değeri yani gömülü kanin dişin uzun ekseninin ile komşu lateral kesici diş ile yaptığı açı Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' de görülmektedir.

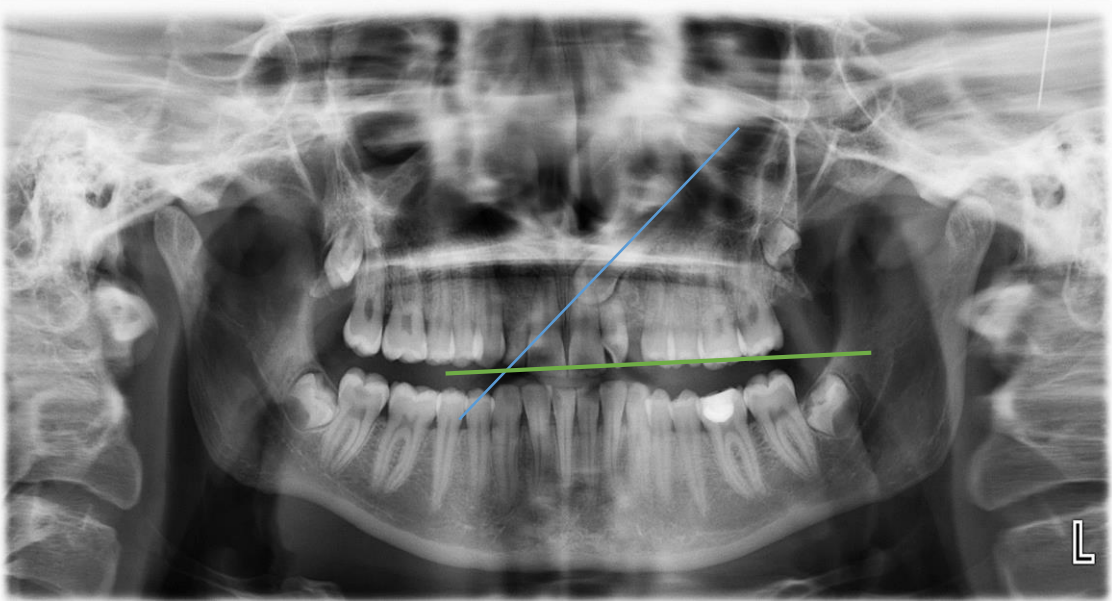


Şekil 3.5. Beta açısını bulmak için panoramik radyografi üzerine yapılan çizimler

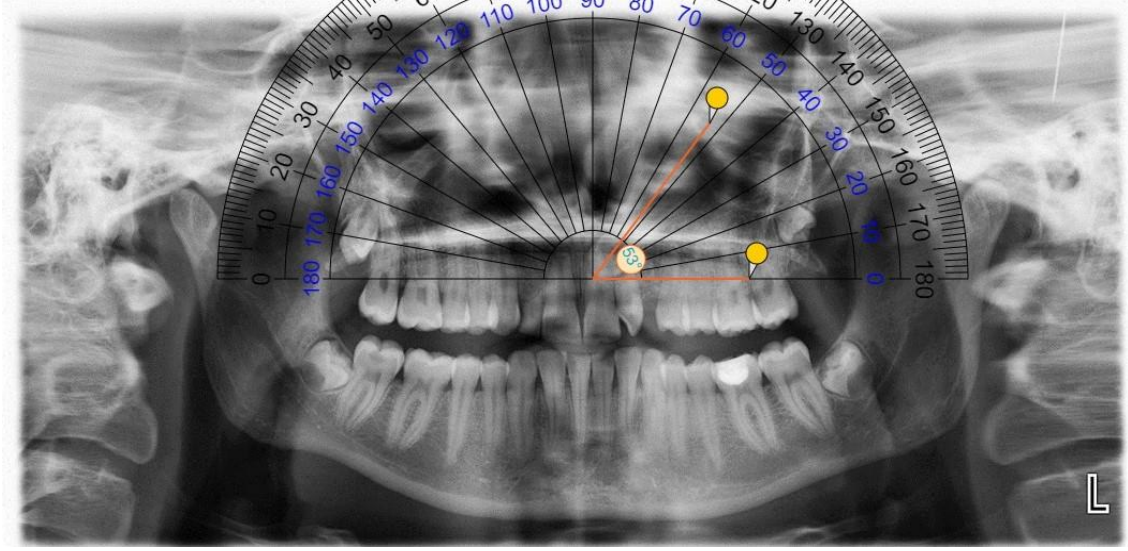


Şekil 3.6. Ginifab programı ile bulunan beta açısı

Gama açısı çizimleri ve açı değeri yani gömülü kanin dişin uzun ekseninin komşu lateral kesici diş ile yaptığı açı Şekil 3.7 ve Şekil 3.8 de görülmektedir.

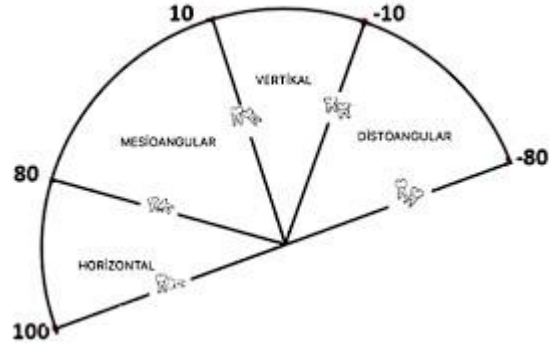


Şekil 3.7. Gama açısını bulmak için panoramik radyografi üzerine yapılan çizimler



Şekil 3.8. Ginifab programı ile bulunan gama açısı

Bulunan açı değerleri excel tablosunda birleştirildi. Beta açısı ile yani kanin diş ile lateral dişin uzun eksenleri arasında kalan açı değerlerine göre dişin pozisyonu vertikal, horizontal ve mesioangular olarak sınıflandırıldı. Bu sınıflamada Winter sınıflamasına göre yani alt üçüncü molar dişin uzun eksenini ile alt ikinci molar dişin uzun eksenini arasında kalan açıya göre yapıldı (Winter, 1926). Üçüncü molar dişlerin uzun ekseninin, ikinci molar dişin uzun eksenini ile yaptığı açıya göre; vertikal, mezioangular, horizontal, distoangular, bukkolingual, inverted/ transvers olarak sınıflandırma yapılmıştı. Bizim beta açı değerlerimiz 0° ile 100° arasında olduğu için dişin pozisyonu vertikal, horizontal ve mesioangular olarak sınıflandırıldı. Alfa ve gama açıları birbirlerini tamamlayan açılar olup bu açılar daha çok dişin konum tespitinde ve komşu dişte ortaya çıkan rezorbsiyon varlığında kullanıldı.

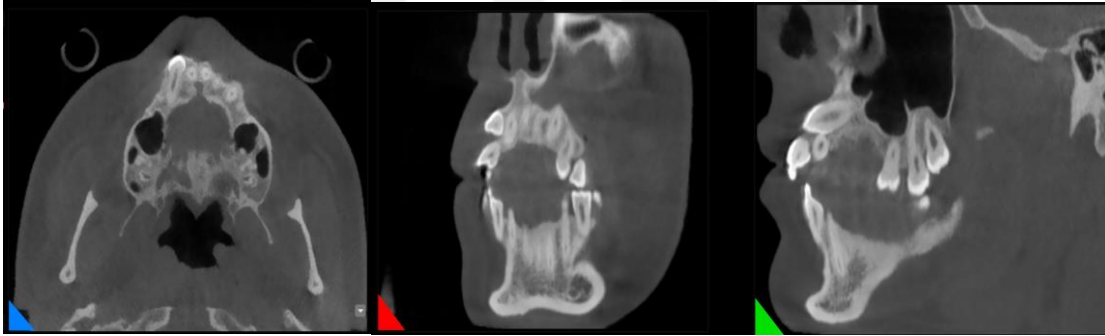


Şekil 3.9. Açılara göre yapılan sınıflandırma

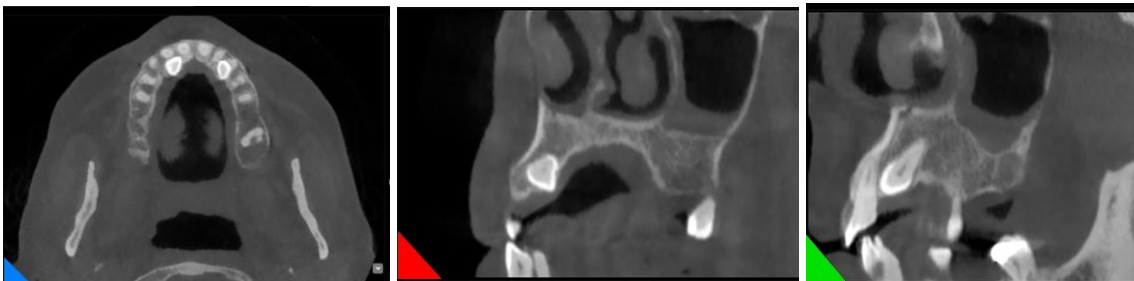
3.4.2. KIBT Radyografi Görüntü Analizi

3.4.2.1. Gömülü Maksiller Kanin Dişin Konum (Bukkal/Palatinal) Tespiti

KIBT görüntüleri üzerinde gömülü kalmış maksiller kanin dişlerin bukkalde mi palatinalde mi olduğunu anlamak için koronal kesitlere bakılmıştır. Aksiyal ve sagittal kesitlerle de eş zamanlı olarak kontrol sağlanmıştır.



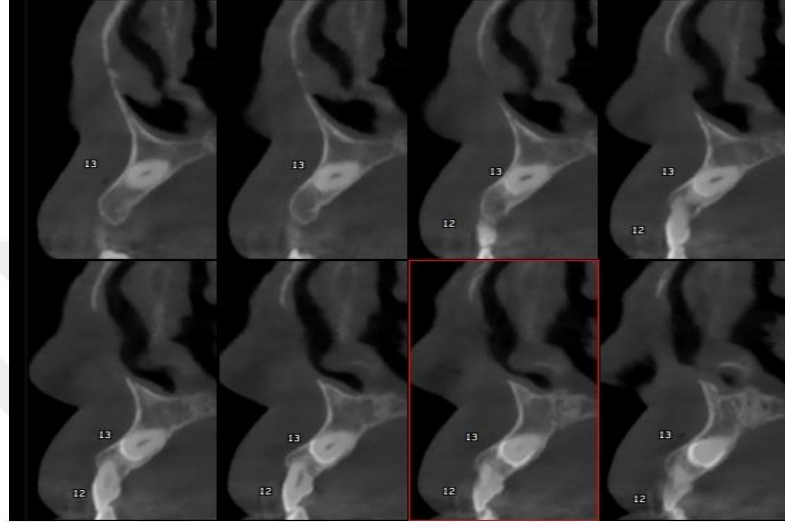
Şekil 3.10. Bukkalde gömülü sağ maksiller kanin dişin aksiyal, sagittal ve koronal görüntüleri



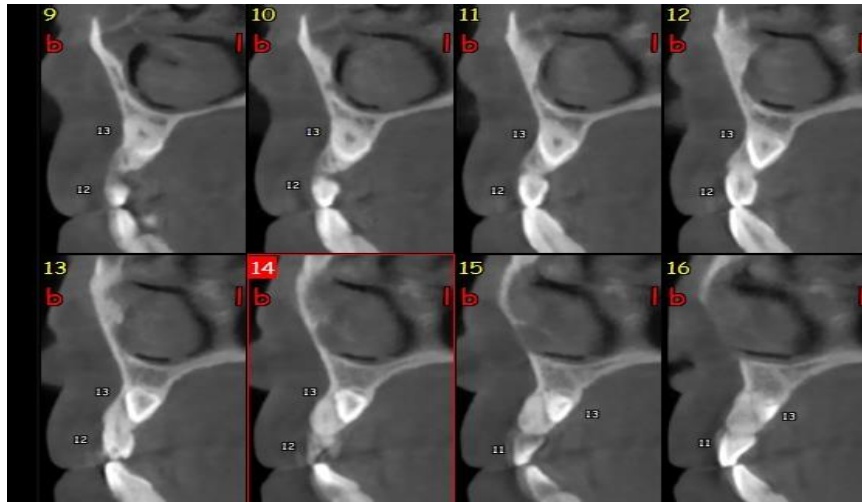
Şekil 3.11. Palatinalde gömülü sağ maksiller kanin dişin aksiyal, sagittal ve koronal görüntüleri

3.4.2.2. Gömülü Maksiller Kanin Diş Kaynaklı Komşu Dentoalveoler Yapılarda Rezorbsiyon veya Patolojik Bir Oluşum Varlığının Belirlenmesi

KIBT görüntülerde cross kesitler üzerinden gömülü kalmış maksiller kanin dişlere komşu olan santral, lateral ve premolar dişlerdeki kök rezorbsiyonlarına ve dentoalveoler yapılarda herhangi bir patolojik oluşum olup olmadığına bakılmıştır.



Şekil 3.12. KIBT cross kesitler üzerinden komşu dişte rezorbsiyon varlığı



Şekil 3.13. KIBT cross kesitler üzerinden komşu dişte rezorbsiyon yokluğu

3.5. Ölçümlerin Güvenilirliği

Ölçümlerin güvenilirliğini belirlemek amacıyla PR ve KIBT görüntüleri üç ay sonra aynı gözlemci tarafından tekrar değerlendirilmiştir. PR ve KIBT görüntülerinin

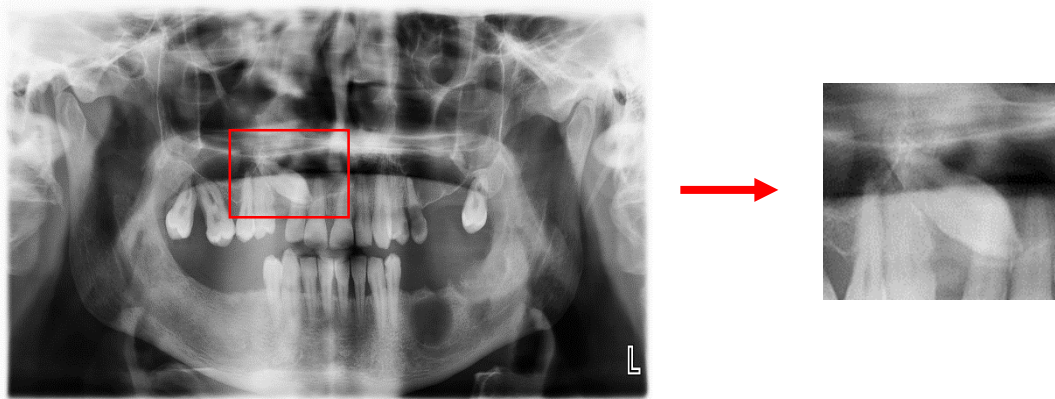
analizinin tekrar edilebilirliği Spearman-Brown formülü kullanılarak PR görüntüleri için %99.5 ve KIBT görüntüleri için %98.3 olarak hesaplanmış ve yüksek oranda tutarlılık görülmüştür.

3.6. Görüntülerin Etiketlenmesi

Çalışmamızdaki veriler, tek araştırmacı tarafından, Python Label programlama dilinde 128 GB RAM rastgele erişim belleğine ve 2 adet grafik işlem birimine (GeForce RTX 2080 TITAN; NVIDIA) sahip 64 bit Ubuntu 18.04 sistemi üzerinde gerçekleştirildi.

Etiketleme işlemi, tespit edilmek istenen gömülü maksiller kanin dişi içine alacak şekilde, dişin çevresine dikdörtgen bir kutu çizilerek yapılmıştır (Şekil 3.12).

Çalışmaya dâhil edilen PR görüntülerin etiketlenmesi gerçekleştirildikten sonra, 13 ve 23 numaralı dişler belirlenip Python Label programı yazılımı yardımıyla kesildi ve ayrı resim dosyalarına dönüştürülen diş görüntüleri kullanılarak çalışmada yer alan veri seti hazırlanmıştır. Elde edilen etiketli görüntüler son formatında dışa aktarıldı ve etiketlenen alanların koordinatlarını içeren label dosyaları oluşturuldu.



Şekil 3.14. Görüntülerin etiketlenmesi

3.6.1. Önerilen Füzyon Temelli Derin Ağ (Proposed Fusion Based Deep Network)

YZ ile sınıflandırma, nesneleri tespit etme, segmentasyon, karar verme, ve çözümüleme gibi birçok işlem yapılabilir (Casalegno ve ark., 2019). Bu görevleri

yapabilmeleri için YZ algoritmaları, denetimli öğrenme olarak bilinen her bir görüntüye karşılık gelen bir sonuç ile ve veri çiftlerinden elde edilen verilerle eğitilir (Schwendicke ve ark., 2019).

