



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**SEFALOMETRİK ÖLÇÜMLERE GÖRE EĞİTİLEN DERİN
ÖĞRENME ALGORİTMALARININ ORTODONTİK AĞIZ
İÇİ YAN FOTOĞRAFLARI SINIFLANDIRMA
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

SULTAN BÜŞRA AY KARTBAK
UZMANLIK TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Birol ÖZEL

KOCAELİ-2023

KABUL VE ONAY



ETİK BEYAN

Tez ve çalışma içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde dilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tarih: 07.03.23

Sultan Büşra AY KARTBAK



İTHAF

Uzmanlık tezimi verdiği sonsuz sevginin ve emeğin hakkını asla ödeyemeyeceğim canım anneme ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince tüm bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, uzmanlık tezimin hazırlık ve tamamlanma aşamalarında çok büyük katkıları olan, meslek hayatımdaki yol göstericim, değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Birol ÖZEL'e

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, her daim ilgi ve paylaşımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Nevin Kaptan AKAR'a

Uzmanlık tezimin teknik kısmını yürüten, tezin oluşum ve gelişimdeki katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Muhammed ÇAKMAK'a

Uzmanlık serüvenimin en büyük şanslarından, yalnızca iş arkadaşı olmakla kalmayıp gerçek dostlara dönüşen, sevgilerini, desteklerini, arkadaşlıklarını hiçbir zaman esirgemeyen canım eş kıdemlilerim Gülçin GÜVEN ve Duygu CESUR'a; küçük asistan kadromuzun tamamlayıcısı Çağan Erkman ŞAYLAN'a

Aynı çalışma ortamında çalışmaktan keyif aldığım mezun olan tüm asistan arkadaşlarıma, ve bölümümüzde görev yapan tüm personele

Hayatlarını çocuklarına adayan, bugünlere gelmemin asıl mimarları olan, çocukları olmaktan gurur duyduğum, canım annem Hacer AY'a, babam Hüseyin AY'a ve kardeşlerim Muhammet Mete AY ve Kübra Zeynep AY'a

İyi günde, kötü günde her daim yanımda olan, her türlü nazıma katlanan, sevgisi ve desteği ile her zaman arkamda olan, hayat ışığım, biricik eşim Burak KARTBAK'a

Sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	II
BEYAN	III
İTHAF	IV
TEŞEKKÜR.....	V
TABLolar DİZİNİ.....	X
GRAFİKLER DİZİNİ.....	XIV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XVI
RESİMLER DİZİNİ	XVII
KISALTMA, SİMGE VE FORMÜLLER DİZİNİ.....	XIX
ÖZET	XX
ABSTRACT	XXI
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. ORTODONTİK TEŞHİS.....	4
2.1.1. Klinik Muayene	5
2.1.1.1. Medikal ve Dental Anamnez.....	5
2.1.1.2. Ağız Dışı Muayene	6
2.1.1.2.1. Cepheden Değerlendirme.....	6
2.1.1.2.2. Profil Değerlendirmesi.....	7
2.1.1.2.3. Dikey Boyut.....	8
2.1.1.3. Ağız İçi Muayene	9
2.1.2. Teşhis Modelleri.....	12
2.1.3. Fotoğraf	13
2.1.3.1. Gelişmiş Dijital Fotoğrafçılık İçin Kamera ve Destekleyici Araçlar	15
2.1.3.1.1. Kamera	16
2.1.3.1.2. Diğer Kamera Elemanları.....	21
2.1.3.1.3. Fotoğraf Çekimine Yardımcı Aksesuarlar	22
2.1.3.2. Yüz Fotoğrafları	24
2.1.3.3. Ağız İçi Fotoğraflar	28
2.1.4. Radyografik Kayıtlar	30
2.1.4.1. Panoramik Filmler	31

2.1.4.2. Sefalometrik Filmler	31
2.1.4.2.1. Sefalometrinin Tarihçesi.....	31
2.1.4.2.2. Sefalometrik Röntgenlerin Çekim Prensipleri	33
2.1.4.2.3. Sefalometrik Filmlerin Kullanım Amaçları	34
2.1.4.2.4. Sefalometrinin Genel Limitasyonları	35
2.2. YAPAY ZEKA.....	36
2.2.1. Makine Öğrenmesi	37
2.2.2. Yapay Sinir Ağları Ve Derin Öğrenme	38
2.2.2.1. Derin Öğrenme Mimarileri	40
2.2.2.1.1. Evrişimsel Sinir Ağları (Convolutional neural network, CNN).....	40
2.2.2.1.2. Region Based CNN (R-CNN).....	41
2.2.2.1.3. Fast R-CNN	41
2.2.2.1.4. Transfer Öğrenme	41
2.2.3. Yapay Zekanın Ortodontide Kullanımı	42
2.2.3.1. Ortodontik Teşhiste Kullanımı	42
2.2.3.2. Ortodontik Tedavi Planlamasında Kullanımı	43
3. GEREÇ VE YÖNTEM	44
3.1. Hasta Seçimi.....	44
3.2. Çalışma Verilerinin Toplanması.....	44
3.3. Veri Gruplarının Hazırlanması.....	48
3.3.1. IMPA Grupları	48
3.3.2. U1 – Palatal Düzlem Açısı Grupları	49
3.3.3. Interinsizal Açık Grupları	49
3.3.4. Wits Ölçümü Grupları	49
3.4. Derin Öğrenme Modelleriyle Verilerin İşlenmesi	50
3.5. Derin Öğrenme Modellerinin Performansının Değerlendirilmesi.....	52
4. BULGULAR	55
4.1. IMPA VERİ SONUÇLARI.....	56
4.1.1. MOBILENET V2 (IMPA)	56
4.1.2. INCEPTION V3 (IMPA)	58
4.1.3. DENSENET 121 (IMPA)	59
4.1.4. DENSENET169 (IMPA)	61

4.1.5. DENSENET 201 (IMPA)	62
4.1.6. EFFICIENTNET B0 (IMPA)	64
4.1.7. XCEPTION (IMPA).....	66
4.1.8. VGG16 (IMPA).....	67
4.1.9. VGG19 (IMPA).....	69
4.1.10. NASNETMOBILE (IMPA)	71
4.1.11. RESNET101 (IMPA).....	72
4.1.12. RESNET152 (IMPA).....	74
4.1.13. RESNET50 (IMPA).....	76
4.1.14. EFFICIENTNET V2 B0 (IMPA)	77
4.2. INTERINSIZAL AÇI VERİ SONUÇLARI.....	79
4.2.1. MOBILENET V2 (INTERINSIZAL).....	79
4.2.2. INCEPTION V3 (INTERINSIZAL).....	81
4.2.3. DENSENET 121 (INTERINSIZAL).....	83
4.2.4. DENSENET169 (INTERINSIZAL).....	84
4.2.5. DENSENET201 (INTERINSIZAL).....	86
4.2.6. EFFICIENTNET B0 (INTERINSIZAL).....	88
4.2.7. XCEPTION (INTERINSIZAL)	89
4.2.8. VGG16 (INTERINSIZAL)	91
4.2.9. VGG19 (INTERINSIZAL)	93
4.2.10. NASNETMOBILE (INTERINSIZAL).....	95
4.2.11. RESNET101 (INTERINSIZAL)	97
4.2.12. RESNET152 (INTERINSIZAL)	99
4.2.13. RESNET50 (INTERINSIZAL)	101
4.2.14. EFFICIENTNET V2 (INTERINSIZAL)	103
4.3. U1- PALATAL DÜZLEM AÇISI VERİ SONUÇLARI	105
4.3.1. MOBILENET V2 (U1-PALATAL DÜZLEM).....	105
4.3.2. DENSENET121 (U1-PALATAL DÜZLEM).....	107
4.3.3. DENSENET169 (U1-PALATAL DÜZLEM).....	108
4.3.4. DENSENET201 (U1-PALATAL DÜZLEM).....	110
4.3.5. EFFICIENTNET B0 (U1-PALATAL DÜZLEM).....	112
4.3.6. NASNETMOBILE (U1-PALATAL DÜZLEM).....	114

4.3.7. RESNET50 (U1-PALATAL DÜZLEM).....	115
4.3.8. EFFICIENT V2 (U1-PALATAL DÜZLEM).....	117
4.4. WITS ÖLÇÜMÜ VERİ SONUÇLARI	119
4.4.1. MOBILENET V2 (WITS)	119
4.4.2. INCEPTION V3 (WITS)	120
4.4.3. DENSENET121 (WITS)	122
4.4.4. DENSENET169 (WITS)	124
4.4.5. DENSENET201 (WITS)	125
4.4.6. EFFICIENT B0 (WITS)	127
4.4.7. XCEPTION (WITS).....	129
4.4.8. VGG16 (WITS).....	130
4.4.9. VGG19 (WITS).....	132
4.4.10. NASNETMOBILE (WITS)	134
4.4.11. RESNET101 (WITS)... ..	135
4.4.12. RESNET152 (WITS).....	137
4.4.13. RESNET50 (WITS).....	139
4.4.14. EFFICIENT V2 (WITS).....	140
5. TARTIŞMA.....	143
6. SONUÇLAR.....	154
7. KAYNAKÇA.....	155
8. ETİK KURUL ONAYI	

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Dijital Kamera Sınıflandırma.....	18
Tablo 2: Derin öğrenme modellerinin doğruluk oranlarının genel tablosu	50
Tablo 3: IMPA Grubu MobileNet V2 karışıklık matrisi	57
Tablo 4: IMPA Grubu MobileNet V2 sınıflandırma raporu.....	59
Tablo 5: IMPA Grubu Inception V3 karışıklık matrisi	59
Tablo 6: IMPA Grubu Inception V3 sınıflandırma raporu	60
Tablo 7: IMPA Grubu DENSENET 121 karışıklık matrisi.....	61
Tablo 8: IMPA Grubu DENSENET 121 sınıflandırma raporu	61
Tablo 9: IMPA Grubu DENSENET169 karışıklık matrisi.....	62
Tablo 10: IMPA Grubu DENSENET 169 sınıflandırma raporu	63
Tablo 11: IMPA Grubu DENSENET 201 karışıklık matrisi.....	64
Tablo 12: IMPA Grubu DENSENET 201 sınıflandırma raporu	64
Tablo 13: IMPA Grubu EFFICIENTNET B0 karışıklık matrisi	65
Tablo 14: IMPA Grubu EFFICIENTNET B0 sınıflandırma raporu	66
Tablo 15: IMPA Grubu IMPA Grubu XCEPTION karışıklık matrisi... ..	67
Tablo 16 : IMPA Grubu XCEPTION sınıflandırma raporu	68
Tablo 17 : IMPA Grubu VGG16 karışıklık matrisi.....	69
Tablo 18: IMPA Grubu VGG16 sınıflandırma raporu	69
Tablo 19: IMPA Grubu VGG19 karışıklık matrisi.....	70
Tablo 20: IMPA Grubu VGG19 sınıflandırma raporu	71
Tablo 21: IMPA Grubu NASNETMOBILE karışıklık matrisi... ..	72
Tablo 22: IMPA Grubu NASNETMOBILE sınıflandırma raporu.....	73
Tablo 23: IMPA Grubu RESNET101 karışıklık matrisi	74
Tablo 24: IMPA Grubu RESNET101 sınıflandırma raporu.....	74
Tablo 25: IMPA Grubu RESNET152 karışıklık matrisi	75
Tablo 26: IMPA Grubu RESNET152 sınıflandırma raporu.....	76
Tablo 27: IMPA Grubu RESNET50 karışıklık matrisi	77
Tablo 28: IMPA Grubu RESNET50 sınıflandırma raporu.....	78
Tablo 29: IMPA Grubu EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi.....	79
Tablo 30: IMPA Grubu EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu	79
Tablo 31: Interinsizal Açık Grubu MOBILENET V2 karışıklık matrisi	80
Tablo 32 : Interinsizal Açık Grubu MOBILENET V2 sınıflandırma raporu	81
Tablo 33: Interinsizal Açık Grubu INCEPTION V3 karışıklık matrisi	82

Tablo 34: Interinsizal Açı Grubu INCEPTION V3 sınıflandırma raporu	83
Tablo 35: Interinsizal Açı Grubu DENSENET 121 karışıklık matrisi.....	84
Tablo 36: Interinsizal Açı Grubu DENSENET 121sınıflandırma raporu	85
Tablo 37: Interinsizal Açı Grubu DENSENET169 karışıklık matrisi.....	86
Tablo 38: Interinsizal Açı Grubu DENSENET169 sınıflandırma raporu	87
Tablo 39: Interinsizal Açı Grubu DENSENET201 karışıklık matrisi.....	88
Tablo 40: Interinsizal Açı Grubu DENSENET201 sınıflandırma raporu	89
Tablo 41: Interinsizal Açı Grubu EFFICIENTNET B0karışıklık matrisi	88
Tablo 42 : Interinsizal Açı Grubu EFFICIENTNET B0 sınıflandırma raporu.....	90
Tablo 43: Interinsizal Açı Grubu XCEPTION karışıklık matrisi.....	91
Tablo 44: Interinsizal Açı Grubu XCEPTION sınıflandırma raporu.....	92
Tablo 45: Interinsizal Açı Grubu VGG16 karışıklık matrisi.....	93
Tablo 46: Interinsizal Açı Grubu VGG16 sınıflandırma raporu.....	94
Tablo 47: Interinsizal Açı Grubu VGG19 karışıklık matrisi.....	95
Tablo 48: Interinsizal Açı Grubu VGG19 sınıflandırma raporu	96
Tablo 49: Interinsizal Açı Grubu NASNETMOBILE karışıklık matrisi	97
Tablo 50: Interinsizal Açı Grubu NASNETMOBILE sınıflandırma raporu.....	98
Tablo 51: Interinsizal Açı Grubu RESNET101 karışıklık matrisi	99
Tablo 52 : Interinsizal Açı Grubu RESNET101 sınıflandırma raporu	100
Tablo 53: Interinsizal Açı Grubu RESNET152 karışıklık matrisi.....	101
Tablo 54 : RESNET152 sınıflandırma raporu.....	102
Tablo 55: Interinsizal Açı Grubu RESNET50 karışıklık matrisi.....	103
Tablo 56: Interinsizal Açı Grubu RESNET50 sınıflandırma raporu.....	104
Tablo 57: Interinsizal Açı Grubu EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi.....	105
Tablo 58: Interinsizal Açı Grubu EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu.....	106
Tablo 59: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu MOBILENET V2 karışıklık matrisi.....	107
Tablo 60: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu MOBILENET V2 sınıflandırma raporu.....	108
Tablo 61: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu DENSENET121 sınıflandırma raporu.....	109
Tablo 62: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu DENSENET121 sınıflandırma raporu.....	109
Tablo 63: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu DENSENET169 karışıklık matrisi.....	110
Tablo 64: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu DENSENET169 sınıflandırma raporu.....	111
Tablo 65: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu DENSENET201 karışıklık matrisi.....	112
Tablo 66: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu DENSENET201 sınıflandırma raporu.....	113
Tablo 67: U1-Palatal Düzlem Açı Grubu EFFICIENT B0 karışıklık matrisi.....	114