Bu tez çalışmasında da çeşitli derin öğrenme modelleri kullanılarak üst çenedeki gömülü kanin dişlere ait üç tür problem incelendi.

Çalışmamızda beş katlı çapraz doğrulama (5-fold cross-validation) uygulanarak tüm veri seti örnekleri, hem eğitim hem de test için birbirlerine karıştırılmaksızın kullanılmıştır. Bu maksatla tüm örnekler rastgele olarak beş bölüme (fold) ayrılmış ve her bir adımda bunlardan dört fold kullanılarak eğitim yürütülürken, geriye kalan bir fold ile de test işlemi gerçekleştirilmiştir. Test adımı oluşturulan her bir fold için tekrarlanmış ve elde edilen sonuçların ortalaması alınarak modelin performansı hesaplanmıştır.

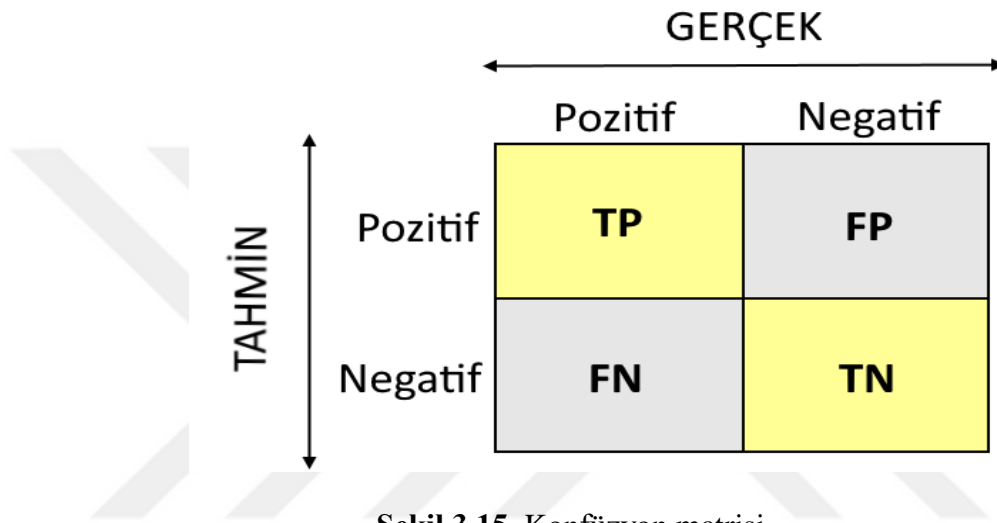
Sonraki aşamada transfer learning uygulanarak beş farklı önceden eğitilmiş (pre trained) network kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla çalışmada çok çeşitli mimariler kullanıldı.

Çalışmamızda kullanılan networklerin ayrı ayrı performansları hesaplandıktan sonra bunların ortak performansını belirlemek maksadıyla son olarak “majority voting” füzyon adımı uygulanmıştır. Bu yöntem 'Ensemble' algoritmaları olarak tanımlanır ve multimodal paradigmada genel performansı optimize etmek için birçok alanda kullanılmaktadır (Ruta & Gabrys, 2005). Bu yaklaşımda, çoğunluk oylama mekanizması kullanılarak sınıflandırıcıların ayrı ayrı verdiği kararların çoğunluğu belirlenerek önerilen yöntemin sınıflandırma sonucu kullanılmıştır. Böylece kullanılan yöntemin sınıflandırma performansı arttırılmıştır.

Sonuç olarak, maksiller gömülü kanin dişlerin ağızdaki pozisyonları ve komşu dişlerle olan ilişkisi çoklu modeller kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.6.2. Algoritma Performanslarının Değerlendirilme Metrikleri

Algoritma performansı için karışıklık matrisi (Confusion Matrix) kullanılır. Konfüzyon matrisi bir sınıflandırma problemindeki tahmin sonuçlarının özetini sunar. Bir diğer adı da ‘Hata Matrisi’ olup eşleştirilmiş gözlem sonuçlarının analizinde kullanılır. Bu tez çalışmasında, konfüzyon matrisi kullanılarak, tahmin ve gerçek değerler birbirleriyle karşılaştırılmak suretiyle YZ performansı değerlendirildi.



Şekil 3.15. Konfüzyon matrisi

Konfüzyon matrisine göre:

TP (True Positive): Tahminde olan gerçekte de olan,

FP (False Positive): Gerçekte olmayan tahminde olan,

TN (True Negative): Tahminde olmayan gerçekte de olmayan,

FN (False Negative): Gerçekte olan tahminde olmayan.

Oluşturulan veri setlerinin sınıflandırma performanslarını değerlendirmede konfüzyon matrisinden hesaplanan bazı oranlar vardır (Lee et al., 2020). Bunlar;

Doğruluk (Accuracy): Sınıflandırma problemlerinde doğru tahminlerin toplamının, toplam veri kümesine olan oranıdır. Modelin ne sıklıkta doğru tahmin ettiğinin göstergesidir.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

Kesinlik (Precision): Pozitif olarak tahmin ettiğimiz değerlerin içinde gerçek doğruların ne kadar bulunduğunu, pozitif tahminlerin başarısını gösterir.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Duyarlılık (Recall): Pozitif olarak tahmin edilmesi gereken değerlerin ne kadarının pozitif olarak tahmin edildiğini gösterir. Sadece pozitif değerlerden doğru sınıflandırılanların oranını verir.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

F1 Skoru: Recall ve precision değerlerinin harmonik ortalaması ile hesaplanan değerdir. Sınıflandırıcının performansının ne kadar iyi olduğunun göstergesidir ve sınıflandırıcıları karşılaştırmak için kullanılmaktadır.

$$F1\ score = 2 * \frac{precision * recall}{precision + recall}$$

Çalışmamızdaki modellerin gömük kanin dışı tespit sınıflamasındaki başarısını değerlendirmek için kullanılan matrisler aşağıdaki gibidir:

True Positive (TP): Gömük kanin dışı doğru tespit edildi. Yani gömük kanin dışı gerçekte gömülüyse gömülü olarak bulundu.

False Positive (FP): Gömük kanin dışı yanlış tespit edildi. Yani gömük kanin dışı gerçekte gömülüysen sürmüş olarak bulundu.

True Negative (TN): Gömük kanin dışı olmaması doğru tespit edildi. Örneğin gerçekte gömülü olmayan kanin dışı etiketin tahmininde de gömülü dışı olmadığı belirlendi.

False Negative (FN): Gömük kanin dışı olmaması doğru tespit edilemedi. Örneğin, gerçekte gömülü olmayan kanin dışı etiketin tahmininde de sürmüş olduğu belirlendi.

4. BULGULAR

4.1. Derin Öğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları

Çalışmamızda maksiller gömülü kanin dişler için üç temel problem incelenmiştir. Bu problemlerin birincisi Winter sınıflaması kullanılarak yapılan kanin dişin pozisyon tespitidir. İkincisi gömülü kanin dişin konumu yani palatine mi yoksa bukkale mi daha yakın olduğudur. Üçüncü problem ise gömülü maksiller kanin dişin komşu dentoalveoler yapılarda meydana getirdiği herhangi bir rezorbsiyon veya patoloji durumudur.

Üç problemimiz için farklı derin öğrenme mimarileriyle çalışıldı. Ayrıca her model için de konfüzyon matrisi kullanılarak performanslar değerlendirildi. Sırayla her bir problem için derin öğrenme mimarilerinin performans sonuçlarına bakıldı.

4.2. Gömülü Maksiller Kanin Dişin Pozisyon Tespiti İçin Derin Öğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları

Çalışmamızda maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyon tespiti için VGG16, EfficientNetV2B2, InceptionV3, EfficientNetV2B0, ResNet50 ve Resnet101 olmak üzere altı farklı derin öğrenme modelinin başarıları araştırılmıştır. Bu modeller yüksek doğruluk sonuçları vermiştir. Her bir model için konfüzyon matrisi kullanılarak performansları değerlendirilmiştir.

Çalışmamız sonuçlarına göre VGG16, EfficientNetV2B2, InceptionV3, EfficientNetV2B0, ResNet50 ve Resnet101 modellerinin gömülü kanin dişlerinin pozisyonlarının tespiti için FOLD değerleri tablo 4.2'de gösterilmiştir. VGG16 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerlerinin doğruluk oranları sırasıyla; %91.3, %90,51, %85.34, %88.79 ve %87.06 şeklindedir. EfficientNetV2B2 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %87.83, %85.34, %83.62, %87.07 ve %88.8 şeklindedir. InceptionV3 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %87.83, %85.34, %83.62, %85.34 ve %88.79 şeklindedir.

EfficientNetV2B0 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %87.83, %87.07, %81.90, %87.07 ve %83.62 şeklindedir. ResNet50 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %86.08, %82.76, %81.90, %87.07 ve %84.48 şeklindedir. ResNet101 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %86.96, %85.34, %78.44, %85.34 ve %82.75 şeklindedir. Bu sonuçlara göre VGG16 %88.61 ile en başarılı modelken, ResNet101 %83.77 ile en az başarılı model olmuştur. Çalışmadaki fusion değeri ise %90.90'dır. Buna göre majority voting fusion yaklaşımıyla elde edilen sonuç başarımın arttığını göstermiştir.

Tablo 4.1. Maksiller gömülü kanin diş için yüksek doğruluğa ait üç sınıflı tahmin sonuçları

	FOLD1	FOLD2	FOLD3	FOLD4	FOLD5	AVG.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
VGG16	91.30	90.51	85.34	88.79	87.06	88.61
EfficientNetV2B2	87.83	85.34	83.62	87.07	88.80	86.53
InceptionV3	87.83	85.34	83.62	85.34	88.79	86.19
EfficientNetV2B0	87.83	87.07	81.90	87.07	83.62	85.50
ResNet50	86.08	82.76	81.90	87.07	84.48	84.46
ResNet101	86.96	85.34	78.44	85.34	82.75	83.77
FUSION	93.04	92.24	87.06	90.52	91.38	90.90

Tablo 4.1'de maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyonlarının yüksek doğruluğa ait sınıflamasının gerçek ve tahmini değerlerinin dağılımını gösteren konfüzyon matrisi verilmektedir. Konfüzyon matrisi incelendiğinde horizontal pozisyonda olan 76 tane veriden, YZ 74 tanesinin pozisyonunu horizontal olarak doğru şekilde tespit ederken, kalan 2 veriyi ise mezioangular pozisyonda yani yanlış tahmin etmiştir. Mezioangular pozisyon olan 442 tane veriden, YZ 395 tanesinin pozisyonunu doğru şekilde tespit ederken, geriye kalan verilerden 17 tanesini horizontal ve 30 tanesini de vertikal olarak yani yanlış tahmin etmiştir. Bir diğer sınıf olan vertikal pozisyonda olan 61 tane veriden,

YZ 57 tanesinin pozisyonunu doğru olarak tespit ederken kalan 4 tanesini mesioanguler pozisyonda yani yanlış olarak tahmin etmiştir. YZ' nin horizontal sınıflamadaki tahmin başarısı %97.3, mezioanguler sınıflamadaki tahmin başarısı %89,3 ve vertikal sınıflamadaki tahmin başarısı %93.4'tür.

True Labels	Horizontal	74	17	0
	MA	2	395	4
	Vertikal	0	30	57
		Horizontal	Mesioangular	Vertikal
		Predicted Labels		

Şekil 4.1. Maksiller kanin diş için yüksek doğruluğa ait fusion sonucunun konfüzyon matrisi

Çalışmamızda ayrıca maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyon tespiti için DenseNet201, MobileNetV2, ResNet152V2, ResNet101V2, ResNet152 ve DenseNet121 olmak üzere altı farklı derin öğrenme modelinin başarıları araştırılmış ve bu modeller de düşük doğruluk sonuçları vermiştir. Her bir model için konfüzyon matrisi kullanılarak performansları değerlendirilmiştir.

Çalışmamız sonuçlarına göre DenseNet201, MobileNetV2, ResNet152V2, ResNet101V2, ResNet152 ve DenseNet121 modellerinin gömülü kanin dişlerinin pozisyonlarının tesbiti için FOLD değerleri tablo 4.2'de gösterilmiştir. DenseNet201 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerlerinin doğruluk oranları sırasıyla; %86.09, %77.59, %84.48, %87.93 ve %79.31 şeklindedir. MobileNetV2 için FOLD1,

FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %81.74, %81.03, %82.76, %84.48 ve %83.62 şeklindedir. ResNet152V2 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %87.83, %79.31, %78.45, %87.07 ve %80.17 şeklindedir. ResNet101V2 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %85.21, %81.89, %81.90, %81.90 ve %79.31 şeklindedir. ResNet152 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %82.61, %82.76, %76.72, %87.93 ve %76.72 şeklindedir. DenseNet121 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %82.6, %79.31, %75.00, %81.9 ve %81.03 şeklindedir. Bu sonuçlara göre DenseNet201 %83.08 ile en başarılı modelken, DenseNet121 %79.97 ile en az başarılı model olmuştur. Çalışmadaki fusion değeri ise %87.40'dır. Buna göre majority voting fusion yaklaşımıyla elde edilen sonuçta başarının arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.2. Maksiller gömülü kanin diş için düşük doğruluğa ait üç sınıflı tahmin sonuçları

	FOLD1	FOLD2	FOLD3	FOLD4	FOLD5	AVG.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
DenseNet201	86.09	77.59	84.48	87.93	79.31	83.08
MobileNetV2	81.74	81.03	82.76	84.48	83.62	82.72
ResNet152V2	87.83	79.31	78.45	87.07	80.17	82.56
ResNet101V2	85.21	81.89	81.90	81.90	79.31	82.04
ResNet152	82.61	82.76	76.72	87.93	76.72	81.35
DenseNet121	82.60	79.31	75.00	81.90	81.03	79.97
FUSION	90.43	87.93	81.90	93.97	82.76	87.40

Tablo 4.2'de maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyonlarının düşük doğruluğa ait sınıflamasının gerçek ve tahmini değerlerinin dağılımını gösteren konfüzyon matrisi verilmektedir. Konfüzyon matrisi incelendiğinde horizontal pozisyonda olan 66 tane veriden, YZ 61 tanesinin pozisyonunu horizontal olarak doğru şekilde tespit ederken, kalan 5 veriyi ise mezioangular pozisyonda yani yanlış tahmin etmiştir. Mezioangular pozisyon olan 456 tane veriden, YZ 392 tanesinin pozisyonunu doğru şekilde tespit

ederken, geriye kalan verilerden 30 tanesini horizontal ve 34 tanesini de vertikal olarak yani yanlış tahmin etmiştir. Bir diğer sınıf olan vertikal pozisyonda 57 tane veriden, YZ 53 tanesinin pozisyonunu doğru olarak tespit ederken kalan 4 tanesini mesioanguler pozisyonda yani yanlış olarak tahmin etmiştir. YZ' nin horizontal sınıflamadaki tahmin başarısı %92.4, mezioanguler sınıflamadaki tahmin başarısı %85.9 ve vertikal sınıflamadaki tahmin başarısı %92.9'dur.

True Labels	Horizontal	61	30	0
	MA	5	392	4
	Vertikal	0	34	53
		Horizontal	Mesioangular	Vertikal
		Predicted Labels		

Şekil 4.2. Maksiller kanin diş için düşük doğruluğa ait fusion sonucunun konfüzyon matrisi

4.3. Gömülü Maksiller Kanin Diş Kuron/Kökünün Lokalizasyonu (Bukkal/Palatinal) Tespiti İçin Derin Öğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları

Çalışmamızda maksiller gömülü kanin dişlerin palatinal mi yoksa bukkale mi daha yakın olduğunu tespit etmek için ResNet101V2, ResNet50, InceptionV3, VGG19, VGG16 ve MobileNet olmak üzere altı farklı derin öğrenme modelinin başarıları araştırılmıştır. Her bir model için konfüzyon matrisi kullanılarak performansları değerlendirilmiştir.

Çalışmamız sonuçlarına göre ResNet101V2, ResNet50, InceptionV3, VGG19, VGG16 ve MobileNet modellerinin maksiller gömülü kanin dişlerin palatinal mi yoksa bukkale mi daha yakın olduğunu belirten FOLD değerleri tablo 4.4’de gösterilmiştir. ResNet101V2 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerlerinin doğruluk oranları sırasıyla; %68.97, %79.31, %78.57, %75 ve %72.41 şeklindedir. ResNet50 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %68.96, %79.31, %82.14 %71.42 ve % 65.51 şeklindedir. InceptionV3 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; % 65,52, % 72,41, % 78,57, % 67,86 ve % 75,86 şeklindedir. VGG19 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %72.41, %68.95, %71.42, %78.57 ve %65.51 şeklindedir. VGG16 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %68.97, %72.41 %64.29, %75 ve %75.86 şeklindedir. MobileNet için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %55.17, %75.86, %71.43, %75 ve %75.86 şeklindedir. Bu sonuçlara göre ResNet101V2 %74.85 ile en başarılı modelken, MobileNet %70.67 ile en az başarılı model olmuştur. Çalışmadaki fusion değeri ise %80.40’dır. Buna göre majority voting fusion yaklaşımıyla elde edilen sonuçta başarının arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.3. Maksiller gömülü kanin dişin palatinal/bukkal konumuna ait iki sınıflı sınıflandırma sonuçları

	FOLD1	FOLD2	FOLD3	FOLD4	FOLD5	AVG.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ResNet101V2	68.97	79.31	78.57	75	72.41	74.85
ResNet50	68.96	79.31	82.14	71.42	65.51	73.47
InceptionV3	65.52	72.41	78.57	67.86	75.86	72.04
VGG19	72.41	68.97	71.43	78.57	65.517	71.37
VGG16	68.97	72.41	64.29	75.00	75.86	71.3
MobileNet	55.17	75.86	71.43	75.00	75.86	70.67
FUSION	72.41	89.66	78.57	82.14	79.31	80.40

Tablo 4.3’de maksiller gömülü kanin dişlerin palatinal/bukkal konumuna ait gerçek ve tahmini değerlerin dağılımını gösteren konfüzyon matrisi verilmektedir. Konfüzyon matrisi incelendiğinde; bukkalde gömük olan 42 tane veriden, YZ 36 tanesini doğru şekilde tespit ederken, gömülü kanin diş bukkalde olmasına rağmen 6 tanesini palatinalde gömülü kalmış olarak yanlış tahmin etmiştir. Diğer yandan palatinalde gömülü olan 101 tane veriden, YZ 79 tanesini palatinalde olarak doğru şekilde tespit ederken, 22 tanesini ise bukkalde gömük şeklinde yanlış olarak tahmin edilmiştir. YZ’ nin kanin diş palatinalde mi sınıfındaki tahmin başarısı %78.2 iken, kanin diş bukkalde mi sınıfındaki başarısı %85.7’dir.

True Labels	Bukkal	36	22
	Palatinal	6	79
		Bukkal	Palatinal
		Predicted Labels	

Şekil 4.3. Maksiller gömülü kanin dişin palatinalde mi yoksa bukkalde mi olduğunu gösteren fusion sonucuna ait konfüzyon matrisi

4.4. Gömülü Maksiller Kanin Diş Komşu Dişte Rezorbsiyon veya Dentoalveoler Yapılarda Patolojik Bir Oluşum Meydana Getirmiş mi Tespiti İçin Derin Öğrenme Mimarilerinin Performans Sonuçları

Çalışmamızda maksiller gömülü kanin dişlerin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılarda patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğini tespit etmek için VGG19, VGG16, Xception, ResNet50V2, InceptionV3 ve ResNet101 olmak üzere

altı farklı derin öğrenme modelinin başarıları araştırılmıştır. Her bir model için konfüzyon matrisi kullanılarak performansları değerlendirilmiştir.

Çalışmamız sonuçlarına göre VGG19, VGG16, Xception, ResNet50V2, InceptionV3 ve ResNet101 modellerinin maksiller gömülü kanin dişlerin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılarda patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğini tespit etmek için belirten FOLD değerleri tablo 4.4’de gösterilmiştir. VGG19 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerlerinin doğruluk oranları sırasıyla; %82.17, %86.08, %85.44, %82.91 ve %78.48 şeklindedir. VGG16 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %82.80, %86.71, %84.17, %79.75 ve %84.81 şeklindedir. Xception için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %86.62, %87.34, %87.97, %81.01 ve %84.18 şeklindedir. ResNet50V2 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %80.25, %80.38, %75.95, %79.75 ve %81.01 şeklindedir. InceptionV3 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %84.71, %87.34, %88.61, %82.28 ve %82.28 şeklindedir. ResNet101 için FOLD1, FOLD2, FOLD3, FOLD4 ve FOLD5 değerleri sırasıyla; %77.71, %76.58, %80.38, %83.54 ve %84.18 şeklindedir. Bu sonuçlara göre VGG19 %83.02 ile en başarılı modelken, ResNet101 %80.48 ile en az başarılı model olmuştur. Çalışmadaki fusion değeri ise %88.59’dur.

Tablo 4.4. Maksiller gömülü kanin dişin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılarda patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğinin iki sınıflı tahmin sonuçları

	FOLD1	FOLD2	FOLD3	FOLD4	FOLD5	AVG.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
VGG19	82.17	86.08	85.44	82.91	78.48	83.02
VGG16	82.80	86.71	84.17	79.75	84.81	83.65
Xception	86.62	87.34	87.97	81.01	84.18	85.42
ResNet50V2	80.25	80.38	75.95	79.75	81.01	79.47
InceptionV3	84.71	87.34	88.61	82.28	82.28	85.04
ResNet101	77.71	76.58	80.38	83.54	84.18	80.48
FUSION	87.90	89.87	91.14	86.08	87.97	88.59

Şekil 4.4’de maksiller gömülü kanin dişlerin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılarda patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğini gösteren gerçek ve tahmini değerlerinin dağılımları konfüzyon matrisi verilmektedir. Konfüzyon matrisi incelendiğinde; komşu dişte rezorbsiyon olan 258 tane veriden, YZ 240 tanesini doğru şekilde tespit ederken, komşu dişte rezorbsiyon olduğu halde 18 tanesini komşu dişte rezorsiyon yok olarak yanlış tahmin etmiştir. Diğer yandan rezorbsiyon olmayan 531 tane veriden, YZ 459 tanesini rezorbsiyon yok olarak doğru şekilde tespit ederken, 72 tanesini ise rezorbsiyon var şeklinde yanlış olarak tahmin edilmiştir. YZ’ nin rezorbsiyon var sınıfındaki tahmin başarısı %93.0 iken, rezorbsiyon yok sınıfındaki başarısı %86.4’tür.

True Labels	Var	240	72
	Yok	18	459
		Var	Yok
		Predicted Labels	

Şekil 4.4. Maksiller gömülü kanin dişin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılarda patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğini gösteren fusion sonucuna ait konfüzyon matrisi

5. TARTIŞMA

Fizyolojik sürme zamanından yaklaşık olarak iki yıl geçmesine rağmen mukoza veya kemik altında kısmen yada tamamen kalan dişlere “gömülü diş” denilmektedir (Brodetska ve ark., 2020). Maksiller kanin dişler, üçüncü azı dişlerinden sonra gömülü kalma sıklığı en fazla olan dişlerdir ve bu dişlerin gömülü kalma sıklığı %1 ile %3 arasında değişir. (Alberto, 2020; Chu ve ark., 2003).

Kanin dişler dengeli ve simetrik gülüşü sağlayarak yüz estetiğinin temelini oluşturan, doğru okluzyon ve dental arkın gelişimine katkı sağlayan dişlerdir. Bu dişlerin komşu dişlerde kök rezorpsiyonuna yol açabilme, işlevsel ve estetik sorunlara neden olabilme potansiyelinden dolayı genellikle ortodontik ve cerrahi müdahalelerine gerek duyulabilir.

Kanin dişlerin neden süremediklerine dair geçmişten günümüze kadar birçok teori ileri sürülmüştür (Chung ve ark., 2011). Ağızdaki diğer dişlere kıyasla daha derinde gömülü olması yani erüpsiyonu için uzun bir yolunun olması maksiller daimi kanin dişin gömülü kalmasının bir nedenidir. Maksiller kanin dişin gömülü kalacağı radyolog tarafından erken teşhis edilirse dişin en doğru tedaviyle ve olumsuz sonuçlar olmadan minimal komplikasyonlar ile dental arkta olması gereken yere erüpsiyonu sağlanabilir (Santos ve ark., 2014). Bu yüzden gömülü maksiller kanin dişlerin pozisyonlarının doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Gömülü maksiller kanin dişlerin konumunu belirlemek için klinik muayeneyle beraber radyografilerden faydalanılır. Hastanın klinik muayenesinde palpasyon ve inspeksiyon gibi teknikler kullanılarak yorumlamalar yapılabilir. Kesin tanı için iki boyutlu radyografiler (periapikal radyografi-lokalizasyon teknikleri, lateral veya antero-posterior sefalometrik ve PR) veya BT, KIBT gibi gelişmiş üç boyutlu görüntüleme teknolojileri kullanılır (Kaczor-Urbanowicz ve ark., 2016; Kumar ve ark., 2015). İki

boyutlu radyografiler, operasyon öncesi planlama için faydalı olabilecek bilgiler verirken; KIBT dışın üç boyutlu olarak uzaysal konumunun değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (De Andrade ve ark., 2017).

Gömülü maksiller kanin dişlerin mezio-distal konumu ve çenelerdeki derinliği iki boyutlu radyografiler ile değerlendirilmektedir (Lopes ve ark., 2016; Neves ve ark., 2012). Geleneksel radyografilerle genellikle gömülü dişler doğru olarak lokalize edilebilir, bu tüm gömülü dişler için geçerli değildir (Haney ve ark., 2010.). Gömülü maksiller kaninlerin lokalizasyonunun değerlendirildiği bir çalışmada, gömülü kaninlerin %76'sı vertikal parallax; %66'sı ise magnifikasyon metodu ile lokalize edilebilmiş ve vertikal parallax metodu magnifikasyon metoduna göre daha başarılı bulunmuştur (Mason ve ark., 2001). Özellikle kanin dişler bukkal bölgede gömülüyse, vertikal parallax ve magnifikasyon metodlarının daha başarısız olduğu ve magnifikasyon metodu ile bukkal bölgedeki kanin dişlerin sadece %11'inin lokalize edilebildiği bildirilmiştir (Mason ve ark., 2001). PR'lerde farklı magnifikasyonların kullanımıyla, palatinalde gömülü kaninlerin lokalizasyonu %80 doğrulukla tespit edilebilir (Nagpal ve ark., 2009).

Sharan ve ark. (2006) kanin dişlerin pozisyonunu belirlemede periapikal radyografilerin ve PR'lerin güvenilir olmadığını söylediler de, periapikal radyograflerin kanin dişin pozisyon tespitinde PR'lere göre daha fazla güvenilir olduğunu belirtmişlerdir (Sharan & Madjar., 2006). Hassan ve ark. bunun nedeninin, intraoral radyografiler için hem filmin hem de kökün uzun ekseninin birbirine paralel olduğu paralel tekniğin kullanılması olabileceğini söylemişlerdir (Hassan ve ark., 2010). Çünkü paralel teknikte magnifikasyon az olup dişin kendi ebatlarına yakın bir görüntü elde edilir.

Diş hekimliğinde radyolojik muayene için temel görüntüleme tekniği PR'lerdir. Rutin diş muayenesinde her hastadan alınan PR'ler ile dişler, maksilla, mandibula, TME, maksiller sinüs, destek dokular ve fasiyal bölgeye ait yapıların büyük bir kısmının beraber

izlenebilir. Uygulama kolaylığı, radyasyon miktarının düşük olması ve görüntünün elde edilmesi için geçen sürenin kısa olması gibi avantajlara sahiptir (Suomalainen ve ark., 2015). Fakat lezyonların üç boyutlu izlenememesi, geometrik distorsiyonlar, magnifikasyonlar, süperpozisyonlar, ghost (hayalet) imajlar, düşük çözünürlük, detayın iyi olmaması ve imaj tabakası dışında kalan objelerin iyi izlenememesi gibi dezavantajları mevcuttur (Farman, 2007; Razi ve ark., 2009; Suomalainen ve ark., 2015).

Ericson ve Kurol (1988) yaptığı çalışmada palatinal konumda gömülü 46 tane ektopik kanin dişi olan 10-13 yaşlarındaki hastaların süt kanin dişlerinin çekimi yapılmış ve daimi kanin dişlerin sürmesi beklenmiştir. Bu dişlerden 36 tanesi zamanla normal sürme pozisyonuna gelirken; kalan 10 dişte ise herhangi bir erüpsiyon gözlenmemiştir. Böylece gecikme olmadan yani 11 yaşından önce süt kanin dişlerin çekilmelerinin gerektiğini ve çekim sonrasında maksiller kanin dişlerin normal konumlarına sürebildiklerini söylemişlerdir (Ericson & Kurol, 1988).

2022 yılında yapılan bir çalışmada, PR'ler kullanılarak 9-10 yaşındaki çocuklarda maksiller kanin dişlerin gömülü kalma riskleri popülasyondaki farklı yaş gruplarındaki çocuklarla karşılaştırılmıştır. Çocuklar için 9-10 yaşında alınan PR'nin kanin dişlerin gömülü kalma tanısında önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ismail ve ark., 2022).

Aynı şekilde Alejos-Montante ve ark.'nın yaptığı çalışmada da PR'lerin daimi maksiller kanin dişlerin sürme potansiyelini değerlendirip doğru teşhis ve etkili tedavi için önemli olduğu bildirilmiştir. 7-8 yaşlarındaki hastalara ait 515 PR incelenmiş ve gömüklük potansiyeli ile ileride meydana gelebilecek komplikasyonların önlenilebileceği kanısına varılmıştır (Alejos-Montante ve ark., 2019).

Maksiller kanin dişlerin palatinalde gömük kalma oranı bukkalden 2-3 kat daha fazlayken, kadınlarda kanin dişlerin daha sık gömülü kaldığı görülmüştür (Fournier, 1982). Bizim çalışmamızda da Santos ve ark.'nın çalışmasıyla benzer olarak gömülü

maksiller kanin dişler %65.9'luk oranla kadınlarda daha sık görülmüş ve dişlerin %78.8'inin tek taraflı ve %83.6 oranında palatinal pozisyonda gömülü olduğu belirlenmiştir. Çalışmamız aynı zamanda, gömülü maksiller kanin dişlerin daha sıklıkla kadınlarda ve tek taraflı görüldüğünü bildiren Koenraad ve ark. yaptıkları çalışma ile de uyumludur.

Literatürdeki bazı çalışmalarda PR görüntüleri kullanılarak kök rezorpsiyon tespiti yapılmıştır. Üst gömülü kanin dişle ilgili elde edilen bazı parametreler, diş hekimlerinin, bu dişlerin labio-palatinal konumları ve komşu dişlerde meydana getireceği olası rezorpsiyonlar ile ilgili tahminde bulunmasını sağlamaktadır. Bu amaçla sıklıkla kullanılan parametre, üst kanin dişin insizal tepe noktasının komşu dişlerle olan ilişkisidir. Bu ilişki kullanılarak günümüze kadar birçok sınıflama yapılmıştır (Leonardi ve ark., 2004). Jung ve ark. ile Ngo ve ark. gömülü üst kanin dişini beş sınıfa ayırırken; Kök ve ark. ise bu dişleri altı sınıfa ayırmıştır (Ngo ve ark., 2018; Jung ve ark., 2012; Kök ve ark., 2020). Bizim çalışmamız da bu sınıflamalardan farklı olarak kanin diş aksı ile çeşitli düzlemler ve komşu diş aksları kullanılarak açı ölçümleri yapılmıştır.

Gömülü maksiller kanin dişin konumunu doğru şekilde belirlemek için medikal BT ve KIBT'ler ile üç boyutta görüntüleme yapılarak dişin hangi konumda gömülü kaldığı ve komşu anatomik yapılar veya patolojilerin incelenebilmesi mümkündür (Lindauer ve ark., 1992). KIBT'ler ile gömülü kanin dişlerin mezio-distal pozisyonuna ek olarak bukkal-palatinal pozisyonu yani dişin üç boyutlu olarak uzaysal konumu da değerlendirilir (De Andrade ve ark., 2017). KIBT özellikle incelenilecek alanın tam konumunu vermesi ve görüntüleri süperpozisyonuz göstermesi bakımından önemli bilgiler sunar (Terlemez ve ark., 2019). Ayrıca KIBT, hem yumuşak dokuyu hem de kemik dokuyu ince ve çok sayıda kesitler halinde görüntüleyebilir (Killey, 1964). Biz de çalışmamızda kullandığımız YZ eğitim verilerini bu nedenlerden dolayı KIBT

görüntüleri üzerinden elde ettik. KIBT'nin her bölgede olmaması, yorumlanmasının uzmanlık gerektirmesi, fazla radyasyon içermesi ve pahalı olması gibi dezavantajlı özellikleri de vardır (Becker, 2007; Coulter & Richardson, 1997).