Tablo 68: U1-Palatal Düzlem Açığı Grubu EFFICIENT B0 sınıflandırma raporu.....	114
Tablo 69: U1-Palatal Düzlem Açığı Grubu NASNETMOBILE karışıklık matrisi.....	115
Tablo 70: U1-Palatal Düzlem Açığı Grubu NASNETMOBILE sınıflandırma raporu.....	116
Tablo 70: U1-Palatal Düzlem Açığı Grubu RESNET50 karışıklık matrisi.....	117
Tablo 71: U1-Palatal Düzlem Açığı Grubu RESNET50 sınıflandırma raporu.....	118
Tablo 72: U1-Palatal Düzlem Açığı Grubu EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi.....	119
Tablo 73: U1-Palatal Düzlem Açığı Grubu EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu.....	119
Tablo 74: Wits Ölçümü Grubu MOBILENET V2 karışıklık matrisi.....	120
Tablo 75: Wits Ölçümü Grubu MOBILENET V2 sınıflandırma raporu.....	121
Tablo 76: Wits Ölçümü Grubu INCEPTION V3 karışıklık matrisi.....	122
Tablo 77: Wits Ölçümü Grubu INCEPTION V3 sınıflandırma raporu.....	123
Tablo 78: Wits Ölçümü Grubu DENSENET 121 karışıklık matrisi	124
Tablo 79: Wits Ölçümü Grubu DENSENET 121 sınıflandırma raporu.....	124
Tablo 80: Wits Ölçümü Grubu DENSENET169 karışıklık matrisi	125
Tablo 81: Wits Ölçümü Grubu DENSENET169 sınıflandırma raporu.....	126
Tablo 82: Wits Ölçümü Grubu DENSENET201 karışıklık matrisi.....	127
Tablo 83: Wits Ölçümü Grubu DENSENET201 sınıflandırma raporu.....	128
Tablo 84: Wits Ölçümü Grubu EFFICIENT B0 karışıklık matrisi.....	129
Tablo 85: Wits Ölçümü Grubu EFFICIENT B0 Sınıflandırma raporu	129
Tablo 86: Wits Ölçümü Grubu XCEPTION karışıklık matrisi	130
Tablo 87: Wits Ölçümü Grubu XCEPTION sınıflandırma raporu.....	131
Tablo 88: Wits Ölçümü Grubu VGG16 karışıklık matrisi	132
Tablo 89: Wits Ölçümü Grubu VGG16 sınıflandırma matrisi	133
Tablo 90: Wits Ölçümü Grubu VGG19 karışıklık matrisi	134
Tablo 91: Wits Ölçümü Grubu VGG19 sınıflandırma raporu.....	134
Tablo 92: Wits Ölçümü Grubu Grubu NASNETMOBILE karışıklık matrisi.....	135
Tablo 93: Wits Ölçümü Grubu NASNETMOBILE sınıflandırma raporu	136
Tablo 94: Wits Ölçümü Grubu RESNET101 karışıklık matrisi.....	137
Tablo 95: Wits Ölçümü Grubu RESNET101 sınıflandırma raporu	138
Tablo 96: Wits Ölçümü Grubu RESNET152 karışıklık matrisi.....	139
Tablo 97: Wits Ölçümü Grubu RESNET152 sınıflandırma raporu.....	139
Tablo 98: Wits Ölçümü Grubu RESNET50 karışıklık matrisi.....	140
Tablo 99 Wits Ölçümü Grubu RESNET50sınıflandırma raporu	141
Tablo 100: Wits Ölçümü Grubu EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi	142

Tablo 101: Wits Ölçümü Grubu EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu.....	143
--	-----



GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1: MobileNet V2 eğitim ve doğrulama grafiği.....	57
Grafik 2: Inception V3 eğitim ve doğrulama grafiği.....	59
Grafik 3:DENSENET 121 eğitim ve doğrulama grafiği.....	60
Grafik 4: DENSENET169 eğitim ve doğrulama grafiği.....	62
Grafik 5: DENSENET 201 eğitim ve doğrulama grafiği.....	63
Grafik 6: EFFICIENTNET B0 eğitim ve doğrulama grafiği.....	65
Grafik 7: XCEPTION eğitim ve doğrulama grafiği.....	67
Grafik 8 : VGG16 eğitim ve doğrulama grafiği.....	68
Grafik 9: VGG19 eğitim ve doğrulama grafiği.....	70
Grafik 10: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği.....	72
Grafik 11: RESNET101 eğitim ve doğrulama grafiği.....	73
Grafik 12: RESNET152 eğitim ve doğrulama grafiği.....	75
Grafik 13: RESNET50 eğitim ve doğrulama grafiği.....	77
Grafik 14: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği.....	78
Grafik 15: MOBILENET V2 eğitim ve doğrulama grafiği.....	80
Grafik 16: eğitim ve doğrulama grafiği.....	82
Grafik 17: DENSENET 121 eğitim ve doğrulama grafiği.....	84
Grafik 18: DENSENET169 eğiti m ve doğrulama grafiği.....	86
Grafik 19: DENSENET201 eğitim ve doğrulama grafiği.....	87
Grafik 19: EFFICIENTNET B0 eğitim ve doğrulama grafiği.....	89
Grafik 20: XCEPTION eğitim ve doğrulama grafiği.....	91
Grafik 21: VGG16 eğitim ve doğrulama grafiği.....	93
Grafik 22: VGG19 eğitim ve doğrulama grafiği.....	95
Grafik 23: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği.....	97
Grafik 24: RESNET101 eğitim ve doğrulama grafiği.....	99
Grafik 25: RESNET152 eğitim ve doğrulama grafiği.....	101
Grafik 26: RESNET50eğitim ve doğrulama grafiği.....	103
Grafik 27: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği.....	105
Grafik 28: MOBILENET V2 eğitim ve doğrulama grafiği.....	107
Grafik 29: DENSENET121 eğitim ve doğrulama grafiği.....	108
Grafik 30: DENSENET169 eğitim ve doğrulama grafiği.....	110
Grafik 31: DENSENET201 eğitim ve doğrulama grafiği.....	112

Grafik 32: EFFICIENT B0 eğitim ve doğrulama grafiği.....	113
Grafik 33: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği.....	115
Grafik 34: RESNET50 eğitim ve doğrulama grafiği.....	117
Grafik 35: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği.....	118
Grafik 36: MOBILENET V2 eğitim ve doğrulama grafiği.....	120
Grafik 37: INCEPTION V3 eğitim ve doğrulama grafiği.....	122
Grafik 38: DENSENET 121 eğitim ve doğrulama grafiği.....	123
Grafik 39: DENSENET169 eğitim ve doğrulama grafiği.....	125
Grafik 40: DENSENET201 eğitim ve doğrulama grafiği... ..	127
Grafik 41: EFFICIENT B0 eğitim ve doğrulama grafiği.....	128
Grafik 42: XCEPTION eğitim ve doğrulama grafiği... ..	130
Grafik 43: VGG16 eğitim ve doğrulama grafiği.....	132
Grafik 44: VGG19 eğitim ve doğrulama grafiği... ..	133
Grafik 45: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği.....	135
Grafik 46: RESNET101 eğitim ve doğrulama grafiği.....	137
Grafik 47: RESNET152 eğitim ve doğrulama grafiği.....	138
Grafik 48: RESNET50 eğitim ve doğrulama grafiği.....	140
Grafik 49: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği... ..	142

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Çalışmamızın genel akış şeması.....	3
Şekil 2 : Teşhis ve tedavi planlaması adımları... ..	5
Şekil 3: Piksel kırmızı, mavi, yeşil ışıktan oluşan resim ögesidir... ..	16
Şekil 4: Yapay Zeka Şeması.....	37
Şekil 5 : Klasik Programlama.....	37
Şekil 6: Makine Öğrenmesi.....	37
Şekil 7: Yapay sinir ağı örneği.....	39
Şekil 8: Derin öğrenme basamakları.....	39
Şekil 9: Evrişimli sinir ağı yapısı.....	40
Şekil 10: Çalışmamızda kullanılan anatomik noktalar	46
Şekil 11: IMPA.....	47
Şekil 12 : U1- Palatal Düzlem Açısı.....	47
Şekil 13: Interinsizal Açısı	48
Şekil 14: Wits Ölçümü.....	48

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: Kompakt kamera	16
Resim 2: Profesyonel DSLR kameralar	17
Resim 3: Makrolens.....	19
Resim 4: Ring flaş ve twinflaş.....	21
Resim 5: Aynalar.....	23
Resim 6: Uzun saplı aynalar	23
Resim 7: Ekartörler.....	24
Resim 8: Kontrast Plaklar	24
Resim 9: Frontal yüz fotoğrafları	26
Resim 10: Profil fotoğrafları	27
Resim 11: Oblik yüz fotoğrafları.....	28
Resim 12: Ağız içi fotoğraflar	30
Resim 13: Zenginleştirilmiş ve orijinal veriler.....	52
Resim 14: Derin öğrenme algoritmasının genel şeması	53
Resim 15: Karışıklık Matrisi	55

KISALTMA, SİMGE VE FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

DP: Doğru Pozitif

DN: Doğru Negatif

YP: Yanlış Pozitif

YN: Yanlış Negatif

Ort: Ortalama

Ark: Arkadaşları

Simgeler

% : Yüzde

+ : Artı

- : Eksi

= : Eşittir

ÖZET

Sefalometrik Ölçümlere Göre Eğitilen Derin Öğrenme Algoritmalarının Ortodontik Ağız İçi Yan Fotoğrafları Sınıflandırma Performansının Değerlendirilmesi

Amaç: Ağız içi klinik fotoğraflar, ortodontik tanı ve tedavi planlamasının önemli parçalarından biridir. Bu çalışmada sefalometrik ölçümler üzerinden yapılan sınıflandırmalar kullanılarak gruplara ayrılmış hasta fotoğraflarıyla eğitilen derin öğrenme yazılımının sadece fotoğraflar üzerinden yaptığı sınıflamaların gerçek sefalometrik sınıflandırmalara karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı arşivinden 990 hastanın sefalometrik filmi ve aynı hastaların ağız içi sağ yan fotoğrafları olarak kullanılmıştır. Hasta röntgenleri üzerinde Webceph uygulaması ile sefalometrik analizler uygulanarak, vakalar IMPA, interinsizal açı, U1-palatal düzlem açısı ve Wits ölçümü değerlerine göre 3'er grup olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Sefalometrik verilere göre oluşturulan gruplara göre hasta fotoğrafları gruplandırılmıştır. 14 farklı derin öğrenme mimarisi hasta fotoğraflarını sınıflandırma performansını değerlendirmek için test edilmiştir.

Bulgular: IMPA grupları 98.33, Interinsizal Açı grupları için 99.00, U1- Palatal Düzlem Açı grubu için 96.33, Wits Ölçümü grupları için 98.33'e varan doğruluk oranları elde edilmiştir.

Sonuç: Çalışmamız klinik fotoğrafların sefalometrik analizlere göre sınıflandırılarak yapay zeka yöntemiyle değerlendirildiği ilk çalışmalardandır. Gelecekteki uygulamalarda sefalometrik röntgenlere ihtiyaç duyulmadan yüz ve ağız içi fotoğraflarının otomatik analizlerinin teşhis adımları arasında klinik ortodontide kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: derin öğrenme, yapay zeka, ağız içi fotoğraf, sefalometri

ABSTRACT

Evaluation of the Performance of Classification of Orthodontic Intra-Oral Buccal Photos Of Deep Learning Algorithms Trained According to Cephalometric Measurements

Aim: Intraoral clinical photographs are one of the important parts of orthodontic diagnosis and treatment planning. In this study, it is aimed to compare the classifications made by the deep learning software, which is trained with grouped patient photographs using classifications made on cephalometric measurements, to real cephalometric classifications.

Material and Method: In our study, cephalometric films of 990 patients from the archive of Kocaeli University Faculty of Dentistry Department of Orthodontics and intraoral right lateral photographs of the same patients were used. By applying cephalometric analyzes with Webceph application on patient x-rays, cases were classified into 3 groups according to IMPA, interincisal angle, U1-palatal plane angle and Wits measurement values. The patient photographs were grouped according to the groups formed according to the cephalometric data. 14 different deep learning architectures were tested to evaluate the performance of classifying patient photographs.

Results: Accuracy rates up to 98.33 for IMPA groups, 99.00 for Interincisal Angle groups, 96.33 for U1- Palatal Plane Angle group, and 98.33 for Wits Measurement groups were obtained.

Conclusion: Our study will be one of the first studies in which clinical photographs are classified according to cephalometric analysis and evaluated by artificial intelligence method. It is thought that automatic analysis of facial and intraoral photographs without the need for cephalometric x-rays in future applications will find use in clinical orthodontics among the diagnostic steps.

Keywords: deep learning, artificial intelligence, intraoral photograph, cephaometry

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ortodontik tedavi planı; hasta anamnezi, klinik muayene, panoramik, sefalometrik ve posteroanterior röntgenler gibi radyografik kayıtlar, tanı modelleri ve klinik fotoğrafların incelenmesiyle oluşturulan teşhislere göre yapılmaktadır.

Ortodontik kayıtlar; ağız yapısının sağlığı, dişlerin sıralanması ve okluzal ilişkilerin tespiti, yüz ve çene oranlarının değerlendirilmesi için alınmaktadır. Bu amaçla teşhis modelleri, üç boyutlu dijital modeller, yüz fotoğrafları, üç boyutlu yüz taramaları, sefalometrik röntgenler, bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılabilmektedir.

Yüz fotoğrafları ve ağız içi fotoğraflar ortodontik tanı amacıyla standart olarak alınması gereken fotoğraflardır. Ağız içi fotoğraflar diş şekli, dizilimi ve diş eti durumu hakkında çeşitli bilgiler sağlar. Yüz fotoğrafları, yüzün estetik özelliklerini ve dişlerle olan ilişkisini gösterir (1).

Sefalometrik radyografiler, anomalinin dişsel ya da iskeletsel kaynaklı olduğuna karar vermek; yani anomalinin sadece alt ve üst dişlerin birbirleriyle olan ilişkisinden mi yoksa alt ve üst çenelerin kemik kaidelerinin birbirleriyle olan konumsal bozukluklarından mı kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Sefalometrik radyografiler aynı zamanda büyüme-gelişim ve ortodontik tedavi sırasında ve sonrasında meydana gelen değişimleri karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Sefalometrik radyografiler üzerinde yapılan ölçümler ortodontik teşhisin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (2).