KIBT görüntülerini kullanan Santos ve ark. 79 adet gömülü maksiller kanin dişi ve komşu yapıları incelemişlerdir. Dişlerin tek taraflı mı yoksa iki taraflı mı gömülü kaldığını, konumunu, komşu diş kökünde rezorpsiyon var mı varsa derecesini (hafif, orta veya şiddetli), kökteki morfolojik şekil değişikliğini (dileserasyon) ve diş folikülünün genişliği incelenmiş ve sonuç olarak kanin dişlerin kadınlarda, tek taraflı ve palatinalde gömülü kaldığı sonucuna varmıştır (Santos ve ark., 2014).

Yapılan bir çalışmada tek taraflı gömülü kanin dişi olan hastalardaki maksiller daralmalar KIBT görüntüleri ile üç boyutlu olarak değerlendirilmiş ve yaklaşık %80.0 oranında başarılı segmentasyonlar elde edilmiştir (Chen ve ark., 2020).

Gossini ve ark. yaptığı çalışmada ise üst gömülü kanin dişlere komşu olan dişlerde görülen kök rezorpsiyonları incelenmiş ve maksiller gömülü kanin dişlerinin pozisyonunu ve kök rezorpsiyonunu belirleme söz konusu olduğunda doğru teşhisi için üç boyutlu görüntüleme tekniklerinin tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Gossini ve ark., 2012).

Literatürde ayrıca santral dişlerin de rezorpsiyondan etkilenebileceği, bazen birinci premolar dişlerde de rezorpsiyon gözlenebileceği bildirilmiştir (Rafflenbeul ve ark.,2019; Lai ve ark.,2014). Bizim çalışmamızda da birinci premolar dişler arası bölge rezorpsiyon açısından değerlendirilmiş ve literatürle uyumlu olarak en çok rezorpsiyon sırasıyla lateral, santral ve birinci premolar dişlerde görülmüştür (Strbac ve ark., 2013; Doğramaci ve ark., 2015). Ancak Cernochovave ark. ile Lai ve ark. lateral dişlerden sonra en çok rezorpsiyonu birinci premolar dişlerde tespit etmişlerdir (Cernochovave ve ar., 2011; Lai ve ark., 2014).

Özellikle son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda PR ve KIBT görüntüleri beraber kullanılmıştır. Örneğin bir çalışmada maksiller kanin dişlerin erüpsiyon yolunu incelemek için 6-15 yaş arası hastalardan ardışık olarak PR'ler alınmıştır. Değerlendirmede radyografi üzerinde kanin dişin sürme sırasında izlediği yolu incelemek için kanin ve lateral diş üzerinde belirli noktalar işaretlenmiştir. Sürme yolu için kanin dişin, lateral kesici dişin distali boyunca ilerlediği ve köke doğru açısının azaldığı görülmüştür. Varılan bu bilginin net olmadığı, diş normal erüpsiyonun da dahi olsa ektopik olarak sürebilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir. Bu yüzden hastalarda belirli aralıklarla PR'ler alınmalı veya PR'lere eş zamanlı olarak KIBT görüntülerinin de kullanılmasının uygun olacağı ifade edilmiştir (Shin ve ark., 2022).

Jung ve ark. PR ve KIBT görüntülerini kullanarak gömülü kanin dişin konumunu araştırmış ve % 27,4 palatinal pozisyonda, % 41,1 labial pozisyonda ve % 31,5 dental ark üzerinde olduğunu rapor etmişlerdir (Jung ve ark.,2012). Yine sadece PR ve KIBT görüntüleri kullanılan bir başka çalışmada ise gömülü üst kanin dişlerinin % 67'sinin palatinal, % 28'inin labial ve % 5'inin ise dental ark üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Ngo ve ark., 2018).

Yapılan bir başka çalışmada da, üst gömülü kanin dişlerin konumlarının tespit edilmesi ve komşu dişlerde meydana getirdiği rezorpsiyonların belirlenmesinde PR'nin tek başına güvenilir bir yöntem olmadığını ve KIBT ile beraber incelenmesi gerektiği belirtilmiştir (Walker ve ark., 2005 ;Nagpal ve ark., 2009).

Maksiller gömülü kanin dişlerin konum tespitinin en doğru şekilde değerlendirilmesinin KIBT ile mümkün olacağını yaptığı derlemeyle belirten (Grybiene ve ark., 2019), PR'ler üzerinde magnifikasyon ve açılama yöntemini kullanarak gömülü dişin bukkalde mi palatinalde mi olduğunu gösteren (Wang ve ark., 2013), kanin dişlerin lokalizasyonunu, komşu dişlerle ilişkisini ve kök rezorpsiyonu varlığını değerlendirmede

KIBT görüntülerin iki boyutta görüntü veren PR'lere göre daha etkili ve yardımcı olduğunu tespit eden çalışmalar mevcuttur (Alqerban ve ark., 2013).

Bir çalışmada palatinal bölgede konumlanmış 106 kanin diş olan 88 hastanın KIBT görüntüleri ile PR'nin görüntüleri karşılaştırma yapılarak incelenmiştir. Özellikle komşu dişlerde aşırı derecede rezorbsiyon yoksa PR'nin kök rezorbsiyon tespitinde güvenilir olmadığı, kanin dişin kendiliğinden sürmesinin öngörebilir olduğu ve görüntüleme yöntemiyle ilişkili olmadığı bildirilmiştir (Sosars ve ark., 2020). Bizim çalışmamızı literatürdeki diğer çalışmalardan ayıran ise PR ve KIBT bulguları ile derin öğrenme mimarileri kullanılarak komşu diş kök rezorbsiyon durumu incelenmiş ve YZ yüksek tahmin başarısı rezorbsiyon var sınıfında %93.0, rezorbsiyon yok sınıfında ise %86.4 olarak bulunmuştur.

Tanısal radyolojinin dünyada en sık kullanıldığı alan diş hekimliğidir (Leite ve ark., 2021). X-ışınlarının dental radyolojide kullanılması ile birlikte klinik muayeneye ek olarak gömük dişlerin tespit edilebilmesi hız kazanmıştır. Ancak elde edilen görüntülerin yorumlanması uzman hekim, tecrübe ve yeterli zaman gerektirmektedir. Bu nedenle gömülü kanin dişlerin otomatik olarak teşhis edilmesi için YZ uygulamalarının klinik ve radyoloji pratiğinde uygulanması büyük değer taşır (Özkeseci & Yılmaz., 2021). Elde edilen büyük miktardaki radyolojik veriler YZ çalışmaları için zengin bir kaynak alanıdır. Radyolojik görüntülerde taranıp değerlendirilmesi gereken çok sayıda yapı olması ve patoloji teşhisinin karmaşık ve zor olması YZ uygulamalarının önemini ve netice olarak doğru tanı oranını artırabilir (Miloglu ve ark., 2022).

YZ kullanılarak yapılan çalışmalarda tespit, segmentasyon ve sınıflandırma amaçları için periapikal, bitewing, sefalometrik, el-bilek ve PR'ler gibi farklı görüntüleme yöntemlerinden alınan görüntüler kullanılmıştır. İncelenen konular ise genellikle diş tespiti, diş numaralandırma, çürükler, lezyonlar, kistler, anatomik yapılar,

maksiller sinüsler, mandibular 3.molar dişler ve kanal formasyonudur (Parvez MF et al., 2020). Tüm bu çalışmaların aksine bizim çalışmamız çoğunlukla araştırmacıların az sayıda veri kullanarak inceledikleri gömülü maksiller kanin dişlerdir.

Literatür incelendiğinde YZ çalışmalarının çoğu PR'ler üzerinde yapılmakta olup, PR'lerden oluşan veri seti ile gömülü kanin diş tespiti için yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Mevcut çalışmalar ise daha çok YZ'nin gömük dişin sınıflandırma ve segmentasyon problemlerindeki başarısını araştırmaya yöneliktir. Bu tez çalışmasında klinik pratiğinde PR'nin kullanım sıklığından yararlanılarak YZ uygulamalarından biri olan derin öğrenme yöntemiyle gömülü kanin dişin tespit edilebilirliğindeki başarısı araştırılmıştır. Radyolojik teşhiste daha çok kullanılması ve veri fazlalığından dolayı YZ teknikleri ile gömülü dişin tespit edilebilmesi avantajdır. Böylelikle gömülü dişin erken teşhisi sağlanabilir ve ileri görüntülemeye duyulan ihtiyaç azaltılabilir.

Literatürde YZ ile dental radyolojide yapılan çalışmalara bakıldığında veri setini oluşturacak görüntü materyalleri daha az sıklıkla KIBT görüntülerinden oluşmaktadır (Schwendicke et al., 2019). Ancak özellikle son yıllarda YZ algoritmalarının KIBT kesitlerinde patolojik oluşumları anatomik yapılardan ayırt edebilmesi, dişleri numaralandırabilmesi, kök kanal morfolojisinin görselleştirebilmesi amaçlanmıştır. Lahoud ve ark. (2021) yaptığı bir çalışmada YZ'nin tomografi kesitlerinde dişleri ve diş köklerini belirlemede % 95 oranında başarılı olduğunu tespit etmişlerdir (Lahoud ve ark., 2021).

Gelişen teknoloji ile YZ modelleri ve PR'lerin iki boyutlu görüntüleri üzerinden üç boyutlu yapıları temsil ederek PR'lerin dezavantajlı yönü ortadan kalkmıştır (Kaya ve ark., 2022). Yapılan birçok çalışma da bunu destekler niteliktedir. Örneğin bir çalışmada yetişkinlerin PR'lerinde derin öğrenme modelleri kullanılarak implant tipinin, kalıcı diş

kaybının yerinin ve kalan alveolar kemik yüksekliğinin otomatik olarak analiz edilmesinde yüksek doğruluk elde edilmiştir (Sukegawa ve ark., 2020).

PR görüntüleri üzerinde diş sınıflandırması için derin öğrenme modellerinin doğruluğu üzerinde bir çalışma yapıldı. 5008 PR görüntüsü üzerinde her diş sınıflandırıldı. Her diş bir kutucukta olacak şekilde segmentlere ayrıldı. Beş veri seti şeklinde ölçeklendirilerek (%100, %150, %200, %250 ve %300) ResNet34 ile eğitildi. Kanin diş her yarım çenede bir tane olmasından kaynaklı olarak yüksek başarı ile tespit edildi (Krois ve ark., 2021).

Gömük kanin dişlerin konum tespiti için YZ kullanılarak derin öğrenme modeli geliştirilmiş ve iki boyutlu PR'lerden üç boyutlu yeni bir görüntü oluşturulmuştur. Bu çalışma için 74 gömülü ve 49 sürmüş kanin diş kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kanin dişin bukkal, lingual, mezial ve distal konumu YZ algoritmasıyla tespit edilmiştir. Ancak veri setinin yetersizliği nedeniyle sonuçların doğruluk oranı %41.0 çıkmıştır (Minhas ve ark., 2024). Bizim çalışmamızda ise YZ' nin kanin diş palatinalde mi sınıfındaki tahmin başarısı %78.2 iken, kanin diş bukkalde mi sınıfındaki başarısı %85.7 olarak bulunmuştur.

Mevcut literatüre bakıldığında KIBT görüntüleriyle derin öğrenmeyi ve YZ kullanarak PR görüntüleri üzerinden gömülü maksiller kanin dişlerin yer tespiti incelenmiştir. Ancak gömülü maksiller kanin dişlerin tespiti için hem PR hem de KIBT görüntüleriyle YZ'yi birleştiren ve bizim araştırdığımız üç temel problemi bulmak için çeşitli model mimarileri kullanan başka bir çalışma mevcut değildir.

Özellik çıkarımı model ağının eğitimi sırasında gerçekleşir ve bu çıkarımın daha iyi şekilde yapılabilmesi için uygun alanda derin öğrenme ağının kullanılması gerekmektedir (Doğan ve Türkoğlu, 2019). Problemin yapısı, tercih edilen modeli belirlemektedir. Diş hekimliği radyoloji alanında derin öğrenme algoritmaları nesne

tespiti, sınıflandırma ve segmentasyon için kullanılmaktadır (McBee ve ark., 2018). Bu görevlerin daha iyi yapılabilmesi için uygun derin öğrenme algoritmalarının seçilmesi gerekmektedir.

ESA algoritmalarının eğitimi için kullanılan veri setindeki görsellerin region of interest'leri (ROI) uygun boyutlarda olmalıdır ve derin öğrenme mimarisinin en iyi sonuçları verebilmesi için gereksiz görsel bilgileri içermeyen ROI boyutu seçilmelidir (Peretz ve ark., 2012). Boyut olarak küçük alınan ROI'ler gerekli bilgileri içermeyen, büyük ROI'ler gereksiz ve yanlış bilgi barındırır, bu yüzden gerekli eğitim verilemez (Hiraiwa ve ark., 2019; Dibeh ve ark., 2018). Kısacası uygun bir ROI alanı belirlemek sonuçların doğruluğunu artırır ve bu işlem çoğunlukla manuel olarak yapılır (Kong ve ark., 2020 ; Abdi ve ark.,2015). Bizim tezimizde de gömülü kanin dişleri doğru teşhis edebilmek ve gereksiz alanları görmemek için ROI alanı manuel etiketleme ile belirlendi ve süreç ayrıntılı olarak açıklandı.

2024 yılında yapılan bir çalışmada gömük maksiller kanin dişin kesici dişte sebep olduğu kök rezorbsiyonları 50 KIBT görüntüsü üzerinden 34'ü rezorbe diş olacak şekilde 176 ROI alanı kullanılarak incelendi. Model eğitimi için beş farklı strateji kullanıldı. ResNet için %82 başarı oranı bulundu. Çalışma ümit verici olsada örneklem sayısının az sayıda olması gelecekte daha kapsamlı çalışma yapılması gerektiğini göstermektedir (Pirayesh ve ark.,2024).

Radyolojik görüntüler, hastalıkları teşhis etmede klinik muayeneyi takiben önemli bir rol oynamaktadır. Ancak düşük kontrast ve net olmayan görüntüler radyolojik incelemenin yanlış yorumlanmasına sebep olmaktadır (Kurt ve ark., 2012). Görüntünün kalitesini artırmak daha iyi radyolojik yorumlamayı sağlarken; kontrast geliştirme görüntü analizi, nesne algılama ve görüntü bölümlenme gibi görevlerin performansını iyileştirmek için de kullanılmaktadır (Campos ve ark., 2019). Görüntü netliğini sağlamak

için gürültü giderme ve kontrast geliştirme işlemleri yapılabilir (Campos ve ark., 2019). Görüntü geliştirme, diğer otomatik görüntü işleme adımları için daha iyi girdi sağlamak amacıyla görüntülerdeki bilgilerin yorumlanmasını veya algılanmasını iyileştirmektir (Kurt ve ark., 2012). Yapılan bir araştırmada tıbbi görüntülerin geliştirilmesinde kullanılan çeşitli yöntemler test edilip karşılaştırılmış ve CLAHE yönteminin görüntülerdeki kontrastı artırmada daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir (Panetta ve ark., 2021; Koonsanit ve ark., 2017). Çalışmamızda ise retrospektif olarak HBYS Diş Otomasyon Sistemimizde ve Teletıp Sisteminde PR görüntüleri “bitmap” formatında indirildi ve popüler bir yöntem olan CLAHE kullanılarak görüntülerde kontrast ayarlaması yapıldı.

Derin öğrenme tabanlı CNN'lerin gömülü dişlerin sınıflandırılması veya segmentasyonu için uygulanması konusunda sınırlı araştırma yürütülmüştür. YZ alanında yapılan çalışmalarda, algoritmaların tanı performanslarının eşdeğer olduğu uzmanlar tarafından doğrulanmıştır (Ekert ve ark., 2019; Tuzoff ve ark., 2019; Fukuda ve ark., 2020; Lee ve ark., 2020). CNN kullanılarak PR'ler üzerinde yapılan teşhis ile uzman radyolog tarafından yapılan teşhisin karşılaştırılabilir düzeyde doğrulukta elde edildiği belirlenmiştir (Poedjiastoeti & Suebnukarn, 2018).

Kuwada ve ark. (2020) PR görüntülerinde maksiller gömülü süpernümerer dişleri tespit etmek ve sınıflandırmak için üç CNN sisteminin (DetectNet, VGG-16, AlexNet) performansını değerlendirmiş ve %96 ile DetectNet'in en yüksek performansa sahip olduğunu bulmuştur (Kuwada ve ark., 2020). Bir başka çalışmada ise derin evrişimli sinir ağları kullanarak PR görüntülerinde gömülü dişlerin tespiti için (gömülü köpek dişleri dahil) U-net modeli kullandı ve %99,82'lik bir doğruluk elde edildi (Imak ve ark.,2023).

2024 yılında yapılan bir çalışmada ise 200 KIBT görüntüsü taranarak 100 görüntü segmente edildi. Horizontal, vertikal ve oblik pozisyondaki maksiller gömülü kanin dişler

50 eğitim seti ve 50 test seti olmak üzere CNN modelinde eğitildi ve başarılı sonuçlar elde edildi (Swaity ve ark., 2024).

Farklı gömülü dişleri tespit etmek için de çeşitli mimarilerden yararlanılarak çalışmalar yapılmıştır. Faure ve ark.'nın yaptığı çalışmada ResNet101 ile Faster-RCNN kullanılarak gömülü dişleri otomatik olarak teşhis etmek için bir yöntem önerildi ve %51,7 ile %88,9 arasında doğrulukta gömülü dişler belirlendi (Faure et al., 2021). Bir başka çalışmada ise PR'de gömülü dişler için 796 gömülü diş sahip Inception v2'ye dayanan bir model önerildi (Başaran et al., 2021). Yine diş tiplerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada yedi farklı derin öğrenme mimarisi kullanılmış ve kanin dişini en doğru tespit eden model %88,96 ile ZNet olarak bulunmuştur (Çelik ve ark., 2024).

Bizim çalışmamızda ise gömülü maksiller kanin dişlerin pozisyon tespitinde on iki farklı mimari modelle çalışıldı. Bunlardan yüksek doğruluk sonucu veren altı farklı mimari (VGG16, EfficientNetV2B2, InceptionV3, EfficientNetV2B0, ResNet50 ve Resnet101) kullanıldı ve %88,61 ile VGG-16 en yüksek doğruluk sonucu verirken; %83.77 ile yüksek doğrulukta en düşük oranı Resnet101 verdi. Bu mimarilerin fusion değerleri %90,90 olarak bulundu. Yine gömülü maksiller kanin dişlerin pozisyon tespitinde düşük doğruluk sonucu veren altı farklı mimari (DenseNet201, MobileNetV2, ResNet152V2, ResNet101V2, ResNet152 ve DenseNet121) kullanıldı ve %83,08 ile DenseNet201 düşük doğrulukta en yüksek doğruluk sonucu verirken; %79.97 ile düşük doğrulukta en düşük oranı DenseNet121 verdi. Bu mimarilerin fusion değerleri %87,40 olarak bulundu.

YZ kullanılarak gömülü ve normal pozisyonda sürmüş olan kanin dişler karşılaştırılarak çalışmalar yapılmıştır. Bir çalışmada SqueezeNet mimarisine sahip evrişimli bir sinir ağı, ilk olarak MATLAB programı ile sınıflandırma için eğitildi. Bu sınıflama için 91 tane gömülü ve 91 tane de sürmüş kanin diş kullanıldı. Ancak veri sayısı

az olduğu için PR'ler üzerindeki görüntülerde kırpmalar yapıldı. Bu da yeterli olmayınca önemli anatomik noktalar (maksiller santral dişler, lateral kesici dişler, köpek dişleri, küçük azı dişleri, burun bölgesi ve mandibular ramus bölgesi) YZ' ye öğretildi, daha sonra tekrar etiketleme yapıldı. Böylece kırılan görüntülerdeki başarı oranı artırılmış oldu (Abdülkreem ve ark., 2024). Bizim çalışmamızda da maksiller gömülü kanin dişin komşu dişte rezorbsiyon veya dentoalveoler yapılar da patolojik bir oluşum meydana getirip getirmediğini iki sınıf şeklinde incelemek için görüntüler diş apeks bölgesinden kırıldı ve %88,59 fusion oranıyla başarılı tahmin yapıldı.

Bizim çalışmamızda da maksiller gömülü kanin dişlerin konum tespit ilişkisi, derin öğrenme algoritmaları aracılığıyla en az %90 olarak yüksek başarı oranında tahmin edildi. Gelecekte yapılacak YZ uygulamalarıyla performans metriklerinin başarı oranının %100 oranına ulaşması durumunda, klinik pratiğinde maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyon özelliklerinin otomatik olarak sınıflandırılması mümkün olacaktır.

Çalışmamızın bazı sınırlamaları da mevcuttur. Artefaktlı görüntüler, maksiller kanin dişlerin görüntülenmesine engel olan dento-alveoler patoloji varlığı, konjenital sendrom, kraniyofasiyal sendrom, dudak damak yarığı, kraniyofasiyal bölge kemik hastalıkları ve kraniyofasiyal bölgede patolojileri bulunan vakalar, ortognatik cerrahi görmüş hastaların görüntüleri veri setine dahil edilmemiştir. Çalışmamızın dar bir popülasyonda yapılmış olması limitasyonumuzdur. İlerleyen dönemlerde yapılacak olan çalışmalarda, çalışmaya dahil etme kriterleri daha kapsamlı olacak şekilde çalışılı, daha geniş bir popülasyon üzerinde uygulanarak klinik pratik açısından daha verimli YZ algoritmaları elde edilmesi düşünülebilir.

Çalışmamızda veri setini oluşturan görüntüler aynı panoramik cihazında, aynı parametrelerle çekilen görüntülerden oluşmaktadır. Farklı cihazlar ve farklı çekim parametreleri uygulanarak elde edilecek görüntülerle yapılacak olan çalışmalar ile daha

etkin YZ modelleri elde edilebilir. Ayrıca elde edilen YZ modellerinin başarısının daha iyi değerlendirilebilmesi için eksternal test veri seti kullanılması önerilmektedir.

Bir diğer sınırlama ise eğitimin sadece maksiller gömülü kanin dişlere yapılıp, çalışmaya herhangi bir başka gömülü dişin dâhil edilmemesidir. Ayrıca yapılan açılı ölçümlerinin kanin diş için standart olmayıp gömülü 3.büyük azı dişi için uygulanan Winter açısının bu diş için uygulanmasıdır.

Çalışmamızda görüntüler tek bir araştırma görevlisi tarafından değerlendirilmiştir. Hem gözlemci sayısı artırılarak hem de diş hekimliğindeki farklı branşlardan ve farklı klinik deneyimlere sahip olan diş hekimleri seçilerek başarı kıyaslaması yapılabilir.

Çalışmamıza kök gelişimi tamamlanmamış dişler dâhil edilmemiştir. Ancak klinik rutinde bu dişlere de cerrahi işlem uygulanabilmektedir. Bu yüzden bu dişler de veri setine dâhil edilerek çalışmanın kapsamı genişletilebilir.

Bu tez çalışmasında, maksiller gömük kanin dişlerin ilişkisinin incelenmesinde PR verileriyle eğitilmiş YZ algoritmaları yüksek performans sergilemiştir. Gelecekteki YZ çalışmalarında veri setinde intraoral radyografi teknikleri veya KIBT, MR gibi ileri görüntüleme teknikleri kullanılarak çalışmanın kapsamı genişletilebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, maksiller gömülü kanin dişlerin pozisyon tesbiti için beta açıları bulunarak winter sınıflaması yapıldı ve dişler vertikal-mesioanguler-horizontal olarak gruplandırıldı. Oluşturulan bu veri setleri için yüksek doğruluk ve düşük doğruluk sonucu veren derin öğrenme algoritmaları kullanıldı. Yüksek doğruluk için VGG16, EfficientNetV2B2, InceptionV3, EfficientNetV2B0, ResNet50 ve Resnet101 mimarileri kullanılırken, düşük doğruluk için ise DenseNet201, MobileNetV2, ResNet152V2, ResNet101V2, ResNet152 ve DenseNet121 mimarileri kullanıldı. Kullanılan algoritmaların verileri ile sınıflandırmadaki başarılarının belirlenmesi hedeflendi. Çalışmanın sonuçlarına göre;

- Maksiller gömük kanin dişin pozisyonu için üç sınıflı sınıflandırma performanslarına bakıldığında veri setinde modellerin performans metriklerine bağlı fusion doğruluk değerinin yüksek doğruluk sonucu %90,9 iken farklı modeller kullanılarak bulunan düşük doğruluk sonucu %87,4 olarak belirlendi.
- Maksiller gömük kanin dişin pozisyonunda üç sınıflı ilişkin belirlenmesinde, yüksek doğruluk için VGG16 modelinin tahmin başarısı diğer modellere göre yüksekken düşük doğruluk için ise DenseNet201 modeli en başarılıydı. Üç sınıflı ilişkin belirlenmesinde her bir modelin tahmin etiketleri kullanılarak elde edilen fusion sonucunda ise modellerin tek tek performansına göre daha fazla başarı elde edildi.
- Maksiller gömülü kanin dişin palatine mi yoksa bukkale mi daha yakın olduğunu iki sınıflı ilişki ile belirlenmesinde, ResNet101V2 modelinin tahmin başarısı diğer modellere göre yüksekti. İki sınıflı ilişkin belirlenmesinde her

bir modelin tahmin etiketleri kullanılarak elde edilen fusion sonucunda ise modellerin tek tek performansına göre daha fazla başarı elde edildi.

- Maksiller gömülü kanin dişin komşu dentoalveoler yapılarda rezorbsiyon gibi herhangi bir patolojiye neden olup olmadığını belirten iki sınıflı ilişkiye göre, Xception modelinin tahmin başarısı diğer modellere göre yüksekti. İki sınıflı ilişkinin belirlenmesinde her bir modelin tahmin etiketleri kullanılarak elde edilen fusion sonucunda ise modellerin tek tek performansına göre daha fazla başarı elde edildi.
- Çalışmamızda maksiller kanin dişler PR'lerin YZ ile başarılı bir şekilde tespit edildiği görüldü. Elde edilen sonuçlara göre maksiller kanin dişlerin tedavisi sırasında komşu dentoalveoler yapıları etkileyebilecek durumlar rutin olarak alınan PR'ilerin YZ ile tahmin edilerek, YZ destekli sistemlerin klinik pratiğe olumlu yönde katkı sağlayabileceğini gösterdi.
- PR'ler kullanarak yapılan preoperatif değerlendirmede maksiller gömülü kanin dişler ile anatomik oluşumlar arasındaki ilişkinin net olarak anlaşılmadığı durumlarda ortaya çıkması muhtemel olan komplikasyonların önlenmesi amacıyla KIBT kullanımının daha efektif olacağı sonucuna varılmıştır.
- Klinikte sık uygulanan işlemler arasında yer alan diş çekimleri öncesinde klinik muayeneye ek olarak radyolojik değerlendirme yapılması da gerekir. Böylelikle dişlerin konumu ve çevre yapılarla ilişkisi de değerlendirilebilir. Maksiller gömülü kanin dişlerin çekiminde anatomik oluşumlara olan komşulukları nedeniyle dikkatli olunmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdi, A.H., Kasaei, S., Mehdizadeh, M. (2015). Automatic segmentation of mandible in panoramic x-ray. *Journal of Medical Imaging.* ; 2: 044003.
- Abdulkreem, A., Bhattacharjee, T., Alzaabi, H., Alali, K., Gonzalez, A., Chaudhry J., et al. (2024). Artificial intelligence-based automated preprocessing and classification of impacted maxillary canines in panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology.* 53(3):173-177.
- Aboudara C.A., Hatcher. D., Nielsen I. L., & Miller A. (2003). A three-dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. *Orthodontics and Craniofacial Research.* (1):173-175.
- Alberto, P. (2020). Surgical exposure of impacted teeth. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 32(4), 561-570.
- Alejos-Montante, K., Martínez-Zumarán, A., Torre-Delgadillo, G., Rosales-Berber, MA., Garrocho-Rangel, A., & Pozos-Guillén A. (2019). Early identification of permanent maxillary canine impaction: A radiographic comparative study in a Mexican population. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry.* 11(3):282-6
- Alemam, A. A., Alhaija, E. S. A., Mortaja, K., & AlTawachi, A. (2020). Incisor root resorption associated with palatally displaced maxillary canines: Analysis and prediction using discriminant function analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 157(1), 80-90.
- Alqerban, A., Hedesiu, M., Baciut, M., Nackaerts, O., Jacobs, R., Fieuws, S., Sedentex C.T., & Willems, G. (2013). Pre-surgical treatment planning of maxillary canine impactions using panoramic vs cone beam CT imaging. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(9), 20130157.

- Alqerban, A., Jacobs, R., Fieuws, S., & Willems, G. (2011). Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. *The European Journal of Orthodontics*, 33(1), 93-102.
- An, S., Wang, J., Li, J., Cheng, Q., Jiang, C. M., Wang, Y. T., Huang, Y. F., Yu, W.J., Gou, Y.C., & Xiao, L. (2013). Comparison of methods for localization of impacted maxillary canines by panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(8), 20130129.
- Anderson, D., & McNeill, G. (1992). Artificial neural networks technology. *Kaman Sciences Corporation*, 258(6), 1-83.
- Ariji, Y., Yanashita, Y., Kutsuna, S., Muramatsu, C., Fukuda, M., Kise, Y., Nozawa, M., Kuwada, C., Fujita, H., Katsumata, A., & Ariji, E. (2019). Automatic detection and classification of radiolucent lesions in the mandible on panoramic radiographs using a deep learning object detection technique. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 128(4), 424-430.
- Aslan, E. (2014). Yabancı dil öğretiminde robot öğretmenler. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty*, 33(1), 15-26.
- Ataseven, B. (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellenmesi. *Öneri Dergisi*, 10(39), 101-115.
- Atıncı, Y. (2002). *Yapay Zeka* (7 ed.). İnkilap Kitabevi Yayın San. Tic. A.Ş.
- Azaz, B., & Shteyer, A. (1978). Resorption of the crown in impacted maxillary canine: a clinical, radiographic and histologic study. *International Journal of Oral Surgery*, 7(3), 167-171.
- Baccetti, T. (1998). A controlled study of associated dental anomalies. *The Angle Orthodontist*, 68(3), 267-274.

- Bakland, L. K. (1992). Root resorption. *Dental Clinics of North America*, 36(2), 491-507.
- Bariş, K. (2012). Transfer öğrenmede yeni yaklaşımlar (Tez No. 315854) [Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Bass, T.B. (1967). Observations on the misplaced upper canine tooth. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 18, 25-33.
- Başaran, M., Çelik, Ö., Bayrakdar, IS, Bilgir, E., Orhan, K., Odabaş, A. (2021). Derin öğrenme yapay zeka sistemi kullanılarak panoramik radyografinin tanısal grafiklenmesi. *Oral Radiol.*1-7.
- Baydilli, Y. Y. (2020). Derin öğrenme yöntemleri ile periferik yayma görüntülerinin analizi ve sınıflandırılması (Tez No. 635438) [Doktora tezi, Karabük Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Bayrakdar, S., Orhan, K., Bayrakdar, I. S., Bilgir, E., Ezhov, M., Gusarev, M., & Shumilov, E. (2021). A deep learning approach for dental implant planning in cone-beam computed tomography images. *BMC Medical Imaging*, 21(1), 86.
- Becker, A., & Chaushu, S. (2015). Etiology of maxillary canine impaction: a review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(4), 557-567.
- Becker, A., Smith, P., & Behar, R. (1981). The incidence of anomalous maxillary lateral incisors in relation to palatally-displaced cuspids. *The Angle Orthodontist*, 51(1), 24-29.
- Becker, A., Zilberman, Y., & Tsur, B. (1984). Root length of lateral incisors adjacent to palatally-displaced maxillary cuspids. *The Angle Orthodontist*, 54(3), 218-225.
- Becker, A. (1995). In defense of the guidance theory of palatal canine displacement. *The Angle Orthodontist*, 65(2), 95-98.

- Becker, A. (2022). Palatally impacted canines. *Orthodontic Treatment of impacted teeth*, 147-214.
- Becker, A. (2007). The orthodontic treatment of impacted teeth. Informa Healthcare. 2.baskı, 1-228.
- Becker, A. (1998). The Orthodontic Treatment of Impacted Teeth. United Kingdom: Martin Dunitz Ltd.
- Bedoya, M. M., & Park, J. H. (2009). A review of the diagnosis and management of impacted maxillary canines. *The Journal of the American Dental Association*, 140(12), 1485-1493.
- Bengio, Y. (2009). Learning deep architectures for AI. *Foundations and trends® in Machine Learning*, 2(1), 1-127.
- Best, M. L., & Wade, K. W. (2009). The Internet and Democracy: Global catalyst or democratic dud?. *Bulletin of science, technology & society*, 29(4), 255-271.
- Bishara, S. E., Kommer, D. D., McNeil, M. H., Montagano, L. N., Oesterle, L. J., & Youngquist, H. W. (1976). Management of impacted canines. *American Journal of Orthodontics*, 69(4), 371-387.
- Bishara, S. E., & Ortho, D. (1992). Impacted maxillary canines: a review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 101(2), 159-171.
- Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford university press.
- Brin, I., Becker, A., & Shalhav, M. (1986). Position of the maxillary permanent canine in relation to anomalous or missing lateral incisors: a population study. *The European Journal of Orthodontics*, 8(1), 12-16.
- Brin, I., Solomon, Y., & Zilberman, Y. (1993). Trauma as a possible etiologic factor in maxillary canine impaction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 104(2), 132-137.