Yapay zekâ uygulamalarının tıbbi teşhis, tedavi ve araştırmalarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Çok sayıda yapay zekâ tanımı ortaya çıkmış olsa da John McCarthy yapay zekâyı "akıllı bilgisayar programları yapmak" olarak tanımlamaktadır. En basit haliyle yapay zekâ, bilgisayar bilimi ve veri setlerini birleştirerek problem çözebilen bir yapı olarak tanımlanabilmektedir. Yapay zekâ günümüzde makine öğrenimi ve derin öğrenme alanlarını da içermektedir. Bu disiplinler, veri setlerini işleyen ve elde ettiği bilgiler arasında ilişkiler kurarak sınıflandırmalar veya tahminler yapan yapay zekâ algoritmalarından oluşmaktadır (3).

Yapay zekanın, özellikle de makine öğreniminin, görüntü işleme ve karar destek sistemlerine yönelik güçlü kapasitesi nedeniyle gelecekte ortodontide geniş uygulama alanı bulacağı umut edilmektedir. Makine öğrenimi modellerinin, anatomik landmark belirleme, iskeletsel sınıflandırma, kemik yaşı tahmini ve diş segmentasyonunda insanlara benzer; hatta insanlardan daha yüksek doğrulukta performans gösterdiği bildirilmiştir (4).

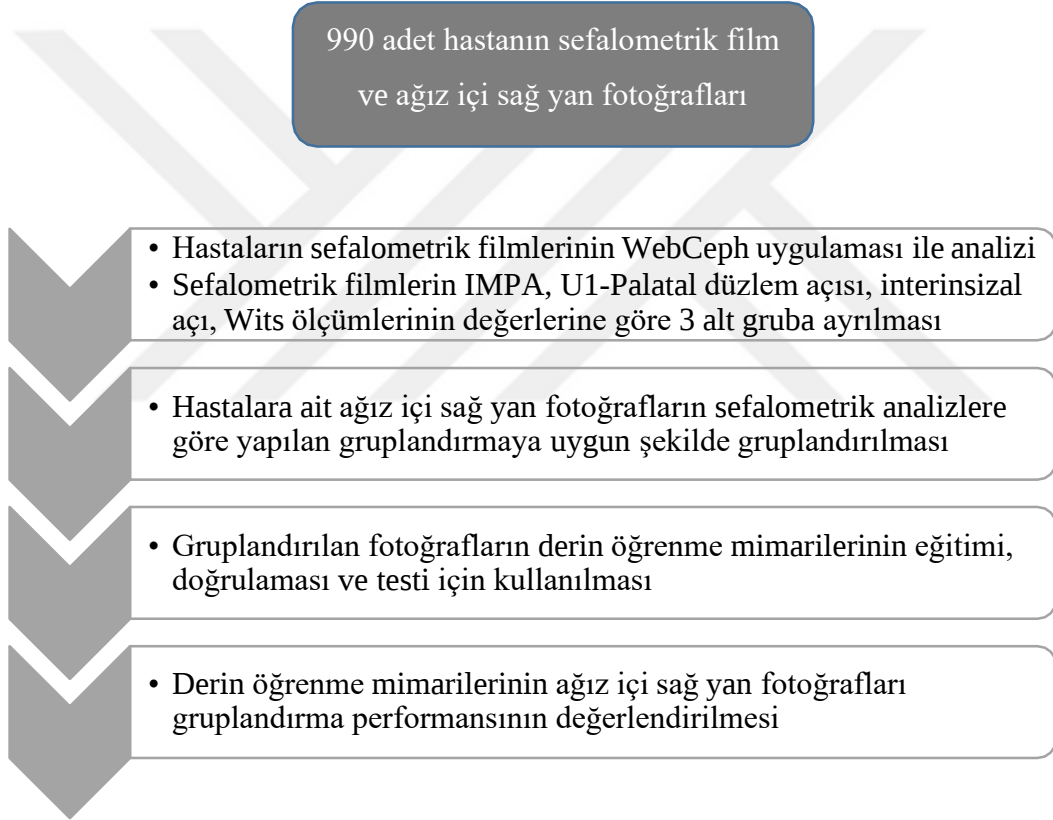
Derin öğrenme, biyolojik beyinlerin sinaptik yapısını taklit eden makine öğreniminin bir alt kümesidir. Derin öğrenmenin başarıyla kullanıldığı başlıca alanlar bilgisayarla görme, ses tanıma ve doğal dil işlemedir. Ağ, ham girdiyi alır ve istenen çıktıya eşler. Özellikler, manuel müdahale olmaksızın ağ tarafından otomatik olarak öğrenilir. Derin öğrenme modelleri, artan sayıda gizli katmana sahip geleneksel ağların bir ilerlemesidir. Gizli katmanlar, bu ağların performansını büyük ölçüde artırır. Derin öğrenme teknikleri, orijinal görüntülerden görünmeyen görüntü özelliklerini otomatik olarak ortaya çıkarabilir. Derin öğrenme son zamanlarda, görüntü tanıma ve görüntü sınıflandırma işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (5).

Yapay zekâ teknolojisinin hızla gelişmesi günümüzde, ‘tam otomatik’ bir sefalometrik analiz gerçekleştirme düşüncesini mümkün kılmıştır. Yapay zekâ teknolojisini kullanarak sefalometrik noktaların işaretlenmesini, analiz ve hesaplamaları otomatik olarak gerçekleştiren WebCeph, OrthoDx, Ceph-X, AudaxCeph, WeDoCeph gibi programlar geliştirilmiştir.

Ortodonti ile ilgili yapay zeka üzerine yapılan çalışmalar, iki veya üç boyutlu dijital radyografilere veya halihazırda insanlar tarafından üretilmiş sayısal analizlere odaklanmıştır(6). Mevcut literatürde sadece birkaç çalışma dijital ortodontik fotoğraflara odaklanmıştır. Jiho Ryu ve arkadaşları ortodontik tanı kayıt fotoğraflarını derin öğrenme kullanarak sınıflandırmaya çalışmışlardır(6). Jose Eduardo Cejudo ve arkadaşları ise derin öğrenme ile intraoral fotoğraflardan Angle malokluzyon sınıflaması yapmışlardır (7).

Çalışmamız klinik fotoğrafların sefalometrik analizlere göre sınıflandırılarak yapay zeka yöntemiyle değerlendirildiği ilk çalışmalardan olacaktır. Gelecekteki uygulamalarda sefalometrik röntgenlere ihtiyaç duyulmadan yüz ve ağız içi fotoğraflarının otomatik analizlerinin teşhis adımları arasında klinik ortodontide kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir.

Sefalometrik ölçümler üzerinden yapılan sınıflandırmalar kullanılarak gruplara ayrılmış hasta fotoğraflarıyla eğitilen derin öğrenme yazılımının sadece fotoğraflar üzerinden yaptığı sınıflamaların gerçek sefalometrik sınıflandırmalarla karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Derin öğrenme tekniğinin sefalometrik analize gerek duyulmadan sadece hasta fotoğraflarını gruplandırabileceği varsayılmaktadır. Bu sayede hasta fotoğraflarının teşhiste sefalometrik röntgenlerden elde edilebilecek bulguları sağlamasıyla, radyolojik tetkiklerin neden olabileceği radyasyon maruziyetinin de azalabileceği öngörülmektedir.



Şekil 1: Çalışmamızın genel akış şeması

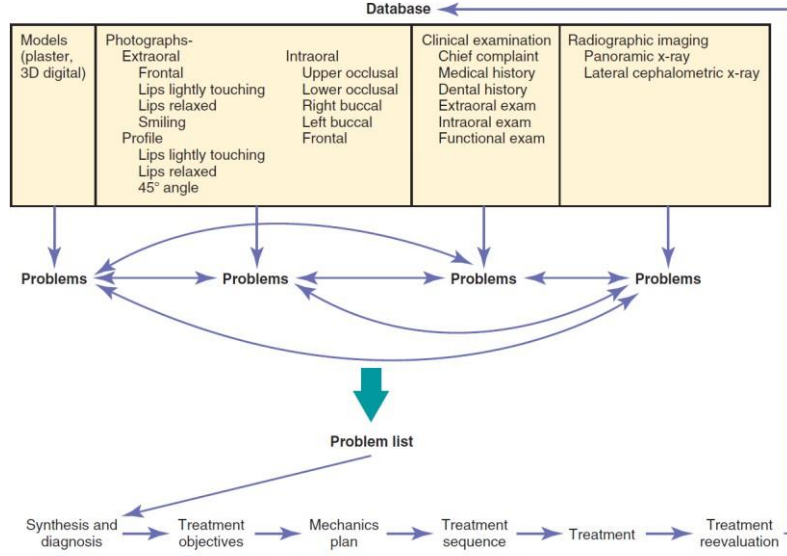
2. GENEL BİLGİLER

2.1. ORTODONTİK TEŞHİS

Teşhis terimi, semptomların ve anamnezin dikkatli bir şekilde araştırılmasıyla bir hastalığın tanımlanmasıdır. Kendi başına gerçek bir hastalık olmasa da, maloklüzyonlar ortodontinin “hastalık” süreçleridir ve ortodontik teşhislerin merkezi odak noktasıdır. Maloklüzyonların estetik ve fonksiyonel etkileri olabilir; etiyolojilerini ve anomaliyi yönetmek için tedavi seçeneklerini en iyi şekilde anlamak için doğru bir teşhis gereklidir (8).

Estetik açıdan bakıldığında, maloklüzyonların sosyal kabul ve başarı ile ilişkili psikolojik sonuçları vardır (9). Fonksiyonel açıdan bakıldığında ise çiğneme, konuşma ve tüm stomatognatik sistemdeki yapıların korunması, maloklüzyon oluşumuna sebep olabilir veya mevcut maloklüzyonun sonucu olabilir (8).

Ortodonti, bir maloklüzyonu doğru bir şekilde teşhis etmek için tıpta orijinal olarak geliştirilen probleme dayalı yaklaşımı benimsemiştir (10). Etiyolojiye ve anomaliye potansiyel olarak katkıda bulunabilecek veya tedaviyi etkileyebilecek her faktör değerlendirilmelidir. Bilgi tıbbi ve dental geçmişi, klinik muayene ve modeller, fotoğraflar ve radyografik görüntüleme içeren kayıtlar yoluyla toplanır. Eldeki verilerden bir problem listesi oluşturulur (8). Nihayetinde, teşhis, maloklüzyonun etiyolojisine dair bir fikir vermelidir (Şekil 2). Teşhis ve sorun listesi, hasta için tedavi hedeflerini belirleyen çerçevedir. Bir kez formüle edildikten sonra tedavi planı, mekanikten kullanılacak sıralamaya kadar bu hedefleri ele alacak şekilde tasarlanır. Tedavi hedefleri perspektifinden, her hedefi ele almak için bir veya daha fazla tedavi seçeneği geliştirilebilir. Her tedavi seçeneğinin hasta için avantaj ve dezavantajları olacaktır. Hastadan bilgilendirilmiş onam alma sürecinde, her bir tedavi planının avantajları, dezavantajları ve risklerinin açıkça anlatılmalı ve nihai tedavi planını hasta belirlemelidir. Ardından tedavi planı, en yüksek verimlilik ve en az yan etki ile istenen hedeflere ulaşmak için tasarlanmış mekanik planı belirler (8).



Şekil 2: Teşhis ve tedavi planlaması adımları (8)

2.1.1. Klinik Muayene

2.1.1.1. Medikal ve Dental Anamnez

Anamnezin temelini "Hastanın başlıca şikayeti nedir?" sorusu oluşturur. Klinisyen, ana şikayeti doğru bir şekilde anlamaktan ve ele almaktan sorumludur. Bazı hastaların tedavi için çok spesifik hedefleri olurken, diğerleri daha genelleştirilmiş beklentiler sağlayacaktır. Açık iletişim, bir hastanın hedeflerini anlamanın anahtarıdır. Tıbbi geçmiş, hastanın fiziksel iyiliği hakkında uygun bilgiler verir. Çok sayıda tıbbi durum tedaviyi etkileyebilir (8).

Tıbbi ve diş hekimliği görüşmesinde belirli bir bölüm, büyüme ve gelişme bilgilerine ayrılmalıdır. Bu bilgilerin altında yatan mantık, ortodontik tedaviyi en verimli ve etkili olacak döneme uygun şekilde zamanlamaktır. Tedavi zamanlaması özellikle; sadece diş hareketine değil, büyüme yönlendirilmesine ihtiyaç duyulan hastalarda oldukça önemlidir. Genel iskelet kraniofasial olgunluğunu değerlendirmek için menarş (dişiler), ses değişikliği (erkekler), el-bilek kemikleşme dizisi, metakarpal ossifikasyon dizisi, servikal vertebra morfolojisi ve yapısal büyüme eğrileri gibi biyolojik göstergeler kullanılmaktadır (11).

Kapsamlı bir klinik muayene genellikle hastayla yapılan görüşmenin hemen ardından yapılır. Ortodontist, hastanın yüzü, duruşu ve ifadesi ile ilgili olarak hasta kapıdan girdiği andan itibaren bazı teşhis belirlemeleri yapmalıdır. Genellikle ilk andan itibaren ortodontik problemin büyük ölçüde dental bir problem mi yoksa zor bir iskelet veya yüz problemi mi olacağı söylenebilir (12).

2.1.1.2. Ağız Dışı Muayene

2.1.1.2.1. Cepheden Değerlendirme

Hastanın yüz görünümü değerlendirilirken hasta ünitte prone pozisyonunda oturmamalıdır, hastanın değerlendirilmesi doğal baş pozisyonunda (NHP) (yani ayakta veya otururken, ufka bakarken) yapılmalıdır (12).

Bir hastayı cepheden değerlendirirken, hastanın simetrisinin genel bir değerlendirmesi yapılır. Çekicilik ve hoş yüz estetiği belirli oranlar ve simetri ile ilişkilendirilmiştir (13).

Tüm hastalarda muhtemel büyüme sırasındaki iskelet ve yumuşak doku kompanzasyonlarından dolayı küçük asimetrierler mevcut olmakla birlikte değerlendirme yapılırken yatay ve dikey çizgiler yüz oranlarını değerlendirmek için referans düzlemleri olarak kullanılır. İnterpupiller, interauriküler, alar taban ve okluzal planlar gibi yatay düzlemler birbirine paralel olmalı ve eğimlerin varlığına özel dikkat gösterilmelidir. Dikey referans düzlemleri cepheden transversal ilişkileri değerlendirmek için önemlidir (8).