- Brodetska, L., Natrus, L., Lisakovska, O., Kaniura, O., Iakovenko, L., Skrypnyk, I. and Flis, P. (2020). The regulatory role of the RANKL/RANK/OPG signaling pathway in the mechanisms of tooth eruption in patients with impacted teeth. *BMC Oral Health*, 20, 1-10.
- Buduma, N., & Lacascio, N. (2017). *Fundamentals of deep learning designing next generation machine intelligence algorithms with contributions by nicholas locascio* (2nd ed.). O'Reilly Media.
- Campos, G. F. C., Mastelini, S. M., Aguiar, G. J., Mantovani, R. G., Melo, L. F. D. and Barbon, S., (2019). Machine learning hyperparameter selection for contrast limited adaptive histogram equalization. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2019, 1-18.
- Cantu, A. G., Gehrung, S., Krois, J., Chaurasia, A., Rossi, J. G., Gaudin, R., & Schwendicke, F. (2020). Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning. *Journal of Dentistry*, 100, 103425.
- Casalegno, F., Newton, T., Daher, R., Abdelaziz, M., Lodi-Rizzini, A., Schürmann, F., Krejci, I., & Markram, H. (2019). Caries detection with near-infrared transillumination using deep learning. *Journal of dental research*, 98(11), 1227-1233.
- Celtikci, E. (2018). A systematic review on machine learning in neurosurgery: the future of decision-making in patient care. *Turk Neurosurg*, 28(2), 167-173.
- Cernochova, P., Krupa, P., Izakovicova-Holla, L. (2011). Root resorption associated with ectopically erupting maxillary permanent canines: a computed tomography study. *Eur J Orthod*. 33:483-91.
- Cevidanes, L. H., Styner, M. A., & Proffit, W. R. (2006). Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography

- models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129(5), 611-618.
- Chaushu, S., Becker, A., & Chaushu, G. (1999). Reliability of a method for the localization of displaced maxillary canines using a single panoramic radiograph. *Clinical Orthodontics and Research*, 2(4), 194-199.
- Chaushu, S., Kaczor-Urbanowicz, K., Zadurska, M., & Becker, A. (2015). Predisposing factors for severe incisor root resorption associated with impacted maxillary canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 147(1), 52-60.
- Chen, B., & Ning, R. (2002). Cone-beam volume CT breast imaging: Feasibility study. *American Association of Physicists in Medicine*, 29(5), 755-770.
- Chen S, Wang L, Li G, Wu TH, Diachina S, Tejera B, Kwon JJ, Lin FC, Lee YT, Xu T, Shen D, Ko CC. Machine learning in orthodontics: *Introducing a 3D auto-segmentation and auto-landmark finder of CBCT images to assess maxillary constriction in unilateral impacted canine patients*. *Angle Orthod*. 2020 Jan;90(1):77-84.
- Cho, P. S., Johnson, R. H., & Griffin, T. W. (1995). Cone-beam CT for radiotherapy applications. *Physics in Medicine & Biology*, 40(11), 1863.
- Chu, F. C. S., Li, T. K. L., Lui, V. K. B., Newsome, P. R. H., Chow, R. L. K., & Cheung, L. K. (2003). Prevalence of impacted teeth and associated pathologies-a radiographic study of the Hong Kong Chinese population. *Hong Kong Medical Journal*. 9(3):158-63.
- Chu, P., Bo, C., Liang, X., Yang, J., Megalooikonomou, V., Yang, F., & Ling, H. (2018, July). Using octuplet siamese network for osteoporosis analysis on dental panoramic radiographs. In *2018 40th Annual International Conference of the*

IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 2579-2582).
IEEE.

- Chung, D. D., Weisberg, M., & Pagala, M. (2011). Incidence and effects of genetic factors on canine impaction in an isolated Jewish population. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(4), e331-e335.
- Clark, C. A. (1910). A method of ascertaining the relative position of unerupted teeth by means of film radiographs. 3:87-90.
- Cooke, M. E., & Nute, S. J. (2005). Maxillary premolar resorption by canines: three case reports. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 15(3), 210-212.
- Coulter, J., & Richardson, A. (1997). Normal eruption of the maxillary canine quantified in three dimensions. *European Journal of Orthodontics*, 19(2), 171-183.
- Çelik, B., Genç, MZ., Çelik, ME. (2024). Panoramik Radyograflarda Diş Tiplerinin Sınıflandırılması için Derin Öğrenme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *EMO Bilimsel Dergi*, Cilt:14 Sayı:1, 87-95.
- D' Oleo-Aracena, M. F., Arriola-Guillén, L. E., Rodríguez-Cárdenas, Y. A., & Ruíz-Mora, G. A. (2017). Skeletal and dentoalveolar bilateral dimensions in unilateral palatally impacted canine using cone beam computed tomography. *Progress in Orthodontics*, 18, 1-7.
- da Silva Santos, L. M., Bastos, L. C., Oliveira-Santos, C., Da Silva, S. J. A., Neves, F. S., & Campos, P. S. F. (2014). Cone-beam computed tomography findings of impacted upper canines. *Imaging Science in Dentistry*, 44(4), 287.
- Dağsuyu, İ. M., Kahraman, F., & Okşayan, R. (2018). Three-dimensional evaluation of angular, linear, and resorption features of maxillary impacted canines on cone-beam computed tomography. *Oral Radiology*, 34, 66-72.

- De Andrade, P. F., Silva, J. N. N., Sotto-Maior, B. S., Ribeiro, C. G., Devito, K. L., & Assis, N. M. S. P. (2017). Three-dimensional analysis of impacted maxillary third molars: A cone-beam computed tomographic study of the position and depth of impaction. *Imaging science in dentistry*, 47(3), 149-155.
- De Tobel, J., Radesh, P., Vandermeulen, D., & Thevissen, P. W. (2017). An automated technique to stage lower third molar development on panoramic radiographs for age estimation: a pilot study. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 35(2), 42.
- Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep learning: methods and applications. *Foundations and trends® in signal processing*, 7(3–4), 197-387.
- Devito, K. L., de Souza Barbosa, F., & Felipe Filho, W. N. (2008). An artificial multilayer perceptron neural network for diagnosis of proximal dental caries. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(6), 879-884.
- Dibeh G, Hilal A, Charara J. A novel approach for dental panoramic radiograph segmentation. 2018 IEEE International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET). 2018; 19: 1–6.
- Doğan, F. ve Türkoğlu, İ., (2019). Derin öğrenme modelleri ve uygulama alanlarına ilişkin bir derleme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(2), 409-445.
- Doğramacı, E.J., Sherriff, M., Rossi-Fedele, G., McDonald, F. (2015). Location and severity of root resorption related to impacted maxillary canines: a cone beam computed tomography (CBCT) evaluation. *Aust Orthod J.* 31:49-58.

- Dong, H. W., Xu, S. T., Yu, Y. J., & Liang, Q. (2016). Root shape changes of impacted upper central incisor before and after orthodontic traction. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue= Shanghai Journal of Stomatology*, 25(1), 72-76.
- Drage, N. A., & Sivarajasingam, V. (2009). The use of cone beam computed tomography in the management of isolated orbital floor fractures. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 47(1), 65-66.
- Du, X., Chen, Y., Zhao, J., & Xi, Y. (2018, July). A convolutional neural network based auto-positioning method for dental arch in rotational panoramic radiography. In *2018 40th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC)* (pp. 2615-2618). IEEE.
- Dubovská, I., Heřmánek, J., Urbanová, M. W., Borbély, M. P., Krejčí, M. P., & Kotas, M. M. (2015). Lateral incisor morphology in patients with impacted canine: a CT study. *IOSR Journal of Medical and Dental Sciences*, 14, 1-5.
- Ekert, T., Krois, J., Meinhold, L., Elhennawy, K., Emara, R., Golla, T., & Schwendicke, F. (2019). Deep learning for the radiographic detection of apical lesions. *Journal of endodontics*, 45(7), 917-922. e915.
- Elshawi, R., Wahab, A., Barnawi, A., & Sakr, S. (2021). DLBench: a comprehensive experimental evaluation of deep learning frameworks. *Cluster Computing*, 24, 2017-2038.
- Endres, M. G., Hillen, F., Salloumis, M., Sedaghat, A. R., Niehues, S. M., Quatela, O., & Gaudin, R. A. (2020). Development of a deep learning algorithm for periapical disease detection in dental radiographs. *Diagnostics*, 10(6), 430.
- Ericson, S., & Kurol, J. (1986). Radiographic assessment of maxillary canine eruption in children with clinical signs of eruption disturbance. *The European Journal of Orthodontics*, 8(3), 133-140.

- Ericson, S., & Kurol, J. (1987). Incisor resorption caused by maxillary cuspids: a radiographic study. *The Angle Orthodontist*, 57(4), 332-346.
- Ericson, S., & Kurol, J. (1988). Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. *European Journal of Orthodontics*, 10(4), 283-295.
- Ericson, S., & Kurol, J. (2000). Incisor root resorptions due to ectopic maxillary canines imaged by computerized tomography: a comparative study in extracted teeth. *The Angle Orthodontist*, 70(4), 276-283.
- Ericson, S., & Kurol, J. (2000). Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *The Angle Orthodontist*, 70(6), 415-423.
- Estai, M., Tennant, M., Gebauer, D., Brostek, A., Vignarajan, J., Mehdizadeh, M., & Saha, S. (2022). Evaluation of a deep learning system for automatic detection of proximal surface dental caries on bitewing radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 134(2), 262-270.
- Farman, A. G. (2007). Getting the most out of panoramic radiographic interpretation. In *Panoramic Radiology: Seminars on Maxillofacial Imaging and Interpretation*. Springer, Berlin Heidelberg, pp 1–5.
- Faure, J., Engelbrecht, A. (2021). *Yapay Sinir Ağları Üzerine Uluslararası Çalışma Konferansı*. Springer; Cham, İsviçre. Panoramik Radyografilerde Etkilenmiş Diş Tespiti; s. 525–536.
- Flores, A., Rysavy, S., Enciso, R., & Okada, K. (2009, June). Non-invasive differential diagnosis of dental periapical lesions in cone-beam CT. In *2009 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro* (pp. 566-569). IEEE.

- Fournier, A., Turcotte, J. Y., & Bernard, C. (1982). Orthodontic considerations in the treatment of maxillary impacted canines. *American Journal of Orthodontics*, *81*(3), 236-239.
- Franco A, Cornacchia AP, Moreira D, Miamoto P, Bueno J, Murray J, Heng D, Mânica S, Porto L, Abade A. Radiographic morphology of canines tested for sexual dimorphism via convolutional-neural-network-based artificial intelligence. *Morphologie*. 2024 Mar 8;108.
- Fukuda, M., Ariji, Y., Kise, Y., Nozawa, M., Kuwada, C., Funakoshi, T., & Ariji, E. (2020). Comparison of 3 deep learning neural networks for classifying the relationship between the mandibular third molar and the mandibular canal on panoramic radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, *130*(3), 336-343.
- Fukushima, K. (1975). Cognitron: A self-organizing multilayered neural network. *Biological Cybernetics*, *20*(3), 121-136.
- Fuss, Z., Tsisis, I., & Lin, S. (2003). Root resorption—diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental traumatology*, *19*(4), 175-182.
- Geetha, V., Aprameya, K. S., & Hinduja, D. M. (2020). Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network. *Health Information Science and Systems*, *8*, 1-14.
- Grayson, B. H., McCarthy, J. G., & Bookstein, F. (1983). Analysis of craniofacial asymmetry by multiplane cephalometry. *American Journal of Orthodontics*, *84*(3), 217-224.
- Grisar, K., Piccart, F., Al-Rimawi, A. S., Basso, I., Politis, C., & Jacobs, R. (2019). Three-dimensional position of impacted maxillary canines: Prevalence, associated

- pathology and introduction to a new classification system. *Clinical and Experimental Dental Research*, 5(1), 19-25.
- Grøn, A. M. (1962). Prediction of tooth emergence. *Journal of Dental Research*, 41(3), 573-585.
- Grybienė, V., Juozėnaitė, D., & Kubiliūtė, K. (2019). Diagnostic methods and treatment strategies of impacted maxillary canines: A literature review. *Stomatologija*, 21(1), 3-12.
- Guerrero, M. E., Jacobs, R., Loubele, M., Schutyser, F., Suetens, P., & van Steenberghe, D. (2006). State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clinical Oral Investigations*, 10, 1-7.
- Gupta, A., Kharbanda, O. P., Sardana, V., Balachandran, R., & Sardana, H. K. (2015). A knowledge-based algorithm for automatic detection of cephalometric landmarks on CBCT images. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 10, 1737-1752.
- Gupta, A., Kharbanda, O. P., Sardana, V., Balachandran, R., & Sardana, H. K. (2016). Accuracy of 3D cephalometric measurements based on an automatic knowledge-based landmark detection algorithm. *International Journal of computer Assisted Radiology and Surgery*, 11, 1297-1309.
- Hadler-Olsen, S., Pirttiniemi, P., Kerosuo, H., Bolstad Limchaichana, N., Pesonen, P., Kallio-Pulkkinen, S., & Lähdesmäki, R. (2015). Root resorptions related to ectopic and normal eruption of maxillary canine teeth—A 3D study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 73(8), 609-615.
- Han, D., Liu, Q., & Fan, W. (2018). A new image classification method using CNN transfer learning and web data augmentation. *Expert Systems with Applications*, 95, 43-56.

- Haney, E., Gansky, S.A., Lee, J.S., Johnson, E, Maki, K., Miller, A.J., Huang, J.C. (2010). Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*137: 590-597.
- Harorlı, A., Akgül, M., Yılmaz, B., Bilge, O. M., Dağistan, S., Çakur, B., & Sümbüllü, M. A. (2014). Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi. 1. baskı İstanbul; Nobel Tıp Kitapevleri Tic. Ltd. Şti, 484-500.
- Hassan, B. A. (2010). Reliability of periapical radiographs and orthopantomograms in detection of tooth root protrusion in the maxillary sinus: correlation results with cone beam computed tomography. *Journal of oral & maxillofacial research*, 1(1).
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 770-778).
- Hechler, S. L. (2008). Cone-beam CT: applications in orthodontics. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 809-823.
- Hegazy, M. A., Cho, M. H., Cho, M. H., & Lee, S. Y. (2019). U-net based metal segmentation on projection domain for metal artifact reduction in dental CT. *Biomedical Engineering Letters*, 9, 375-385.
- fukudaHitchin, A. D. (1956). The impacted maxillary canine. *Br. Dent. J.*, 100, 1-14.
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. (2018). Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer*, 18(8), 500-510.
- Hou, R., Kong, L., Ao, J., Liu, G., Zhou, H., Qin, R., & Hu, K. (2010). Investigation of impacted permanent teeth except the third molar in Chinese patients through an X-ray study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(4), 762-767.

- Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., & Adam, H. (2017). Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. *arXiv preprint arXiv:1704.04861*.
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 4700-4708).
- Hwang, J. J., Azernikov, S., Efros, A. A., & Yu, S. X. (2018). Learning beyond human expertise with generative models for dental restorations. *arXiv Preprint arXiv:1804.00064*.
- Incerti Parenti, S., Gatto, M. R., Gracco, A., & Alessandri Bonetti, G. (2013). Reliability of different methods for measuring the inclination of the maxillary canines on panoramic radiographs. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 16(3), 177-184.
- Imak, A., Çelebi, A., Polat, O., Türkoğlu, M., Şengür, A. (2023). ResMIBCU-Net: Panoramik X-ışını görüntülerinde gömülü diş segmentasyonu için kalıntı bloklar, modifiye edilmiş ters kalıntı blok ve iki yönlü ConvLSTM içeren bir kodlayıcı-kod çözücü ağı. *Oral. Radiol.*
- Ismail, A. F., Sharuddin, N. F. A., Asha'ari, N. H., Ali, M. A. M., Zainol, I. Z., Alotaibi, L. H., & Mallineni, S. K. (2022). Risk prediction of maxillary canine impaction among 9-10-Year-Old Malaysian children: a radiographic study. *BioMed Research International*.
- Jacobs, S. G. (1996). The impacted maxillary canine. Further observations on aetiology, radiographic localization, prevention/interception of impaction, and when to suspect impaction. *Australian Dental Journal*, 41(5), 310-316.
- Jacoby, H. (1983). The etiology of maxillary canine impactions. *American Journal of Orthodontics*, 84(2), 125-132.