Ortahat

Cepheden görünüm, yüz ve dental orta hatlar arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde de yardımcı olur. Özellikle sapmış nazal septumları olan hastalarda yüzün orta hat analizinin zor olabileceğine dikkat etmek önemlidir. Yüz orta hattına göre dental orta hatlar ve çene ucu deviasyonları değerlendirilir (8).

Dudaklar

Dudak yetersizliğini belirlemek için (istirahat halindeyken dudaklar arasında 4 mm'den fazla açıklık), cepheden görünüm önce istirahat halindeyken ve ardından dudaklar kapatılmış durumdayken değerlendirilmelidir (12). Dudaklar kapatılırken herhangi bir kas gerilmesinin belirtileri not edilmelidir. Cepheden ve profilden üst ve alt dudak uzunlukları değerlendirilebilir (8).

Üst dudak ile üst dişlerin uygun ilişkisi, modern estetik gülüş tasarımında kilit faktördür(8). Hasta konuşurken dişlerin 2 mm; sosyal (pozlu) bir gülümsemede maksiller kesici dişlerin kuronunun en az yarısının görülmesi beklenir. Ancak 2-3 mm'den fazla diş eti görünümü istenmez (12).

Bukkal Koridorlar ve Gülümseme Hattı

Sadece önden bakıldığında değerlendirilebilen diğer önemli ilişkiler ise bukkal koridorlar ve gülümseme hattıdır. Transvers boyutta gülüş tasarımında ideal estetik parametre, geniş dental arklar ve dar bukkal koridorlar ile ilişkilendirilmiştir. Estetik gülüşlerle ilişkilendirilen bir diğer kavram ise üst ön dişlerin kıvrımının gülümsemedeki alt dudak kıvrımına paralel olmasıdır. Simetri her zaman güzellikle ilişkilendirilmiştir. Gülümseme sırasında arkın her iki yanında aynı miktarda dişeti görünümü görülmelidir. Gülüş simetrisi ile ilgili diğer etmen dental orta hatlardır. Estetik gülüş tasarımında üst dental orta hat, alt dental orta hatta göre daha önemli kabul edilmiştir. Üst dental orta hat ile fasiyal orta hat arasında 2 mm'den az sapmaların kolayca algılanmadığı gösterilmiştir (14). Çekici bir gülümsemeyi etkileyen diğer faktörler ise dişeti yükseklikleri ve diş rengi ve şeklidir (14).

2.1.1.2.2. Profil Değerlendirmesi

Profil değerlendirmesinde, yumuşak doku dışbükeyliği başlangıçta alın, maksilla ve mandibula arasındaki uzamsal ilişki gözlemlenir. Profil konveksitesi değerlendirildikten sonraki adım, bu üç yapıdan hangisinin anormalliğe katkıda bulunduğunu değerlendirmektir.

Burun

Burun ortodontik tedaviden etkilenebilecek sınırların dışında olsa da yüz dengesi için önemlidir. Burun projeksiyonu dudakların ön-arka konumundan etkilenebilir (8).

Dudaklar

Ortodontik tedavinin dudaklar üzerindeki etkisi, modern ortodontinin en çok tartışılan konularından biridir. Estetiğe olan ilginin artmasıyla birlikte hastalar ve uygulayıcılar sadece diş ve iskelet değişiklikleriyle değil, aynı zamanda çevredeki yumuşak dokuların tedaviye verdiği yanıtla da ilgilenmektedir (8).

Klinik muayene sırasında, istirahat halindeki dudakların genel bir değerlendirmesi gereklidir. Dudak duruşuna ve tonusuna özel dikkat gösterilmelidir. Bazı tip maloklüzyonların etiyolojisinde dudak basıncının etkisi literatürde tartışılmıştır (15). Dudak postürünü değerlendirmek için dudakların istirahat pozisyonunda kesici dişlerle anteroposterior ve vertikal ilişkisi incelenir (16).

Üst ve alt dudak arasındaki ilişki de değerlendirilmesi gereken bir diğer önemli özelliktir. Dudaklar hareketsizken normal interlabial boşluk 1 ila 3 mm arasında değişir (8). Bir diğer önemli özellik ise dudak kalınlığıdır. Dudak kalınlığının ırklar arasında farklılık gösterdiği iyi bilinmektedir (17).

Nazolabial açı, dudak çıkıntısı ile ilgili bir diğer önemli ölçümdür. Bu açı aynı zamanda burundan da etkilenmesine rağmen, üst dudak eğiminin bir göstergesidir (8).

2.1.1.2.3. Dikey Boyut

Dikey boyut hem önden hem de profil görünümünde analiz edilebilir. Bu görünümünün her ikisi de, bileşik bir 3D analiz sağlamak için dikey boyut aracılığıyla ilişkilendirilebilir. Yüz üç eşit üçte bir bölünebilir: üst, orta ve alt yüz yükseklikleri. Gerçek üst yüz yüksekliği, trichion'dan glabella'ya kadar ölçüldüğü için nadiren kullanılır. Daha yaygın olarak, orta yüz yüksekliği, üst yüz yüksekliği olarak adlandırılır. Normal üst yüz yüksekliğinin alt yüz yüksekliğine oranı 1:1'dir (glabella- subnazale / subnazale-yumuşak doku menton).

Profil görünümünden dikey boyutta, yüz genellikle konverjan (kısa yüz) veya diverjan (uzun yüz) olarak kategorize edilir. Kısa bir yüz, benzer bir arka ve ön yüz yüksekliğine sahip düz bir mandibular düzlem açısı, derin bir mentolabial sulkus ile dudak fazlalığı ve kısa alt yüz yüksekliği ile karakterize edilir. Uzun bir yüz ise, arka yüz yüksekliğine oranla artan ön yüz yüksekliği, dik mandibular düzlem açısı, büyük interlabial boşluk ile olası dudak yetersizliği ve sıkı mentolabial sulkus ile karakterize edilir (8).

2.1.1.3. Ağız İçi Muayene

Ortodontik bir hastanın ağız içi muayenesi, diğer dental muayenelerinde olduğu gibi başlar. İlk olarak, herhangi bir patolojik lezyon aramak için oral mukozanın genel bir muayenesi yapılır. Yumuşak doku analizi yapılırken diş eti dokularına özel dikkat gösterilmelidir. Daha sonra yapışık diş etinin kalitesi incelenir. Yapışık diş etinin kalınlığı (gingivo-occlusal) ve genişliği çok önemlidir. Yetersiz yapışık diş etinin olduğu durumlarda ortodontik tedavi sırasında diş eti çekilmeleri meydana gelebilir (8). Labial frenum değerlendirilmesi gereken bir başka unsurdur. Yüksek frenulumlar diastemaların oluşmasında katkıda bulunabilir (18).

Ağız Sağlığı

Ortodontik tedavi sırasında iyi ağız hijyeni çok önemlidir ve tedavinin başlangıcından itibaren vurgulanmalıdır. Ortodontik aparatların ağız hijyeni sağlamayı zorlaştırdığı iyi bilinmektedir. Bu nedenle, ilk muayenede ağız hijyeninin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir ve hasta tarafından iyi bir plak kontrolü sağlanana kadar tedavi ertelenmelidir (8).

Dil

Başlangıçta, dilin mukozası herhangi bir patolojik lezyon belirtisi için taranmalıdır. Dilin şekli ve boyutunun genel bir değerlendirmesi yapılır ve dilin alt diş arkı ile ilişkisi not edilmelidir. Dilin yan kenarlarında dişler arasındaki genelleştirilmiş boşlukla birlikte girintilerin kanıtı, makroglossiyi düşündürülebilir. Dil, dişlerin lingual yüzeylerine sabit basınç uygulayan ve bukkal yüzeylerdeki dudak basıncına karşı koyan güçlü bir kastır (19). Dilin konuşma ve yutkunma sırasındaki fonksiyonel değerlendirmesi, maloklüzyonun etiyojisi hakkında fikir verebilir. Son olarak, lingual frenum değerlendirilir. Ankiloglossi

veya dil bağı bazı hastalarda bulunur ve konuşmanın engellenmesinin bir nedeni olabilir (20).

Diş Yapısı

Muayeneye başlamadan önce ayrıntılı bir dental anamnez alınmalıdır. Hastanın düzenli ağız bakım rutini olup olmadığı sorgulanmalıdır. Geçmiş travma öyküsü asimetrisi, anormal büyümeyi veya bazı durumlarda TME semptomlarını açıklayabilir. Parmak emme veya dilin postural durumundaki bozukluklar, herhangi bir zararlı alışkanlık öyküsü, maloklüzyonun etiyojisini kısmen açıklayabilir.

Diş muayenesi dişlerin sayılması ile başlar, fazladan veya eksik diş olup olmadığının kontrolü sağlanır. Süt dişleri kalıcı dişlerden ayırt edilmeli ve diş transpozisyonları not edilmelidir. Panoramik film, klinik muayene bulgularını doğrulamak için yararlı bir yardımcıdır. Dişlerin boyutu ve şekli, optimal bir estetik sonuca ulaşmak için kritik öneme sahiptir. Anterior bölgede morfolojik varyasyona dikkat edilmesi özellikle önemlidir. Bu estetik bölgede konik şekilli dişler veya diğer diş anomalilerini bulunabilir. “Siyah üçgenler” yetişkinlerde sık görülen estetik olmayan bir bulgudur. Bu siyah boşluklar diş şekli ile yakından ilişkilidir ve sıklıkla papillanın interproksimal boşluğu doldurmamasının bir sonucudur. Komşu iki dişin interproksimal temas noktası ile kret kemiği arasındaki mesafe 5 mm veya daha az ise, papilla mevcut olacaktır (21).

En yaygın iki diş hastalığı çürük ve periodontal hastalıktır. Periodontal hastalık yetişkin popülasyonda daha yaygındır. Bu nedenle tüm erişkin hastalardaki azı dişleri tüm yüzeylerde incelenmelidir, ilave sondalamalar yapılarak, arka dişlerin periodontal tutulum derecesin radyografik kayıtlarla beraber değerlendirilmelidir (8).

Diğer bir yaygın diş hastalığı olan çürük ise, ergenlerde yetişkinlerden daha yaygındır. Bununla birlikte, tüm hastalar ortodontik tedavi öncesinde ve tedavi süresince çürük açısından taranmalıdır. Mevcut herhangi bir lezyon kalıcı olarak onarılmalı ve herhangi bir pulpa tutulumu tedaviye başlamadan önce ele alınmalıdır (8).

Diş Sürmesi

Bireyler arasında dişlerin sürme zamanlamasında büyük farklılıklar vardır. Dişlerin sürme gecikmesi tek başına bir problem değildir. Bununla birlikte, maloklüzyon etiyojijisinde yer alan faktörlerden biri olarak anormal bir erüpsiyon sekansı kabul edilmiştir (22). Persiste süt dişleri, ankiloze dişler ve ektopik erüpsiyon gibi erüpsiyon bozuklukları, maloklüzyonda önemli etiyojijik faktörlerdir. Dişerin anormal sürme sekansı ile dişlerin anormal şekilleri, sürme yönü, konjenital diş eksiklikleri arasında korelasyon olduğu bildirilmiştir (19).

Dental Arklar

Ark içi analiz yapılırken; ark şekli, çapraşıklık veya diastemaların genel bir değerlendirmesi yapılır elde edilir. Ark içi diş ilişkilerinin değerlendirmesi yapılırken marjinal sırtların seviye farkı ve uyumsuzlukları değerlendirilir. Komşu dişler arasındaki ciddi marjinal çıkıntı farklılıkları ankilozun göstergesi olabilir (8).

Temporomandibular Eklem

Klinik muayenenin önemli bir kısmı, mandibulanın kapanma yolunu belirlemek ve maksimum interküspal pozisyonun (sentrik oklüzyon) retrude temas pozisyonuna (sentrik ilişki) birbiriyle uyumlu olup olmadığını belirlemektir. Bu pozisyonlar uyuşmuyorsa, prematür temaslar ve buna bağlı olabilecek kaymaları not edilmelidir. Mandibulanın en geride konumdan 2 mm ileri kaydırma yapması normaldir; ancak lateral yönlü kaymaların olması normal değildir. Dişlerin kesici kenarlarındaki aşınma modelleri genellikle çenelerin parafonksiyonel hareketlerini gösterir. Diş sıkma ve gıcırdatma gibi parafonksiyonel alışkanlıklar ortodontik tedaviyi özellikle dikey boyut açısından etkileyebilir (12).

Klinik muayene sırasında temporomandibular eklemler palpe edilmeli ve eklemlerdeki krepatasyon veya ağrı not edilmelidir. Şiddetli okluzal uyumsuzluklar mevcut olduğunda bile, çocuklarda nadiren temporomandibular bozukluk problemleri görülür. Ortodontistlerin, kas dengesizliklerine karşı toleransı azalmış olan yetişkinlerde tedavi sırasında veya sonrasında bu sorunlarla karşılaşma olasılığı daha yüksektir. Çocukların okluzal uyumsuzluklara karşı toleranslı olması, bunların ortodontik teşhiste önemsiz olduğu

anlamına gelmez. Ortodontik tedavi sırasında okluzal kayma ve kaymaların tespit edilerek düzeltilmesi özellikle önemlidir (12).

2.1.2. Teşhis Modelleri

Teşhis modelleri ağız içi muayenenin izin vermediği lingual yönden incelemeye olanak tanıyarak malokluzyonun daha detaylı şekilde değerlendirilebilmesini sağlar. Teşhis modelleri ark şeklini, oklüzyonu ve her bir dişin uzaydaki konumunu ve diğer dişlerle ilişkisini değerlendirmek için daha açık ve erişilebilir bir yol sağlar (8). Teşhis modelleri simetrinin değerlendirilmesi, yer analizi(dişlerin sıralanması, çapraşıklık, diastema) ve Bolton analizi yapmaya olanak tanır (1).

Geleneksel olarak alçı modeller kullanılırken, teknolojinin gelişmesiyle dijital modellerin de kullanımı artmaktadır. Bu modellerin üç boyutta manipülasyonuna izin veren ve Bolton analizi, yer analizi gibi analizler yapmaya izin veren, modelleri sanal artikülatöre alabilen çeşitli yazılım programları mevcuttur (23).

Günümüzde dijital modeller ölçülerin taranması, ölçülerden elde edilmiş alçı modelin taranması, doğrudan ağız içi taraması üzere üç şekilde elde edilebilmektedir (1). Ağız içi tarayıcıların gelişmesiyle doğrudan tarama oldukça etkili bir yöntem haline gelmiştir (24).

Ağız içi taramasıyla elde edilen dijital modeller ölçü alma işlemini gerektirmediği için hasta konforunu da arttırmaktadır (1).

Dijital Teşhis Modellerinin Avantajları

- Dijital modeller, dijital ortamda saklandığı için klinikte depolama sorununu ortadan kaldırmaktadır.
- Teşhis, klinik ve bilgi amaçlı dijital modellere ve ölçümlerine her zaman ve her yerden erişilebilir. İnternet üzerinden anında veri iletimi için uygundur.
- Dijital görüntüler daha büyük hale getirilebilir ve anatomik noktalar kolaylıkla lokalize edilebilir.

- Dijital dokümanlar üzerinde kolay, doğru ve otomatik ölçümler yapılabilir.
- Hastaları tedavileri konusunda motive etmek için dijital çalışma iyi bir görsel araç olarak kullanılabilir (25).

2.1.3. Fotoğraf

Diş hekimliği ve fotoğrafçılığın ortak tarihi, 1840 yılında dünyanın ilk fotoğraf galerisine sahip diş hekimliği okulunun açılmasıyla başlamıştır. Aynı zamanda bir diş hekimi olan Alexander Wolcott (1804–1844) 1840 yılında kamera icatlarının patentini almış ve fotoğraf stüdyosu aydınlatması için bir sistem geliştirerek fotoğrafçılık tarihinde kilit rol oynamıştır (26).

1848'de Dr. R. Thompson ve W. Elde, dental işlemlerin öncesi ve sonrası fotoğraflarının ilk kez kullanımına dikkat çekmiş ve diş hekimliğinde tanı ve tedavi planlamasında yeni bir sınır oluşturan bir makale yayınlamışlardır (27).

Dijital fotoğrafçılık, 1990'ların ortalarında pazarlarda bulunan dijital kameralarla gelmiş ve halen gelişmeye devam etmektedir (27).

Yüksek standartta çekilen tam bir klinik fotoğraf seti, tedavi başlamadan önceki orijinal klinik durumu detaylandıran paha biçilmez bir kayıtlardır. Bu yüzden tedavi planlanması yapılan her hasta için zorunlu bir kayıt olmalıdır (28).

Fotoğraflar sadece dişlerin komşu dişlerle ilişkisini değil, aynı zamanda sert ve yumuşak dokuların sağlığının da kaydedilmesini sağlar. Fotoğraflar standart bir yöntem kullanılarak çekildiğinde, tedavi boyunca meydana gelen spesifik değişiklikleri detaylandıran karşılaştırmalar yapılabilir. Görülen değişiklikler, normal büyüme ve gelişme ile birlikte uygulanan tedavinin doğrudan sonuçlarıdır (28).

Fotoğrafların teşhis ve tedavi planlamasına yardımcı olmasının yanı sıra birçok kullanım amacı bulunmaktadır:

Malzemelerin, tedavi adımlarının ve örnek vakaların gösterildiği fotoğraflar hastaların teşhis ve önerilen tedavi konusunda eğitimlerine ve bilinçlenmelerine katkı sağlar (29).

Tedavi başlangıcında dişlerde olan mine çatlağı, insizal kenarlardaki kırıklar, demineralizasyon gibi durumların doğru şekilde kaydedilmesini sağlayarak tedavi sırasında veya sonunda herhangi bir tartışmalı durum oluşmasını önleyebilmektedir (29).

İyi kalitedeki ham fotoğraflar gerektiğinde malpraktis davaları için yasal olarak kanıt niteliği taşıyabilir sağlar (29). Yazılı onam formuna ek olarak başlangıçtaki klinik durumun fotoğrafları; orijinal malokluzyonun şiddetinin ve tedavi sırasında ne gibi değişikliklerin meydana geldiği konusunda tartışmaya yer bırakmayacak şekilde işlev görebilir (30).

Fotoğraflar, hastanın başka bir hekime yönlendirilmesi durumunda konsültan hekimle olan iletişimin ya da laboratuvar işlemleri sırasında teknisyenlerle olan iletişimin en iyi şekilde sağlanması konusunda katkı sağlamaktadır (29).

Öncesi ve sonrası fotoğraflar hastaların tedaviyi kabul etmesi konusunda güçlü bir pazarlama aracıdır (29).

Diş hekimliğinde eğitimin pratik ağırlıklı olması sebebiyle metinlere göre fotoğraflar daha eğitici ve ilgi çekici olabilmektedir (29). Ortodontide vakaların düzenli olarak fotoğraflanması tedavisi iyiye veya kötüye giden hastaların incelenmesi ve bunların olası sebeplerinin öğrenilmesi mesleki gelişim için açısından oldukça faydalıdır (28).

Dijital fotoğrafçılığın geleneksel fotoğrafçılığa göre avantajları ise şunlardır:

- Görüntü, çekilir çekilmez hem kamera ekranında hem de bilgisayarda görüntülenebilmekte, düzeltme veya tekrarlama gereksinimleri hızlı şekilde kontrol edilebilmektedir. Ayrıca fotoğraflar hastaları motive etmek için kendilerine direkt gösterilebilmektedir.

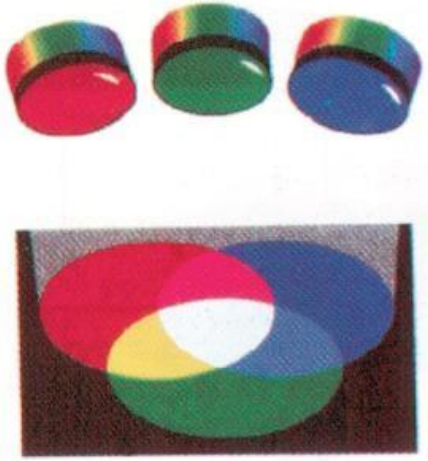
- Film, slayt veya işlem maliyeti yoktur.

- Kayıtları elektronik olarak saklanabildiğinden fiziksel depolama ihtiyacı yoktur. Ayrıca fotoğraflarda zamanla toz, çizik veya hasar oluşma riski oluşmaz.

- Görüntü kopyaları hiçbir ekonomik maliyet olmaksızın otomatik ve kolay bir şekilde yapılabilir.
- Dijital fotoğraflar, orijinal fotoğrafların saklanması avantajıyla her yerden anında veri aktarımı için uygundur.
- Dijital kayıtlar, işleme ve saklama prosedürüne dahil olan kişi sayısı azaldığından, daha fazla gizlilik sağlar.
- Dijital kayıtlar, öğretim amacıyla ana derslerde, sözlü iletişimlerde veya bilgisayar sunumlarında kolayca kullanılabilir.
- Yardımcı personel, dijital fotoğraf çekme konusunda eğitilebilir ve böylece ortodontiste zaman kazandırabilir (25).

2.1.3.1. Gelişmiş Dijital Fotoğrafçılık için Kamera ve Destekleyici Araçlar

Dijital görüntüler, her biri 0 ile 255 arasında bir seviyede ayarlanan kırmızı, yeşil ve mavi ışıktan oluşan resim öğelerinden (piksel) oluşur. Üç rengin tümü 255'e ayarlanırsa sonuç beyaz, tümü sıfıra ayarlanırsa sonuç siyah olur (Şekil 3). Üç rengin hepsinin aynı sayıda ayarlanmasından kaynaklanan 256 gri ton vardır. Üç rengin her birinin düzeyini değiştirmek, 16•7 milyon renk gamıyla sonuçlanır. Bu renklerin her biri için sayısal değerler, CCD'de depolanır. Bu piksellerden oluşur ve bunların sayısı, sıkıştırma derecesi ile birleştiğinde son çıktının kalitesini belirler 1990larda tipik bir CCD 640x480 pikselden oluşmuştur, klinik fotoğraflar için yetersiz kalitedir. 1999da görüntü başına 1.000.000'dan fazla pikselden oluşan megapiksel kameraların piyasaya çıkmasıyla dijital görüntü kalitesi de artmıştır. Geleneksel fotoğraf makinelerinin görüntü kalitesinin iyi olması, dijital makinelere kıyasla nispeten ucuz olmasına rağmen filmleri işlemenin maliyeti, süresi ve teknik zorlukları, depolama sorunları dijital kameralara yönelimi arttırmıştır (30).



Şekil 3: Piksel kırmızı, mavi, yeşil ışıktan oluşan resim ögesidir (30).

2.1.3.1.1. Kamera

Piyasada farklı teknik özelliklerde birçok kamera bulunmaktadır.

Geleneksel film kameraları için iki tür sınıflandırma vardır; biri film ebadına göre, diğeri ise kameranın yapısı ve vizörün mekanizmasına göredir. Dijital kameralar için oldukça fazla sınıflandırma vardır (31).



Resim 1: Kompakt kamera (32)



Resim 2: Profesyonel DSLR kameralar (32)

DİJİTAL KAMERA SINIFLANDIRMALARI (31).	
Kameranın Yapısına Göre Sınıflama	Kameranın Lensine Göre Sınıflama
Dijital SLR (Single lens reflex) kamera (Tek objektif yansımalı)	Değiştirilebilen lens
Elektronik vizörlü dijital kamera	Sabit lens
Kompakt dijital kamera (Point-and-shoot)	Süper büyütme (zoom) lensli kamera
Kamera Sensörünün Boyutuna Göre Sınıflama	Kullanım Özelliklerine Göre Kameralar
Medium format (orta format) 102x127 mm	Profesyonel kameralar
Full frame 36x24 mm (Tam çerçeve)	Yarı profesyonel kameralar
APS-c (Advanced Photo System Type c - Gelişmiş Fotoğraf Sistemi tip-c) 22.5x15 mm (canon)	Amatör kameralar
4/3 Formatlı dijital kamera 17.3x13 mm	
Kamera Sensörünün Tipine Göre	
CCD (Charge Coupled Device – Yük Birleştirme Aygıtı)	
CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor - Üstün Metal Oksit Yarı İletken)	

Tablo 1: Dijital Kamera Sınıflandırması (31)

Diş hekimliği için bir kameranın intraoral yapıların makro görüntülemesini yapabilmesinin yanı sıra portre çekimi kapasitesinin de yüksek olması beklenmektedir. Günümüzde böyle bir görüntüleme için dijital tek reflektörlü (DSLR) kameralar önerilmektedir.. Bir DSLR, TTL (lens yoluyla) görüntüleme ve ölçüm, hassas odaklama ve doğru çerçeveleme sunar. DSLR'lerin en büyük avantajı paralaksın ortadan kaldırılmasıdır çünkü vizör, lens ve görüntü sensörünün tümü aynı optik eksenini paylaşır. Bu, vizörde görülenin ortaya çıkan görüntüde kaydedilenle aynı olduğu anlamına gelir (32).

Geleneksel ve dijital kameralar kamera gövdesi, lens ve flaş sistemi olmak üzere 3 komponentten oluşur (31).

Kamera Gövdesi: Bir DSLR makinenin kamera gövdesi; sensör, LCD görüntüleyiciden ve kameranın "beyni" olan mikroişlemciden oluşur (32).

Lens: Değiştirilebilir lens seçimi yapılırken fotoğraf uygulamasının türü (makro, portre, manzara, spor, vahşi yaşam vb. gibi) önemlidir. Birkaç DSLR'de genellikle makro çekim yapamayan sabit yakınlaştırma lensleri bulunur bunlar dental fotoğrafçılık için uygun değildir (32). Kompakt kameraların değiştirilemeyen objektifleri bulunmaktadır. Genellikle bu kameraların lensleri büyütme (zoom) kabiliyetine sahiptirler (31).

Bir DSLR'nin standart lensinin odak uzaklığı 50 mm'dir. 28 mm gibi daha kısa bir odak uzaklığı olan lensler (örneğin manzaralar için geniş açılı lensler) olarak sınıflandırılırken, daha uzun bir odak uzaklığı olan lensler (örneğin spor veya vahşi yaşam için) telefoto olarak sınıflandırılır. Dental uygulamalarda, portre yakın plan çekim yapabilmeyi sağlayacak çift amaçlı bir lens gereklidir. Bu nedenle ideal seçim, bu iki özelliği birleştiren bir lens, yani bir makro telefoto lensidir. Gerçek bir makro, 1:2 veya 1:1 büyütme üretebilir. 1:1 büyütme idealdir ve sensör tarafından kaydedilen görüntünün gerçek hayattaki nesneyle aynı boyutta olduğu anlamına gelir. 35 mm formatlı DSLR'ler için, 1:1 görüntü genellikle yaklaşık dört üst kesici dişe karşılık gelir (32).



Resim 3: Makrolens (32).

Flaş

Flaş sistemi, fotoğrafların kalitesini arttıracak önemli bir unsurdur. Fotoğraf makinelerinin üstünde kendi dahili flaşları bulunur (point flaş) ancak bu flaşlar cephe aydınlatması yaparak detayların azalması, derinlik hissinin kaybolması gibi dental fotoğrafçılıkta istenmeyen sonuçlar oluşturur (33).

Fotoğraf makinelerinin dahili flaşları dışında fotoğraf makinesine monte edilmiş kompakt flaşlar ve stüdyo flaşları gibi elektronik flaşlar kullanılabilir (34).

Kameraya monte edilmiş ring (halka) flaşlar (Resim 3) makro fotoğrafçılıkta evrensel flaş sistemi olarak kabul edilmektedir. Ring flaş sistemi ile nesneler gölgeler olmadan eşit şekilde aydınlatılabilmektedir (35). Bu özellik dental fotoğrafçılıkta posterior bölgedeki dişlerin veya erişimin zor olduğu alanların çekiminde kolaylık sağlar. Bununla beraber tek yönde ışık çıkışına sahip olduklarından anterior dişlerdeki ayrıntıların, translusensinin, renk geçişlerinin kaybolmasına yol açar, anterior restorasyonların fotoğraflanmasında tercih edilmemesi önerilmektedir (34). Kameraya monte edilebilen bir diğer flaş ise çift flaş sistemine sahip twin (ikiz) flaşlardır. Bu flaş sisteminin kullanımı için daha fazla deneyim gerekse de yüzey detaylarını, renk geçişlerini, translusensliği ve çatlak gibi çizgileri ortaya çıkarabildiği için oldukça avantajlıdır(35). İkiz flaşlar istenmeyen yansımaları azaltmak için, kameranın her iki tarafında yatay düzlemde 45° açıyla konumlandırılabilir (bi-lateral kurulum). Bu ikiz ışık kurulumuyla, bir flaşın geliş açısı, karşı taraftaki flaşın yansıtma açısına eşittir. Sonuç olarak, iki ışık kaynağından gelen yansımalar birbirini yok eder ve bu nedenle kamera herhangi bir yansıma görmez. Bu tür bir aydınlatma, doğal dişlerin üzerini örten minenin altındaki dentin tabakalarını fotoğraflamak veya bir seramik diş restorasyonunun dentin porselen tabakasını görselleştirmek için kullanılabilir (34).