- Jaskari, J., Sahlsten, J., Järnstedt, J., Mehtonen, H., Karhu, K., Sundqvist, O., & Kaski, K. (2020). Deep learning method for mandibular canal segmentation in dental cone beam computed tomography volumes. *Scientific Reports*, *10*(1), 5842.
- Joda, T., Yeung, A. W. K., Hung, K., Zitzmann, N. U., & Bornstein, M. M. (2021). Disruptive innovation in dentistry: what it is and what could be next. *Journal of Dental Research*, *100*(5), 448-453.
- Johnston, W. D. (1969). Treatment of palatally impacted canine teeth. *American Journal of Orthodontics*, *56*(6), 589-596.
- Jung, Y. H., Liang, H., Benson, B. W., Flint, D. J., & Cho, B. H. (2012). The assessment of impacted maxillary canine position with panoramic radiography and cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*, *41*(5), 356-360.
- Kaczor-Urbanowicz, K., Zadurska, M. and Czochrowska, E. (2016). Impacted Teeth: An Interdisciplinary Perspective. *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*, *25*(3), 575-585.
- Karadayı, B., Afşin, H., Ozaslan, A., & Karadayı, Ş. (2014). Development of dental charts according to tooth development and eruption for Turkish children and young adults. *Imaging Science in Dentistry*, *44*(2), 103.
- Karatas, O., Cakir, N. N., Ozsariyildiz, S. S., Kis, H. C., Demirbuga, S., & Gurgan, C. A. (2021). A deep learning approach to dental restoration classification from bitewing and periapical radiographs. *Quintessence International*, *52*(7), 568-574.
- Katsnelson, A., Flick, W. G., Susarla, S., Tartakovsky, J. V., & Miloro, M. (2010). Use of panoramic x-ray to determine position of impacted maxillary canines. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, *68*(5), 996-1000.
- Kau, C. H., Richmond, S., Palomo, J. M., & Hans, M. G. (2005). Current Products and Practice. *Journal of Orthodontics*, *32*(4).

- Kaya E, Gunec HG, Aydin KC, Urkmez ES, Duranay R, Ates HF. (2022). A deep learning approach to permanent tooth germ detection on pediatric panoramic radiographs. *Imaging Science in Dentistry*. 52: 275-281.
- Khanagar, S. B., Al-Ehaideb, A., Maganur, P. C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H. A., & Bhandi, S. (2021). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry—A systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 508-522.
- Khanna, S. S., & Dhaimade, P. A. (2017). Artificial intelligence: transforming dentistry today. *Indian Journal of Basic and Applied Medical Research*, 6(3), 161-167.
- Kılıc, M. C., Bayrakdar, I. S., Çelik, Ö., Bilgir, E., Orhan, K., Aydın, O. B., & Yılmaz, A. B. (2021). Artificial intelligence system for automatic deciduous tooth detection and numbering in panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(6), 20200172.
- Kim, Y., Lee, K. J., Sunwoo, L., Choi, D., Nam, C. M., Cho, J., & Kim, J. H. (2019). Deep learning in diagnosis of maxillary sinusitis using conventional radiography. *Investigative Radiology*, 54(1), 7-15.
- Killey, H. (1964). Possible sequelae when a tooth or root is dislodged into the maxillary sinus. *Br Dent J*, 116, 73-77.
- Kong Z, Xiong F, Zhang C, Fu Z, Zhang M, Weng J, et al. (2020). Automated maxillofacial segmentation in panoramic dental X-ray images using an efficient encoder-decoder network. *IEEE Access*. 8: 207822-207833.
- Koonsanit, K., Thongvigitmanee, S., Pongnapang, N. and Thajchayapong, P., (2017). Image enhancement on digital x-ray images using N-CLAHE. In 2017 10th Biomedical engineering international conference (BMEICON) (pp. 1-4).

- Krizhevsky, A., Sutskever, I. and Hinton, G. E., (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems. 1097–1105 (ACM, Lake Tahoe, Nevada, 2012).
- Kim E, Hwang JJ, Cho BH, Lee E, Shin J. Classification of presence of missing teeth in each quadrant using deep learning artificial intelligence on panoramic radiographs of pediatric patients. *J Clin Pediatr Dent*. 2024 May;48(3):76-85.
- Kise, Y., Ikeda, H., Fujii, T., Fukuda, M., Ariji, Y., Fujita, H., & Ariji, E. (2019). Preliminary study on the application of deep learning system to diagnosis of Sjögren's syndrome on CT images. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(6), 20190019.
- Kök, H., Aşık, S. (2020). Gömülü üst çene kanin dişlerin konik ışınli bilgisayarlı tomografi ve panoramik radyograf ile değerlendirilmesi: Bir retrospektif çalışma. *Selcuk Dent J*. 7:396-405.
- Krenker, A., Beşter, J., & Kos, A. (2011). Introduction to the artificial neural networks. *Artificial Neural Networks: Methodological Advances and Biomedical Applications. InTech*, 1-18.
- Krois J, Schneider L, Schwendicke F. Impact of Image Context on Deep Learning for Classification of Teeth on Radiographs. *J Clin Med*. 2021 Apr 12;10(8):1635.
- Kumar, S., Mehrotra, P., Bhagchandani, J., Singh, A., Garg, A., Kumar, S., & Yadav, H. (2015). Localization of impacted canines. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 9(1), ZE11.
- Kurt, B., NabiyeV, V. V. and Turhan, K., (2012). Medical images enhancement by using anisotropic filter and clahe. In 2012 International symposium on innovations in intelligent systems and applications (pp. 1-4).

- Kuwada, C., Ariji, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Fujita, H., Katsumata, A., & Ariji, E. (2020). Deep learning systems for detecting and classifying the presence of impacted supernumerary teeth in the maxillary incisor region on panoramic radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 130(4), 464-469.
- Kuwana, R., Ariji, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Nozawa, M., Kuwada, C., & Ariji, E. (2021). Performance of deep learning object detection technology in the detection and diagnosis of maxillary sinus lesions on panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(1), 20200171.
- Kwak, G. H., Kwak, E. J., Song, J. M., Park, H. R., Jung, Y. H., Cho, B. H., & Hwang, J. J. (2020). Automatic mandibular canal detection using a deep convolutional neural network. *Scientific Reports*, 10(1), 5711.
- Lahoud, P., EzEldeen, M., Beznik, T., Willems, H., Leite, A., Van, Gerven, A, et al. (2021). Artificial Intelligence for Fast and Accurate 3-Dimensional Tooth Segmentation on Cone-beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*. 2021;47(5):827-35.
- Lai, CS., Suter, VG., Katsaros, C., Bornstein, MM. (2014). Localization of impacted maxillary canines and root resorption of neighbouring teeth: a study assessing the diagnostic value of panoramic radiographs in two groups of observers. *Eur J Orthod*. 36:450-6.
- Langberg, B. J., & Peck, S. (2000). Adequacy of maxillary dental arch width in patients with palatally displaced canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 118(2), 220-223.
- Lappin, M. M. (1951). Practical management of the impacted maxillary cuspid. *American Journal of Orthodontics*, 37(10), 769-778.

- Lee, J. H., Kim, D. H., Jeong, S. N., & Choi, S. H. (2018). Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 48(2), 114-23.
- Lee, J. S., Adhikari, S., Liu, L., Jeong, H. G., Kim, H., & Yoon, S. J. (2019). Osteoporosis detection in panoramic radiographs using a deep convolutional neural network-based computer-assisted diagnosis system: a preliminary study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(1), 20170344.
- Lee, K. S., Jung, S. K., Ryu, J. J., Shin, S. W., & Choi, J. (2020). Evaluation of transfer learning with deep convolutional neural networks for screening osteoporosis in dental panoramic radiographs. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2), 392.
- Leite, AF., Van, Gerven, A., Willems, H., Beznik, T., Lahoud, P., Gaêta-Araujo, H. et al. (2021). Artificial intelligence-driven novel tool for tooth detection and segmentation on panoramic radiographs. *Clinical oral investigations*. 25(4):2257-67.
- Leonardi, R., Muraglie, S., Crimi, S., Pirroni, M., Musumeci, G., & Perrotta, R. (2018). Morphology of palatally displaced canines and adjacent teeth, a 3-D evaluation from cone-beam computed tomographic images. *BMC Oral Health*, 18, 1-9.
- Leonardi, R., Peck, S., Caltabiano, M., & Barbato, E. (2003). Palatally displaced canine anomaly in monozygotic twins. *The Angle Orthodontist*, 73(4), 466-470.
- Li, H., Wu, X. J., & Durrani, T. S. (2019). Infrared and visible image fusion with ResNet and zero-phase component analysis. *Infrared Physics & Technology*, 102, 103039.

- Liang, K., Zhang, L., Yang, H., Yang, Y., Chen, Z., & Xing, Y. (2019). Metal artifact reduction for practical dental computed tomography by improving interpolation-based reconstruction with deep learning. *Medical Physics*, *46*(12), e823-e834.
- Lim, K., Moles, D. R., Downer, M. C., & Speight, P. M. (2003). Opportunistic screening for oral cancer and precancer in general dental practice: results of a demonstration study. *British Dental Journal*, *194*(9), 497-502.
- Lin, P. L., Huang, P. W., Huang, P. Y., & Hsu, H. C. (2015). Alveolar bone-loss area localization in periodontitis radiographs based on threshold segmentation with a hybrid feature fused of intensity and the H-value of fractional Brownian motion model. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *121*(3), 117-126.
- Lin, P. L., Huang, P. Y., & Huang, P. W. (2017). Automatic methods for alveolar bone loss degree measurement in periodontitis periapical radiographs. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *148*, 1-11.
- Lindauer, S. J., Rubenstein, L. K., Hang, W. M., Andersen, W. C., & Isaacson, R. J. (1992). Canine impaction identified early with panoramic radiographs. *The Journal of the American Dental Association*, *123*(3), 91-97.
- Liu, D. G., Zhang, W. L., Zhang, Z. Y., Wu, Y. T., & Ma, X. C. (2008). Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, *105*(1), 91-98.
- Liuk, W., Olive, R. J., Griffin, M., & Monsour, P. (2013). Maxillary lateral incisor morphology and palatally displaced canines: a case-controlled cone-beam volumetric tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *143*(4), 522-526.

- Lofthag-Hansen, S., Huuonen, S., Gröndahl, K., & Gröndahl, H. G. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103(1), 114-119.
- Lopes, L. J., Gamba, T. O., Bertinato, J. V., & Freitas, D. Q. (2016). Comparison of panoramic radiography and CBCT to identify maxillary posterior roots invading the maxillary sinus. *Dentomaxillofac Radiol*, 45(6), 20160043.
- Machinery, C. (1950). Computing machinery and intelligence-AM Turing. *Mind*, 59(236), 433.
- Mah, J. K., Danforth, R. A., Bumann, A., & Hatcher, D. (2003). Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(4), 508-513.
- Maltarollo, V. G., Honório, K. M., & da Silva, A. B. F. (2013). Applications of artificial neural networks in chemical problems. *Artificial Neural Networks-Architectures and Applications*, 203-223.
- Nagpal, A., Pai, KM., Setty, S., Sharma, G. (2009). Localization of impacted maxillary canines using panoramic radiography. *J Oral Sci*. 51: 37-45.
- Mason, C., Papadakou, P., Roberts, GJ. (2001). The radiographic localization of impacted maxillary canines: a comparison of methods. *Eur J Orthod*. 23: 25-34.
- McBee, M. P., Awan, O. A., Colucci, A. T., Ghobadi, C. W., Kadom, N., Kansagra, A. P., Tridandapani, S. and Auffermann, W. F., (2018). Deep learning in radiology. *Academic radiology*, 25(11), 1472-1480.
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.

- Mckee, I. W., Glover, K. E., Williamson, P. C., Lam, E. W., Heo, G., & Major, P. W. (2001). The effect of vertical and horizontal head positioning in panoramic radiography on mesiodistal tooth angulations. *The Angle Orthodontist*, 71(6), 442-451.
- Michalewicz, Z., & Schoenauer, M. (1996). Evolutionary algorithms for constrained parameter optimization problems. *Evolutionary Computation*, 4(1), 1-32.
- Mikulka, J., Gescheidtová, E., Kabrda, M., & Peřina, V. (2013). Classification of jaw bone cysts and necrosis via the processing of orthopantomograms. *Radioengineering*, 22(1), 115.
- Miloglu, O., Guller, M. T., & Tosun, Z. T. (2022). The Use of Artificial Intelligence in Dentistry Practices. *The Eurasian journal of medicine*, 54(Suppl1), 34-42.
- Miller, B. H. (1963). The influence of congenitally missing teeth on the eruption of the upper canine. *The Dental Practitioner and Dental Record*, 13, 497-504.
- Minhas, S., Wu, T.H., Kim, D.G., Chen, S., Wu, Y.C., Ko, C.C. (2024). Artificial Intelligence for 3D Reconstruction from 2D Panoramic X-rays to Assess Maxillary Impacted Canines. *Diagnostics*. 14, 196.
- Minnema, J., van Eijnatten, M., Hendriksen, A. A., Liberton, N., Pelt, D. M., Batenburg, K. J., & Wolff, J. (2019). Segmentation of dental cone-beam CT scans affected by metal artifacts using a mixed-scale dense convolutional neural network. *Medical Physics*, 46(11), 5027-5035.
- Moeskops, P., Viergever, M. A., Mendrik, A. M., De Vries, L. S., Benders, M. J. and Išgum, I., (2016). Automatic segmentation of MR brain images with a convolutional neural network. *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1252-1261.

- Mol, A., & van der Stelt, P. F. (1991). Application of digital image analysis in dental radiography for the description of periapical bone lesions: a preliminary study. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 38(4), 357-359.
- Mol, A., & Van Der Stelt, P. F. (1992). Application of computer-aided image interpretation to the diagnosis of periapical bone lesions. *Dentomaxillofacial Radiology*, 21(4), 190-194.
- Montúfar, J., Romero, M., & Scougall-Vilchis, R. J. (2018). Hybrid approach for automatic cephalometric landmark annotation on cone-beam computed tomography volumes. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 154(1), 140-150.
- Moor, J. (2006). The Dartmouth College artificial intelligence conference: The next fifty years. *Ai Magazine*, 27(4), 87-87.
- Moss, J. P. (1972). The unerupted canine. *The Dental practitioner and dental record*, 22(6), 241-248.
- Murata, M., Ariji, Y., Ohashi, Y., Kawai, T., Fukuda, M., Funakoshi, T., & Ariji, E. (2019). Deep-learning classification using convolutional neural network for evaluation of maxillary sinusitis on panoramic radiography. *Oral Radiology*, 35, 301-307.
- Myers, W. (1986). Introduction to expert systems. *IEEE Intelligent Systems*, 1(01), 100-109.
- Nagpal, A., Pai, KM., Setty, S., Sharma, G. (2009). Localization of impacted maxillary canines using panoramic radiography. *J Oral Sci.* 51:37-45.
- Ngan, P., Hornbrook, R., & Weaver, B. (2005, September). Early timely management of ectopically erupting maxillary canines. In *Seminars in Orthodontics* (Vol. 11, No. 3, pp. 152-163). WB Saunders.

- Ngo, CTT., Fishman, LS., Rossouw, PE., Wang, H., Said, O. (2018). Correlation between panoramic radiography and cone-beam computed tomography in assessing maxillary impacted canines. *Angle Orthod.* 88:384-9.
- Neves, F. S., Souza, T. C., Almeida, S. M., Haiter-Neto, F., Freitas, D. Q., & Bóscolo, F. N. (2012). Correlation of panoramic radiography and cone beam CT findings in the assessment of the relationship between impacted mandibular third molars and the mandibular canal. *Dentomaxillofac Radiol*, 41(7), 553-557.
- Nurtanio, I., Astuti, E. R., Purnama, I. K. E., Hariadi, M., & Purnomo, M. H. (2013). Classifying cyst and tumor lesion using support vector machine based on dental panoramic images texture features. *IAENG International Journal of Computer Science*, 40(1).
- Okada, K., Rysavy, S., Flores, A., & Linguraru, M. G. (2015). Noninvasive differential diagnosis of dental periapical lesions in cone-beam CT scans. *American Association of Physicists in Medicine*, 42(4), 1653-1665.
- Orhan, K., Yazici, G., Kolsuz, M. E., Kafa, N., Bayrakdar, I. S., & Çelik, Ö. (2021). An artificial intelligence hypothetical approach for masseter muscle segmentation on ultrasonography in patients with bruxism. *Journal of Advanced Oral Research*, 12(2), 206-213.
- Özkesici, M. Y., & Yılmaz, S. (2021). Oral ve maksillofasiyal radyoloji’de yapay zeka. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 30(3), 346-351.
- Öztemel, E. (2003). Yapay sinir ağları. *PapatyaYayincilik, Istanbul*.
- Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). A general view of artificial neural networks and artificial intelligence. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- Palomo, J. M., Kau, C. H., Palomo, L. B., & Hans, M. G. (2006). Three-dimensional cone beam computerized tomography in dentistry. *Dentistry Today*, 25(11), 130.