Resim 4: Ring flaş ve twinflaş (34)

Kompakt flaşların haricindeki stüdyo flaşları estetik diş hekimliği için yüksek kaliteli fotoğrafların çekilmesini mümkün kılmaktadır (27). Stüdyo flaşları özellikle portre fotoğraflarının çekiminde idealdir (10). Stüdyo flaşları ile fotoğraf çekimi yapabilmek için 4 m²'lik alana ihtiyaç vardır. Boyutlarından ötürü pratik olmasalar da elektriğe bağlanarak çalıştıklarından şarj sorunları yoktur ve arka arkaya hızlıca fotoğraf çekimi yapmak mümkündür. Soft boxlar veya şemsiyeler bu flaşlarla kullanılan diffüzörlerdir (35). Böylelikle flaştan çıkan ışığın yumuşatılması sağlanır. Ayrıca basit bir stüdyo kurulumu için bunların dışında beyaz gümüş ya da altın reflektör ve arka plan için renkli kumaşlar da gereklidir (36).

2.1.3.1.2. Diğer Kamera Elemanları

Diyafram: Diyafram, mercekte bulunan ve merceğin içinden geçen ışığı, açılıp kapanarak kontrol edebilen açıklıktır. Diyafram açıklığının büyüklüğü fotoğraf makinesine ulaşan ışığın fazla olmasını sağlar ve görüntü daha parlak görünür. Diyafram açıklığı f-stop değeri ile ifade edilmektedir. 1.4 (maksimum açıklık), 2, 8, 4, 5, 6, 8, 11, 16, 22, 32, 36 (minimum açıklık)'ya kadar numarandırılmaktadır (31).

Obtüratör (Shutter) ve Enstantane: Sensöre düşecek ışığın süresini kontrol etmektedir. Saniyenin katları olarak ifade edilir. 1/1, 1/2, 1/30, 1/125, 1/250, 1/1000 gibi. Dental fotoğrafçılıkta enstantane süresi 1/200 saniyede sabitlenmektedir (37).

Vizör: Cismin görüntü karesinin çerçevelenmesi ve gerekli ayarların yapılmasına yarayan mercek ya da elektronik ekrana denir. LCD, elektronik vizör ve optik vizör olmak üzere kameranın tipine göre değişen üç farklı tipi vardır (38).

ISO: Kamera sensörünün ışığa duyarlılığını ifade etmektedir. Düşük ışıktaki, daha yüksek ISO değeri seçilmektedir. Yüksek ISO değeri, ışığı amplifiye ettiği için görüntüde gürültü (noise) oluşmasına sebep olmaktadır (31). Dental fotoğrafçılıkta flaşların varlığı sebebiyle ISO değeri mümkün oldukça en düşük değerde (100 veya 200) tutulmalıdır (35).

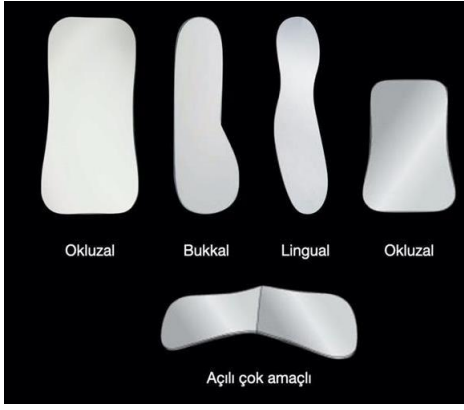
WB (White Balance): Fotoğrafların ışık kaynağının rengine göre işlenmesini sağlayarak objelerin renginin ışık kaynağının renginden etkilenmemesini sağlar (39).

2.1.3.1.3. Fotoğraf çekimine yardımcı aksesuarlar

Aynalar: Yetişkin ve çocuk hastalar için farklı boyutlarda, özellikle intra oral fotoğraflarda oklüzal ve bukkal yüzün çekimlerinde kullanılmak için tasarlanmışlardır (39). Gelişmiş görüntü kalitesi ve doğru netlik için rodyum kaplı aynalar önerilir. Alternatif olarak, daha dayanıklı oldukları için titanyum veya çelik aynalar kullanılabilir. Ancak, düşük kalite görüntüler üretirler (40). İdeal olarak aynanın konumunu tam olarak kontrol etmeye izin veren ve operatörün ellerinin görüş alanından uzakta olmasını sağlamak için uzun saplı aynalar tercih edilmelidir. Ayrıca aynalar otoklavlanabilir olmalıdır (41).

Çeşitli boyutlarda aynaların mevcut olması önemli olmakla birlikte oklüzal fotoğraf için en büyük boy aynanın kullanılması önerilmektedir. Orta boy aynalar, özellikle sıkı yumuşak dokuları olan hastalar için kullanılabilir. Dudak damak yarıklı bebeklerin fotoğrafını çekerken en küçük ayna kullanılır (41).

Aynalarla çalışılırken buğulanmayı önlemek için kullanmadan önce beş saniye boyunca sıcak musluk suyu altına tutulabilir (42). Ayrıca fotoğraf çekimi sırasında yardımcı asistanın hava-su spreyi yardımıyla aynaya hafifçe hava sıkması da buğulanmayı önlemektedir (35). Buğulanmayı önleyen mikrofan ile çalışan ve LED ışığı sayesinde doğrudan aydınlatma sağlayan son teknoloji aynalar da mevcuttur (43).



Resim 5: Aynalar (35).



Resim 6: Uzun saplı aynalar (41)

Ekartörler

Aynaları etkin bir şekilde kullanabilmek, dudakları, labial ve bukkal mukozayı ekarte edebilmek için kullanılan, metal veya şeffaf plastik formları bulunan ürünlerdir (35).

Dental fotoğraflarda ışık yansımalarına sebep olmaması ve farklı renk algılanmamasına sebep olmaması açısından şeffaf plastik ekartörlerin kullanılması önerilmektedir (36).

Ekartörlerin geniş ağızlı tarafları intraoral cephe fotoğraflarının çekilmesi sırasında vertikal ekartasyon için kullanılır. Dar olan taraf ise intraoral yan fotoğrafların çekilmesi sırasında daha çok horizontal ekartasyon yapabilmek için kullanılır. Fotoğrafı çeken kişi, bulunduğu taraftaki ekartörü kendi tutmalıdır (41).



Resim 7: Ekartörler(41).

Kontrast Plaklar

Kontrast plaklar anterior dişlere siyah bir arka plan vererek dişlerin translusensliği ve rengi daha net bir şekilde görebilmek ve bunun yanında dil ve yumuşak dokular gibi arkın dışında kalan alanları uzaklaştırıp maskelemek için kullanılır (35).



Resim 8: Kontrast Plaklar (35)

2.1.3.2. Yüz Fotoğrafları

Yüz fotoğrafları çekilirken ideal olarak portre görünümü tercih edilmelidir. Portre görünümünde yüzün çerçeveyi doldurur, başın tepe noktasının üstünden çenenin hemen altına uzanan bir görüntü elde edilir. Hastanın gövdesini fotoğrafta çok fazla yer almasına gerek yoktur. Hastanın pupiller düzlemi yere paralel, kamera da bunlara paralel olmalıdır. Fotoğraf makinesi dikey olarak, doğru büyütme oranında kullanılmalıdır (44).

Fotoğraf çekimi ünite yapılmamalı, hasta bir tabureye oturtulmalıdır. Bu esnada hekim de mutlaka oturmalı, hastayla aynı hizada olmalıdır (45).

Arka plan yansıma yapmayan uygun bir malzemeden seçilmelidir. Mavi, siyah, gri bir arka fon kullanılabilir (44, 35).

Gölge oluşumunu engellemek için alternatif olarak arka planda ışık kutuları kullanılabilir (44).

Ortodonti rutininde önerilen yüz fotoğrafları şunlardır (12):

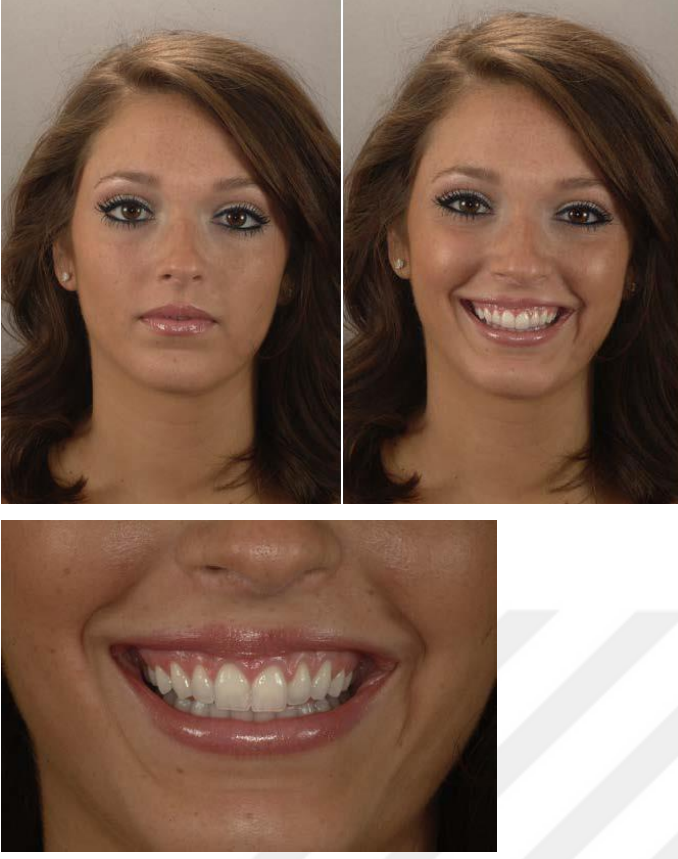
1.Frontal Fotoğraflar: Hasta doğal baş pozisyonunda ve doğrudan kameraya bakar.

İstirahat halinde frontal fotoğraf: Dudak yetersizliği vb. durumlar izlenebilir

Maksimum interküsbidasyon konumunda dudaklar kapalı frontal fotoğraf: Dudak gerginliğinin ve estetik etkisinin net şekilde görüntülenmesini sağlar.

Fontal dinamik (gülümseme) fotoğraf: Kesici dişlerin görünümü, diş eti görünümü vb. değerlendirilebilir. Gülümseme hastanın duygu durumuna göre değişkenlik gösterebilir, bazen yalnızca zorlama bir gülümseme elde edilebilir. Gülümseme ile kahkaha atma sırasında kaslar dudakları aynı seviyede kaldırmayabilir. Tüm bu sebeplerle dijital video kayıtlar da önerilmektedir.

Yakın çekim gülümseme fotoğrafı: Gülümseme estetiğini detaylı incelenmesi için önerilmektedir (12).



Resim 9: Frontal yüz fotoğrafları (12)

2.Profil Fotoğrafları: Genellikle sefalometrik filmler gibi sağ taraftan profil fotoğrafları çekilir. Ancak fasiyal asimetri durumunda iki yönden de fotoğraf alınmalıdır. Hastanın başı Frankfort Horizontal Düzlemi'ne paralel olmalıdır ve hasta saçlarını kulaklarının arkasına atmalıdır (44). Hastayı uygun konumlandırmak için en yaygın yöntem hastayı karşısındaki aynaya bakmaya yönlendirmektir (12). Fotoğraf çerçevesi başın üst noktası, çenenin alt noktası ve burnun önünü içermelidir (44). Başın arka kısmının görüntüsü fotoğrafta çok gerekli görülmemekte, bazı klinisyenler fotoğrafın sol sınırını kulağın arkasında sonlandırmaktadırlar (12).

Profil fotoğrafları istirahat ve gülümseme profil fotoğrafı olarak iki adet çekilir.



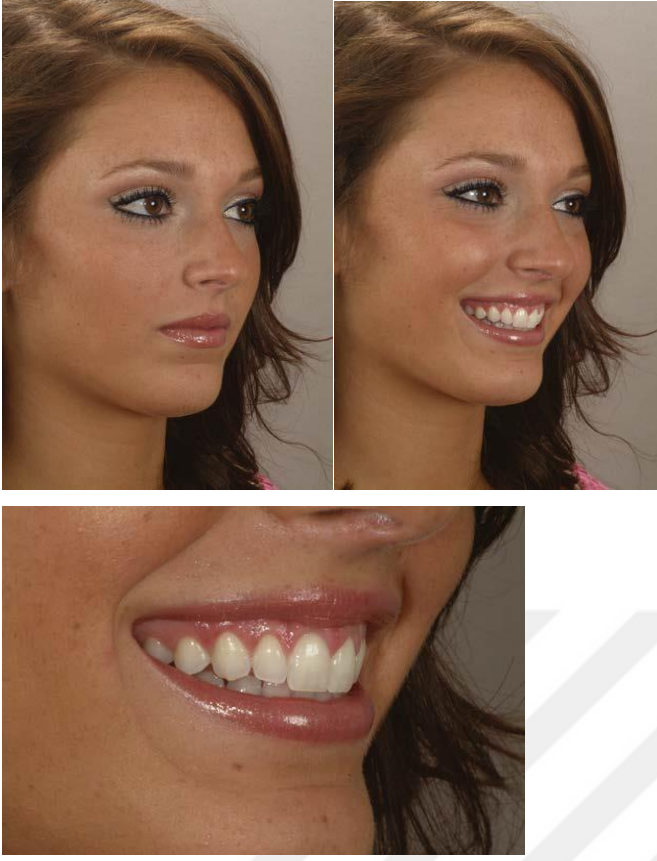
Resim 10: Profil fotoğrafları (12).

3.Oblik (3/4) Fotoğraflar: Oblik fotoğraflarda hasta doğal baş pozisyonundadır ve kameraya 45° açıyla konumlanmaktadır.

a.İstirahat pozisyonunda oblik fotoğraf: Orta yüz ve orta yüzdeki deformiteleri değerlendirmek için kullanılır. Çene-boyun bölgesi, gonial açının belirginliği, mandibula alt kenarının uzunluğu vb. özelliklerin değerlendirilmesinde faydalıdır.

Oblik gülümseme fotoğrafı: Keser açıları ve okluzal düzlemle oryantasyonu, okluzal kant varlığı oblik gülümseme fotoğraflarıyla değerlendirilebilir.

Oblik yakın çekim gülümseme fotoğrafı: Dudakların dişlerle ve çenelerle olan ilişkisinin daha ayrıntılı değerlendirmeyi sağlar.



Resim 11: Oblik yüz fotoğrafları (12).

4.Submental Görüntü: Opsiyonel olmakla birlikte mandibular asimetriyi kaydetme alanığı sağlar (12).

Dijital Video Teknoloji: Fotoğraf çekimi sırasında elde edilen gülümseme 1/125 saniyelik bir pozunu temsil eder, tekrarlanır olmayabilir. Bu yüzden gülümseme ve konuşmanın dinamik kaydı dijital videografi ile gerçekleştirilebilir. Video görüntüsü kareleri tek tek görmeye olanak sağladığı için gülümseme sırasındaki en tutarlı dudak-keser diş pozisyonu yakalanabilir (12).

2.1.3.3. Ağız İçi Fotoğraflar

Standart ağız içi fotoğraf serisi 5 fotoğraftan oluşur: anterior, sağ ve sol bukkal görüntü, alt çene okluzal, üst çene okluzal görüntü (12).

Anterior görüntü: Okluziyondaki dişlerin tüm fotoğraf çerçevesini kapladığı bu görüntüde okluzal düzel horizontal olarak fotoğrafı ikiye bölecek şekilde konumlanır. Orta hatlar

görüntünün merkezine gelmelidir. Doğru ekartörlerin seçimiyle tüm yumuşak dokular dişlerden uzaklaştırılmalıdır. Okluzal düzlemde kant olması, uygun olmayan ekartör seçimi, tükürüğün fotoğraf çekimi öncesi aspire edilmemesi, dişlerin yüzeyinde aljinat artığı vb. artıklar olması fotoğraf hatalarını oluşturur. Odaklamaya yardımcı olmak için ünit ışığı da direkt olarak hasta ağızına yönlendirilmelidir. Maksimum sayıda diş odaklayabilmek için odak merkezi lateral keserler seviyesinde olmalıdır (44). İdeal olarak F32'de lateral kesicilerin distali-kanin dişlerin mesialine yapılacak odaklama santral dişlerin ön yüzünden molarların bukkaline kadar keskin bir alan derinliği oluşmasını sağlar (41).

Bukkal görüntü: Anterior fotoğraflarda olduğu gibi okluzal düzlem fotoğrafı horizontal olarak ikiye bölecek şekilde konumlanmalıdır. Mümkünse santral dişin mesialinden birinci molar dişin distaline kadar tüm dişler fotoğrafta görünmelidir. Paralaks etkisi olmaması ve sagittal yönde hatalı olabilecek bir görüntü oluşmaması için kameranın açısının dişlerin bukkal yüzeylerinden geçen teğet doğruya dik şekilde açılması önemlidir (44). Yanlış açılma sonucu Sınıf II malokluzyon Sınıf I gibi görüntülenebilir (12). Bukkal fotoğraflarda kanin ve birinci premolar dişlerin bukkaline odaklama yapılmalıdır (41).

Okluzal görüntü: Ayna ile elde edilebilen okluzal görüntüler ideal olarak simetrik olacak şekilde santral dişlerin önünden birinci molar dişlerin distaline kadar olan okluzal yüzeyleri içermelidir (44). Yumuşak dokuları dişlerin bukkal yüzlerinden uzaklaştırmak için dudak ekartörleri kullanılmalıdır (46). Premolar dişlerin okluzal yüzeylerine odaklama yapılmalıdır. Diş arkı ile ayna arasında 45°; ayna ile kamera arasında 45° açı olmalıdır ve tüm okluzal alan aynı odak düzleminde olmalıdır (41). Maksillanın okluzal çekimi için, hasta başını geriye doğru eğer, hekim saat 12 pozisyonunda bulunur. Mandibulanın okluzal çekiminde ise, hekim saat 6 pozisyonunda ve hastanın üzerinden hastaya doğru eğilerek çekim yapılmalıdır. Fotoğrafta mümkün olduğunca fazla diş görüntü içine alınmalı, burun kadraja alınmamalıdır. Alt çene arkının görüntülenmesi sırasında dil, dişlerin üzerine gelerek görüntüyü engellememelidir (36). Ayna ile okluzal fotoğraflar çekilirken daha fazla ışık girişini sağlayabilmek için diyafram değeri 1 birim açılmalıdır (44). Ilık ayna kullanmak, hastaya nefesini tutması konusunda talimat vermek, hava-su spreyiyle aynaya hava sıkmak aynanın buğulanmasını engellemeye yardımcıdır (41).

Ağız içi fotoğrafların kalitesini arttırmak için;

- Doğru retraktörler seçilmelidir.
- Yardımcı asistan fotoğraf çekim tekniği konusunda eğitilmelidir.
- Odaklamaya yardımcı olması için reflektör ışığı dişleri aydınlatmalıdır.
- Otomatik odaklama yerine manuel odaklama kullanılmalıdır.
- F32 kullanılabilen uygun kamera, flaş, lens sistemi kullanılmalıdır.
- Fotoğrafın çekildiği taraftaki retraktörü ve aynayı fotoğrafı çeken kişi tutmalıdır.
- Okluzal düzlem horizontal olarak konumlanmalıdır.
- Aspiratör kullanılmalı, fotoğrafta tükürüğün görüntüyü bozmasına engel olunmalıdır (41).



Resim 12: Ağız içi fotoğraflar

2.1.4. Radyografik Kayıtlar

Ortodontik teşhis ve tedavi planlaması için birçok radyografik görüntü kullanılabilir. Bunlardan en çok kullanılanı panoramik ve lateral sefalometrik radyograflardır.

2.1.4.1. Panoramik Filmler

Düşük radyasyon dozu, geniş anatomik alanları göstermesi, çok kısa sürede çekim yapılmasına olanak sağlaması, hastanın işleme olan toleransının yüksek olması gibi avantajları nedeniyle panoramik radyografileri tercih sebebi yapmaktadır (47). Panoramik filmler dentisyonun genel değerlendirilmesine olanak tanır, intraosseöz patolojilerin teşhisinde yardımcı olur (48). Kondillerin anatomisi, uzunluğu veya genişliğini, kondiller arasındaki asimetrielerin değerlendirilmesinde; ramus uzunluğu, genişliği ve asimetrinin değerlendirilmesinde kullanılabilir (49). Eksik ve fazla dişlerin varlığı, dişlerin erüpsiyon durumları, gömülü dişler, dişlerdeki anatomik varyasyonlar saptanabilir (50).

Panoramik filmlerin periapikal filmlere göre düşük çözünürlüğünün düşük olması, magnifikasyon, çift imaj, hayalet imaj gibi superimpozisyonların oluşması vb. dezavantajları vardır (48).

2.1.4.2. Sefalometrik Filmler

2.1.4.2.1. Sefalometrinin Tarihçesi

Eski uygarlıklar, özellikle Yunan ve Mısırlılar, yüzün biçimi konusunda incelemeler yapmışlardır. Düzlemler ve ölçümlerin kullanıldığı ilk modern kraniyofasiyal araştırmalar, genellikle 13. ila 15. yüzyıllar arasındaki sanatçılar ve antropologlar tarafından yapılmıştır. 1400'lerde Leonardo da Vinci, baş pozisyonunu güvenilir bir şekilde yeniden tekrarlanabilmesi ve yüz formunun özelliklerini değerlendirmesine izin veren çok hatlı bir sistem kullanarak ilk yüz karakterizasyon biçimini oluşturmuştur (51). Albrecht Deurer (1528), koordinat sistemi kullanarak kafa şeklini değerlendirmiştir (52). Antropologlar ise, o dönemde yüz şekli hakkında veri elde etmek için kafatasları üzerinde doğrudan ölçümler kullanmışlardır (53).

16. yüzyılda Spiegel, kafa şeklinin incelenmesi antropologlar arasında daha fazla ilgi çekmeye başlayınca 4 düzlem sefalometrik (sefalometricae) fikrini ortaya atmıştır. Bundan sonraki 200 yıl için kraniyometrik çalışmaların çoğu, kafatası boyutu ve şekline odaklanmıştır (54).

19. yüzyılın ikinci yarısında iki önemli gelişme radyografik sefalometrinin yolunu açmıştır. Bunlardan ilki Fransa'dan bir antropolog olan Pierre Broca'nın baş pozisyonunu standardize etmek amacıyla ilk defa kraniostat kullanmasıdır. İkincisi ise Wilhelm C. Roentgen'in 1917'de Nobel Ödülü'nü kazandığı x-ışınlarının kullanmasıdır (55). Bu keşifler röntgenografik sefalometriyi mümkün kılmıştır. Spencer Atkinson, Angle College'da 1922'de verdiği bir konferansta, maksiller birinci molar dişinin key ridge(infra zigomatik crest) ile ilişkisini belirlemek için kafatasının röntgenogramının kullanılmasına dikkat çekmiş; ayrıca, çenelerin kafa tabanı ve yüzün geri kalanıyla ilişkisini görselleştirmenin de mümkün olduğuna işaret etmişlerdir (56).

Angle'daki eğitiminin ardından Broadbent, T. Wingate Todd ile birlikte, insan kafatası ve çene kemiğinin standart yan ve anteroposterior düzlemsel radyograflarının alınmasına izin veren Western Reserve Üniversitesi röntgenografik kraniostatını geliştirmişlerdir (53). Todd ve Broadbent, yaptıkları çalışmalarda yumuşak dokularda, dişlerin artikülasyonunda ve hatta nazofaringeal bölgelerdeki değişiklikleri gözlemleyebilmelerine rağmen, laboratuvar röntgenografisinin bilimsel araştırmaya izin verecek ölçüde standardize edilmediği sonucuna varmışlardır. Bu sebeple cihazda yapılan iyileştirmeler, 1931'de Broadbent-Bolton sefalometresinin gelişimini sağlamıştır (53).

Broadbent-Bolton sefalometrenin önemli bir özelliği, 2 x-ışını kaynağı kullanması ve böylece denneğin kafasını hareket ettirmeden hem yan hem de ön radyografların alınmasına olanak sağlaması olmuştur. Broadbent, görüntünün bir projeksiyon görüntüsü olması ve nesne (hastanın kafası) ile film arasında bir mesafe olması nedeniyle anatomik yapıların genişlemesinin kaçınılmaz olduğunu fark etmiş, bu genişlemeyi doğru bir şekilde tahmin edebilmek için, her radyografi için midsagittal düzlemden lateral film kasetine olan mesafeler (mesiolingual mesafe) ve transporiyonik eksenden frontal film kasetine olan mesafeler (posteroanterior mesafe) milimetre cinsinden kaydedilmiştir. Bolton oryantalatörü ile birlikte kullanıldığında, bu mesafeler anatomik radyografik yapıların doğru bir şekilde ölçülmesini sağlamıştır (53).

Broadbent ve Todd, radyografik sefalometrinin normal insan iskelet anatomisinde zaman içinde meydana gelen değişiklikleri inceleme yeteneğinin önemini görüp 1929'da Broadbent-Bolton Büyüme Çalışması'nı başlatmışlardır.

1937'de Broadbent, görüntülerin oryantasyonu Bolton-nasion düzleminin kullanımını göstermiştir ve yüzün büyümesinde en sabit nokta olarak R noktasının kullanımını anlatmıştır (56).

Başka bir Angle öğrencisi olan Allan Brodie ve arkadaşları, Broadbent-Bolton sefalometresi kullanılarak elde ettiği tedavi ve tedavi sonrası etkilere ilişkin bulgularını yayınlamıştır. Ayrıca Brodie, Sınıf III hasta örneklerini, William B. Downs, Sınıf I hasta örneklerini; Abraham Goldstein ve Ernest Myer, Sınıf II hasta örneklerini inceleyerek farklı hastalarda aynı tedavinin farklı sonuçlar verdiği ve tedavideki başarının çenelerin büyümesi ve kütleli hareketi ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ortodontik tedavinin etkilerinin çoğunun alveol kemiği seviyesinde olduğunu da kaydetmişlerdir (53).

Tüm bu gelişmeler sefalometrinin klinik pratikte ve bilimsel çalışmalarda kullanımını arttırmıştır

Sefalometrik filmler yarım asırdan fazla bir süredir, ortodontik tanı ve tedavi planlamasında rutin bir ölçüm olmuştur (57). Çekim teknikleri standardize edilmiş olan sefalometrik filmler direkt olarak film üzerinden ya da film üzerinden anatomik landmarkların çizilmesiyle oral ve kraniofasial yapılar hakkında daha kesin ölçümler ve karşılaştırmalar yapmayı sağlar (58).

2.1.4.2.2.Sefalometrik Röntgenlerin Çekim Prensipleri

Sefalometrik projeksiyonlar, kraniofasial bölgenin tekrarlanabilir şekilde görüntülenmesine izin veren standartlaştırılmış projeksiyonlardır. Lateral radyografiler, kafatası, reseptör ve x-ışını ışını arasında sabit bir ilişkinin korunmasına yardımcı olan bir sefalostat ile yapılır (48). Sefalostat alın çubuğu ve kulak çubuklarından oluşur, bu parçalar hastanın kıpırdaması ve başını öne eğmesine engel olur. Hasta sefalostat ile pozisyonlandırılırken bilateral kulak çubukları dış kulak yoluna yerleştirilir. Ayakta pozisyonlandırılan hastanın midsagittal düzlemi x ışınına dik, film/reseptör düzlemine paraleldir. Frankfort horizontal düzlemi ise yere paraleldir (58). X ışını kaynağından nesneye 5 ft (152.4 cm)'lik bir mesafe ile sefalometrik bir projeksiyon yapılır; bu mesafe magnifikasyonu en aza indirir. Nesne-reseptör mesafesi tipik olarak 10 ila 15 cm'dir ve aynı

hastanın ardışık radyografileri için sabit tutulmalıdır. Bu projeksiyonlar, film veya dijital sensör kullanılarak yapılabilir (48).

Lateral sefalometrik filmler gibi cepheden postero-anterior sefalometrik filmler de aynı çekim prensibiyle çekilmekte olup yalnızca hasta 90° rotasyon yaptırılarak yüzü filme bakacak şekilde konumlandırılır (48).

2.1.4.2.3. Sefalometrik Filmlerin Kullanım Amaçları

Ortodontik Tanı: Sefalometrik filmler tanıda hastanın diş ve iskelet ilişkilerini tanımlamak için kullanılır. Anamolinin iskeletsel kökenli ya da yalnızca dişsel kökenli olmadığına teşhisinde, dişlerin kemik kaidesi ile olan ilişkisinin belirlenmesinde, maksilla ve mandibulanın birbirlerine göre ve kafa kaidesine göre konumlarının belirlenmesinde sefalometrik filmler kullanılmaktadır. Ayrıca sefalometrik filmler üzerinden kemik uzunlukları ölçümleri, yumuşak doku profil ölçümleri yapılabilir (1).

Ortodontik Tedavinin Neden Olduğu Değişikliklerin İncelenmesi: Tedavi öncesinde, sırasında ve sonrasında alınan sefalometrik filmlerden alınan çizimler çene ve diş pozisyonlarındaki değişikliklerin geriye dönük olarak incelemek için karşılaştırılabilirler. Gözlenen değişiklikler büyüme ve tedavinin bir kombinasyonundan kaynaklanır (1).