- Panetta, K., Rajendran, R., Ramesh, A., Rao, S. P. and Agaian, S., (2021). Tufts dental database: a multimodal panoramic x-ray dataset for benchmarking diagnostic systems. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 26(4), 1650-1659.
- Park, J. H., Hwang, H. W., Moon, J. H., Yu, Y., Kim, H., Her, S. B., & Lee, S. J. (2019). Automated identification of cephalometric landmarks: Part 1—Comparisons between the latest deep-learning methods YOLOV3 and SSD. *The Angle Orthodontist*, 89(6), 903-909.
- Parvez, MF., Kota, M., Syoji, K. (2020). Diş panoramik radyografilerinde diş tanıma için derin öğrenme yöntemiyle birleştirilmiş optimizasyon tekniği. *Sci. Rep.* ; 10 :19261
- Patil, V., Vineetha, R., Vatsa, S., Shetty, D. K., Raju, A., Naik, N., & Malarout, N. (2020). Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: A comparative retrospective study. *Cogent Engineering*, 7(1), 1723783.
- Pauwels, R. (2021). A brief introduction to concepts and applications of artificial intelligence in dental imaging. *Oral radiology*, 37(1), 153-160.
- Peck, S. (1995). The palatally displaced canine as a dental anomaly of genetic origin. *Angle Orthod*, 65, 95-102.
- Peene, P., Lamoral, Y., Plas, H., Wilms, G., De Bethune, V., Opdebeeck, H., & Termote, J. L. (1990). Resorption of the lateral maxillary incisor: assessment by CT. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 14(3), 427-429.
- Peretz B, Gotler M, Kaffe I. Common errors in digital panoramic radiographs of patients with mixed dentition and patients with permanent dentition. *International Journal of Dentistry*. 2012; 2012: 1–7.

- Pirayesh, Z., Mohammad-Rahimi, H., Motamedian, SR., Amini Afshar, S., Abbasi, R., Rohban. MH. (2024). Hierarchical deep learning approach for diagnosing impacted canine-induced root resorption via cone-beam computed tomography. *BMC Oral Health.*;24(1):982.
- Pirim, H. (2006). Yapay zeka. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 1(1), 81-93.
- Pirinen, S., Arte, S., & Apajalahti, S. (1996). Palatal displacement of canine is genetic and related to congenital absence of teeth. *Journal of Dental Research*, 75(10), 1742-1746.
- Poedjiastoeti, W., & Suebnukarn, S. (2018). Application of convolutional neural network in the diagnosis of jaw tumors. *Healthcare Informatics Research*, 24(3), 236.
- Prajapati, S. A., Nagaraj, R., & Mitra, S. (2017, August). Classification of dental diseases using CNN and transfer learning. In *2017 5th International Symposium on Computational and Business Intelligence (ISCBI)* (pp. 70-74). IEEE.
- Preda, L., La Fianza, A., Di Maggio, E. M., Dore, R., Schifino, M. R., Campani, R., & Sfondrini, M. F. (1997). The use of spiral computed tomography in the localization of impacted maxillary canines. *Dentomaxillofacial Radiology*, 26(4), 236-241.
- Putra, R. H., Doi, C., Yoda, N., Astuti, E. R., & Sasaki, K. (2022). Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(1), 20210197.
- Rafflenbeul, F., Gros, CI., Lefebvre, F., Bahi-Gross, S., Maizeray, R., Bolender, Y. (2019). Prevalence and risk factors of root resorption of adjacent teeth in maxillary canine impaction, among untreated children and adolescents. *Eur J Orthod*. 41:447-53.

- Rajput, A., Talwar, S., Chaudhary, S., & Khetarpal, A. (2012). Successful management of pulpo-periodontal lesion in maxillary lateral incisor with palatogingival groove using CBCT scan. *Indian Journal of Dental Research*, 23(3), 415-418.
- Razi, T., Moslemzade, S. H. and Razi, S. (2009). Comparison of linear dimensions and angular measurements on panoramic images taken with two machines. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 3(1), 7.
- Rejebian, G. P. (1979). A statistical correlation of individual tooth size distortions on the orthopantomographic radiograph. *American Journal of Orthodontics*, 75(5), 525-534.
- Rimes, R. J., Mitchell, C. N. T., & Willmot, D. R. (1997). Maxillary incisor root resorption in relation to the ectopic canine: a review of 26 patients. *European Journal of Orthodontics*, 19(1), 79-84.
- Robb, R. A. (1982). The dynamic spatial reconstructor: an x-ray video-fluoroscopic CT scanner for dynamic volume imaging of moving organs. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 1(1), 22-33.
- Rosma, M. D., Sameem, A. K., Basir, A., Mazlipah, I. S., & Norzaidi, M. (2010). The use of artificial intelligence to identify people at risk of oral cancer: empirical evidence in Malaysian University. *International Journal of Scientific Research in Education*, 3(1), 10-20.
- Ruta, D., & Gabrys, B. (2005). Classifier selection for majority voting. *Information Fusion*, 6(1), 63-81.
- Sabri, R. (2005). The eight components of a balanced smile. *Journal of Clinical Orthodontics*, 39(3), 155-67.

- Sacerdoti, R., & Baccetti, T. (2004). Dentoskeletal features associated with unilateral or bilateral palatal displacement of maxillary canines. *The Angle Orthodontist*, 74(6), 725-732.
- Saldarriaga, J. R., & Patiño, M. C. (2003). Ectopic eruption and severe root resorption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123(3), 259-265.
- Samuel, A. L. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development*, 3(3), 210-229.
- Samuel, A. L. (1967). Some studies in machine learning using the game of checkers. II-Recent progress. *IBM Journal of Research and Development*, 11(6), 601-617.
- Scarfe, W. C., & Farman, A. G. (2008). What is cone-beam CT and how does it work?. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 707-730.
- Schwendicke, F., Golla, T., Dreher, M., & Krois, J. (2019). Convolutional neural networks for dental image diagnostics: A scoping review. *Journal of Dentistry*, 91, 103226.
- Seddon, R. P., Orth, D., & Smith, P. B. (1996). Early arrested development and coronal resorption of an impacted maxillary canine: report of case. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 63(3), 208-212.
- Serrant, P. S., McIntyre, G. T., & Thomson, D. J. (2014). Localization of ectopic maxillary canines-is CBCT more accurate than conventional horizontal or vertical parallax?. *Journal of Orthodontics*, 41(1), 13-18.
- Sharan, A., & Madjar, D. (2006). Correlation between maxillary sinus floor topography and related root position of posterior teeth using panoramic and cross-sectional computed tomography imaging. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102(3), 375-381.

- Shafer, W. G., Hine, M. K., & Levy, B. M. (1963). A textbook of oral pathology. In *A Textbook of Oral Pathology* (pp. xv-768).
- Shin, J. H., Oh, S., Kim, H., Lee, E., Lee, S. M., Ko, C. C., & Kim, Y. I. (2022). Prediction of maxillary canine impaction using eruption pathway and angular measurement on panoramic radiographs. *The Angle Orthodontist*, *92*(1), 18-26.
- Shinde, P. P., & Shah, S. (2018, August). A review of machine learning and deep learning applications. In *2018 Fourth international conference on computing communication control and automation (ICCCUBEA)* (pp. 1-6). IEEE.
- Shortliffe, E. H. (1987). Computer programs to support clinical decision making. *Jama*, *258*(1), 61-66.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv Preprint arXiv:1409.1556*.
- Singh, B., Narang, R. S., Arora, P. C., Manchanda, A. S., & Kaur, A. (2014). Cone beam computerised tomography a new ray for diagnosis in dental radiology. *Indian Journal of Comprehensive Dental Care (IJCDC)*, *4*(2).
- Song, H. A., & Lee, S. Y. (2013). Hierarchical representation using NMF. In *Neural Information Processing: 20th International Conference, ICONIP 2013, Daegu, Korea, November 3-7, 2013. Proceedings, Part I 20* (pp. 466-473). Springer Berlin Heidelberg.
- Sosars, P., Jakobsons, G., Neimane, L., & Mukans, M. (2020). Comparative analysis of panoramic radiography and cone-beam computed tomography in treatment planning of palatally displaced canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *157*(5), 719-727.

- Srivastava, M. M., Kumar, P., Pradhan, L., & Varadarajan, S. (2017). Detection of tooth caries in bitewing radiographs using deep learning. *arXiv Preprint arXiv:1711.07312*.
- Swaity, A., Elgarba, BM., Morgan, N., Ali, S., Shujaat, S., Borsci, E. (2024). Deep learning driven segmentation of maxillary impacted canine on cone beam computed tomography images. *Sci Rep*, 14(1):369.
- Sudhakar, S., Patil, K., & Mahima, V. G. (2009). Localization of impacted permanent maxillary canine using single panoramic radiograph. *Indian Journal of Dental Research*, 20(3), 340-345.
- Sukegawa S, Yoshii K, Hara T, Yamashita K, Nakano K, Yamamoto N, et al. Deep neural networks for dental implant system classification. *Biomolecules*. 2020; 10: 984.
- Suomalainen, A., Pakbaznejad Esmaeili, E. and Robinson, S. (2015). Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights into imaging*, 6, 1-16.
- Suzuki, K. (2017). Overview of deep learning in medical imaging. *Radiological Physics and Technology*, 10(3), 257-273.
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). Rethinking the inception architecture for computer vision. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 2818-2826).
- 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.
- Tan, F. G., Yüksel, A. S., Aydemir, E., & Ersoy, M. (2021). Derin öğrenme teknikleri ile nesne tespiti ve takibi üzerine bir inceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 159-171.
- Tang, A., Tam, R., Cadrin-Chênevert, A., Guest, W., Chong, J., Barfett, J., & Canadian Association of Radiologists (CAR) Artificial Intelligence Working Group. (2018).

- Canadian Association of Radiologists white paper on artificial intelligence in radiology. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 69(2), 120-135.
- Terlemez, A., Tassoker, M., Kizilcakaya, M. and Gulec, M. (2019). Comparison of conebeam computed tomography and panoramic radiography in the evaluation of maxillary sinus pathology related to maxillary posterior teeth: Do apical lesions increase the risk of maxillary sinus pathology?. *Imaging science in dentistry*, 49(2), 115-122.
- Thilander, B., & Myrberg, N. (1973). The prevalence of malocclusion in Swedish schoolchildren. *European Journal of Oral Sciences*, 81(1), 12-20.
- Tuzoff, D. V., Tuzova, L. N., Bornstein, M. M., Krasnov, A. S., Kharchenko, M. A., Nikolenko, S. I., Sveshnikov, M. M., & Bednenko, G. B. (2019). Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(4), 20180051.
- Türker, M., & Yücetaş, Ş. (1997). *Ağız, diş, çene hastalıkları ve cerrahisi*. Atlas Kitapçılık.
- Tyndall, D. A., & Rathore, S. (2008). Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 825-841.
- Ülgen, M. (2001). Ortodonti Anomaliler, Sefalometri, Etiyoloji, Büyüme ve Gelişim, Tanı." 2. baskı.". *İstanbul, Yeditepe Üniversitesi Yayınları*.
- Vastardis, H., Karimbux, N., Guthua, S. W., Seidman, J. G., & Seidman, C. E. (1996). A human MSX1 homeodomain missense mutation causes selective tooth agenesis. *Nature Genetics*, 13(4), 417-421.

- Vinayahalingam, S., Xi, T., Bergé, S., Maal, T., & De Jong, G. (2019). Automated detection of third molars and mandibular nerve by deep learning. *Scientific Reports*, 9(1), 9007.
- Vranckx, M., Van Gerven, A., Willems, H., Vandemeulebroucke, A., Ferreira Leite, A., Politis, C., & Jacobs, R. (2020). Artificial intelligence (AI)-driven molar angulation measurements to predict third molar eruption on panoramic radiographs. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3716.
- Wang, S.J., Li, J., Cheng, Q., Jiang, C. M., Wang, Y. T., & Xiao, L. (2013). Comparison of methods for localization of impacted maxillary canines by panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(8), 20130129.
- Whaites, E., & Drage, N. (2013). *Essentials of dental radiography and radiology*. Elsevier Health Sciences.
- White, S. C., & Pharoah, M. J. (2014). *Oral radiology principles and interpretation* 5th edition. *Mosby-Elsevier: St. Louis*.
- Williams, B. H. (1981). Diagnosis and prevention of maxillary cuspid impaction. *The Angle Orthodontist*, 51(1), 30-40.
- Winter, G. B. (1926). Impacted mandibular third molars. *St Louis: American Medical Book Co*, 79.
- Wolf, J. E., & Mattila, K. (1979). Localization of impacted maxillary canines by panoramic tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 8(2), 85-91.
- Wu, S., Zhong, S., & Liu, Y. (2018). Deep residual learning for image steganalysis. *Multimedia Tools and Applications*, 77, 10437-10453.

- Xie, Q., Soikkonen, K., Wolf, J., Mattila, K., Gong, M., & Ainamo, A. (1996). Effect of head positioning in panoramic radiography on vertical measurements: an in vitro study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 25(2), 61-66.
- Yan, B., Sun, Z., Fields, H., & Wang, L. (2012). Maxillary canine impaction increases root resorption risk of adjacent teeth: a problem of physical proximity. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142(6), 750-757.
- Yilmaz, E., Kayikcioglu, T., & Kayipmaz, S. (2017). Computer-aided diagnosis of periapical cyst and keratocystic odontogenic tumor on cone beam computed tomography. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 146, 91-100.
- Yoo, J. H., Yeom, H. G., Shin, W., Yun, J. P., Lee, J. H., Jeong, S. H., & Kim, B. C. (2021). Deep learning based prediction of extraction difficulty for mandibular third molars. *Scientific Reports*, 11(1), 1954.
- Yu, H. J., Cho, S. R., Kim, M. J., Kim, W. H., Kim, J. W., & Choi, J. (2020). Automated skeletal classification with lateral cephalometry based on artificial intelligence. *Journal of Dental Research*, 99(3), 249-256.
- Zhang, W., Li, J., Li, Z. B., & Li, Z. (2018). Predicting postoperative facial swelling following impacted mandibular third molars extraction by using artificial neural networks evaluation. *Scientific Reports*, 8(1), 12281.
- Zilberman, Y., Cohen, B., & Becker, A. (1990). Familial trends in palatal canines, anomalous lateral incisors, and related phenomena. *The European Journal of Orthodontics*, 12(2), 135-139.

EKLER

Ek-1. Etik Bildirim ve İntihal Beyan Formu

Bölümler	Benzerlik Oranı	Maksimum Benzerlik Oranları
I. Giriş	% 0	% 15
II. Genel Bilgiler	% 2	% 35
III. Materyal ve Metod	% 7	% 35
IV. Bulgular	% 0	% 15
V. Tartışma	% 7	% 20

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5' den büyük olmaması gerekir.

Ek-2. Etik Kurul Onay Formu

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
ETİK KURULU

Özellik Tarihi: 22/06/2022
Özellik Sayısı: 08/ 2022

KARAR

SORUMLU ARAŞTIRMACI	<i>Prof. Dr. Özkan MİLOĞLU Dt. Elanur AYDIN GERZELİ</i>
Araştırmanın Açık Adı	<i>Maksiller Gömük Kanin Dişlerde Panoramik Radyografinin Etkinliğinin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografiyle Elde Edilen Bulgularla Geliştirilmiş Yapay Zeka Modeli Üzerinde Değerlendirilmesi</i>
Karar No	70.
Alınan Karar	Prof. Dr. Özkan MİLOĞLU yürütücülüğünde doktora öğrencilerinden Dt. Elanur AYDIN GERZELİ tarafından birlikte hazırlanacak olan " <i>Maksiller Gömük Kanin Dişlerde Panoramik Radyografinin Etkinliğinin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografiyle Elde Edilen Bulgularla Geliştirilmiş Yapay Zeka Modeli Üzerinde Değerlendirilmesi</i> " başlıklı Doktora Tezi Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan 19 Ağustos 2011 tarih ve 28030 sayılı "Klinik Araştırmalar Hakkındaki Yönetmelik" hükümlerine bağlı kalınarak yapılmak şartıyla; kabul edilmesinde bilimsel ve etik açıdan sakınca olmadığına oybirliği ile karar verildi.