Sefalometrik filmler patolojik problemlerin görüntülenmesi için alınmazlar ancak kafatası, çeneler, kranial kaide veya servikal omurlardaki anomaliler sefalometrik filmlerde görüntülenebilir (1).

Birleşik Krallık'ta klinik ortodonti için mevcut yönergelere göre lateral sefalometrik radyografinin kullanım endikasyonları şunlardır:

1. İskeletsel bir bozukluğa bağlı hareketli veya sabit apareyler kullanıldığında kesici dişlerin labiolingual hareketini değerlendirmek gereken olgular
2. Bir öğretim ortamında orta derecede iskeletsel bozukluğu olan hastalar
3. Sürmemiş, malforme veya ektopik dişlerin yeri ve değerlendirilmesi

4. Hastalarının büyümesini değerlendirmek ve ortognatik cerrahi planlaması yapmak için sınırlı seri radyografiler (59).

2.1.4.2.4.Sefalometrinin Genel Limitasyonları

1. Üç boyutlu bir cismin iki boyutlu görüntüsünü verir.

2. Landmarkların belirlenmesinde hatalar olabilir. Böylece sefalometrinin güvenilirliği düşer.

3. Sefalometrik analizler sırasında hatalar yapılabilir.

4. Sefalometride çeşitli varsayımlar vardır:

a) Simetri: Lateral projeksiyonlarda yapılan çeşitli analizler, hastanın herhangi bir iskelet asimetrisi olmadığı varsayımına dayanmaktadır, bu durumda analiz sonuçları doğru olmayabilir. Bu, postero-anterior projeksiyonların analizi ile önlenebilir.

b) Sefalogramın doğruluğunda bir oklüzal ve postüral pozisyonun doğruluğu önemlidir.

5. Yanlış kesinlik yanılgısı: Bir kişi aynı kişinin bir dizi sefalogramını aldığı anda ve landmarkları belirleyip, analizler yaptığı anda; ölçülen çeşitli açılar, her seferinde 1:5'lik bir standart hata gösterebilmektedir.

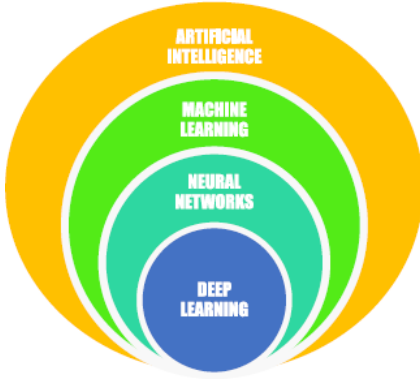
6. Hastayı göz ardı etme yanılgısı: Sefalometrik değerler sabit hedefler olarak alınmamalıdır, bazen belirli bir hastanın belirli değerleri ortalama değerden farklı olabilir. Ancak tedavi için bir endikasyon olmayabilir. Bu nedenle, bir tedavi planı yapılmadan önce hasta bireysel olarak analiz edilmelidir. Değerlerin farklı olması tedavinin gerekli olduğu anlamına gelmez. Fonksiyon ve estetik karşılanıyorsa, sefalometrik değer norm değerden herhangi bir sapma göstermesi göz ardı edilebilir (60).

2.2. YAPAY ZEKA

İlk kez 1955'te John McCarthy tarafından ortaya konulan yapay zeka (AI) terimi, minimum insan müdahalesi ile akıllı bir davranışı modellemek için bilgisayar kullanılmasını ifade eder (61, 62). Artan veri kullanılabilirliği, bilgi işlem gücü ve analitik yöntemlerdeki gelişmeler, yapay zekanın modern toplumda kullanımını arttırmıştır. Yapay zekanın etkileri, web aramalarından sosyal medyadaki içerik filtrelemeye, akıllı telefonlar, kameralar ve arabalar gibi tüketici ürünlerine kadar günlük hayatımızda görülmektedir (63).

Yapay zeka kendi kuralları olan bir problem çözme aracıdır, her zaman insan beynini taklit etmeyebilir. Yapay zeka ile insan benzeri davranışlar elde etmek için çalışmalar yapılmış ve bilgisayar sonuçlarının birçok parametrede insan sonuçlarından üstün olduğu görülmüştür (64).

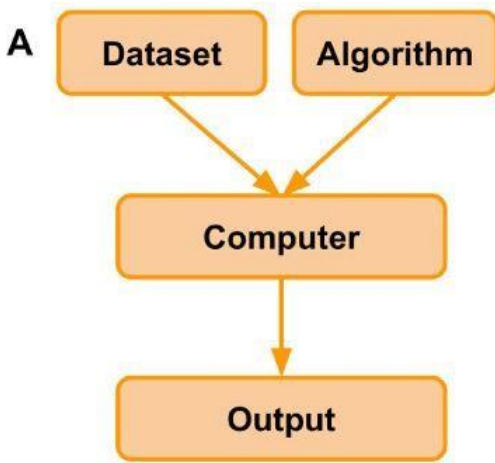
Yapay zeka, normalde insanlar tarafından gerçekleştirilen entelektüel görevleri otomatikleştirmeye odaklanan bir alandır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme ise bu hedefe ulaşmanın özel yöntemleridir, yani yapay zeka alanı içindedirler (Şekil 4). Ancak yapay zeka, herhangi bir "öğrenme" biçimi içermeyen yaklaşımlar içerir. Örneğin, sembolik yapay zeka olarak bilinen alt alan, belirli bir ilgi alanındaki olası senaryolar için sabit kodlama kurallarına odaklanır. İnsanlar tarafından yazılan bu kurallar, tamamlanacak belirli konu ve görevin ön bilgisinden gelir. Örneğin, bir ofisin oda sıcaklığını modüle etmek için bir algoritma programlanacaksa hangi sıcaklıkların insanların çalışması için rahat olduğu bilinmektedir ve bu bilgi dahilinde sıcaklıklar belirli bir eşiğin üzerine çıkarsa odayı soğutulur, eşiğin altına düşerse ısıtılır. Sembolik yapay zeka, açıkça tanımlanmış mantıksal sorunları çözmede yetkin olsa da, genellikle daha yüksek düzeyde örüntü tanıma gerektiren görevlerde (konuşma ve ses tanıma veya görüntü sınıflandırma gibi) başarısız olur. Daha karmaşık olan bu görevler, makine öğrenimi ve derin öğrenme yöntemlerinin iyi performans gösterdiği yerlerdir (65).



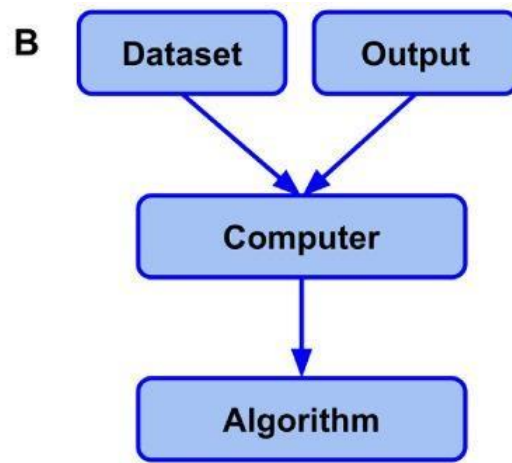
Şekil 4: Yapay Zeka Şeması (61)

2.2.1. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenimi, bir veri kümesini en iyi şekilde temsil eden algoritmalar geliştirerek yapay zekanın öğrenme yönüne odaklanan bir alandır. Klasik programlamanın aksine (Şekil 5), bir algoritmanın bilinen özellikler kullanılarak açıkça kodlanabildiği yerde, makine öğrenimi, ilk ilkelere türetilebilecek olandan yeni veya farklı özellik ve ağırlık kombinasyonlarını kullanabilen bir algoritma oluşturmak için veri alt kümelerini kullanır (Şekil 6). Makine öğreniminde, her biri farklı görevleri çözmek için yararlı olan, yaygın olarak kullanılan dört öğrenme yöntemi vardır: denetimli, denetimsiz, yarı denetimli ve takviyeli öğrenme (65).



Şekil 5: Klasik Programlama

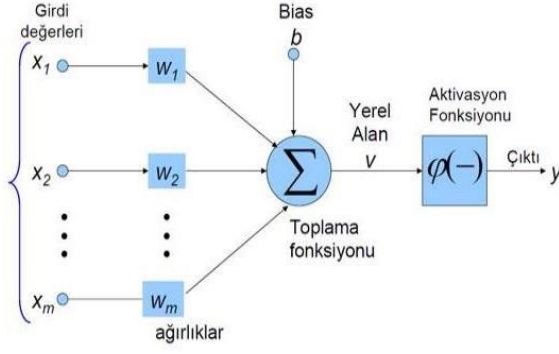


Şekil 6: Makine Öğrenmesi (65)

Adından da anlaşılacağı gibi denetimli öğrenme, bir insan tarafından belirlenen etiketlenmiş hedefleri içeren verileri kullanır. Bunlar ayrıca sınıflandırma ve regresyon olarak alt kategorilere ayrılabilir. Denetimli öğrenmenin aksine, denetimsiz öğrenme herhangi bir etiketlenmiş çıktı verisi içermez ve genellikle potansiyel olarak tanınmayan kümeleri, kalıpları, aykırı değerleri veya özellik alt kümelerini belirlemek için kullanılır. Makine öğreniminde kullanılan en yaygın denetimsiz yöntemler arasında kümeleme (ör. K-ortalamları), boyutluluk azaltma (ör. Temel Bileşen Analizi; PCA) ve bazen optimize edilmiş özellik kümelerinin belirlenmesine de yardımcı olabilen aykırı değer saptama yer alır. Diğerleriyle birlikte bu denetimsiz makine öğrenimi görevleri, nihai performans ölçümlerini geliştirmeye yardımcı olabilecek denetimli algoritmalara beslenirken verileri optimize etmek için kullanılabilir. Üçüncü kategori pekiştirmeli/takviyeli öğrenmedir, girdi ve çıktı değerleri arasındaki ilişkiyi sürekli olarak değerlendirmek ve kendini optimize etmenin en iyi yoluna karar vermek için bir deneme yanılma süreci ve bir "ödül" parametresi kullanır (66).

2.2.2. Yapay Sinir Ağları Ve Derin Öğrenme

Genel olarak yapay sinir ağları insan beyninin biyolojik sinir hücre yapısını taklit eder. Sinirsel algılayıcılar yardımı ile önceden öğrenilmiş ya da sınıflandırılmış bilgileri kullanarak yeni bilgiler türetebilen ve oluşturabilen, karar verebilen bilgisayar programlarıdır. Yapay sinir ağları, girdi seti olarak kendisine verilen bilgilere karşılık bir çıktı üretir. Bunun yapılabilmesi için ağ belirli örneklerle eğitilerek genelleme yapabilecek ve karar verebilecek seviyeye ulaşır. Yapay sinir ağı kazandığı bu yetenek ile çıktıları belirler (67).



Şekil 7: Yapay sinir ağı örneği (67)

Yapay sinir ağları sinyal iletim yönüne göre ileri beslemeli ve geri beslemeli şeklinde ikiye ayrılır. İleri beslemeli ağlarda sinyal iletimi, bir katmandaki nöronlardan, bir sonraki katmandaki nöronlara doğru yapılır ve aynı katmandaki nöronlar arası bağlantı bulunmaz. Geri beslemeli ağlarda ise, sinyal iletimi iki yönlü (ileri ve geri) olarak da mümkündür ve bir çıkış sinyali, giriş ve çıkış değerlerini dinamik bir şekilde kontrol edebilmektedir. Yapay sinir ağlarının istenilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak eğitilmesi gerekir. Yapay sinir ağı, eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir. Belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağı, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir, eğitim sırasında hiç karşılaşmadığı test örnekleri için de istenilen tepkiyi üretebilir (68).

Güncel bir yapay zeka yaklaşımı olan derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt sınıfıdır. Derin öğrenmede özellik çıkarma ve dönüştürme yapmak amacıyla birçok işlem birimi katmanı vardır. Her katman önceki katmandaki çıktıyı girdi olarak almaktadır. Nesne tespiti ve tanınması derin öğrenme yöntemleri kullanılarak da yapılmaktadır (69).



Şekil 8: Derin öğrenme basamakları (69)

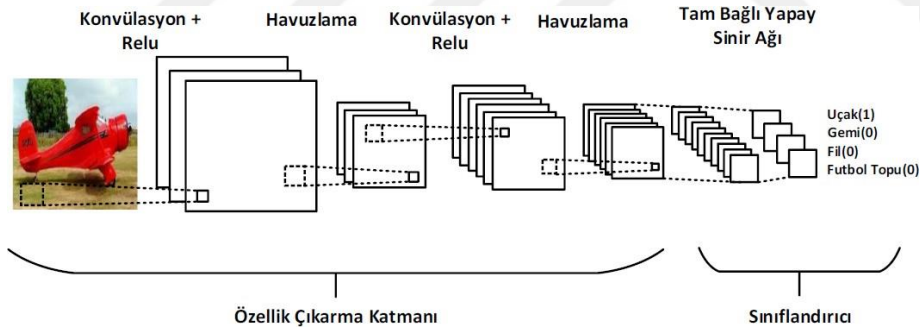
Derin öğrenme, yüksek doğrulukta sınıflandırma kabiliyetine sahiptir. Klasik yapay sinir ağı yaklaşımından bazı farklılıkları vardır:

- Sistem girişi vektör yerine imge olabilir.
- Ara katman sayısı oldukça fazla olabilir.
- Eğitim kümesindeki imge ve kategoriler sayıca çok olabilir (70).

2.2.2.1. Derin Öğrenme Mimarileri

2.2.2.1.1. Evrişimsel Sinir Ağları (Convolutional neural network, CNN)

Evrişimsel sinir ağları klasik sinir ağlarından farklı olarak, özellik çıkarma ve sınıflandırma katmanlarını içermektedir. Sınıflandırma başta olmak üzere birçok bilgisayarlı görü alanında kullanılırlar. Evrişimli sinir ağı yapısı şekilde gösterilmiştir.



Şekil 9: Evrişimli sinir ağları yapısı

Evrişim katmanı konvolüsyon (convolution), aktivasyon fonksiyonu (relu) ve havuzlama (pooling) aşamalarını içermektedir. Bu aşamalar yüksek boyutlu veriden düşük boyutlu özniteliklerin çıkarılmasını sağlamaktadır. Probleme özgü olarak evrişim katmanının ardışıl bağlanma derinliği değişmektedir. Sınıflandırma katmanı ise düşük boyutlu öznitelikler ile kategorilerin eşleşmesini sağlar ve genellikle tam bağlı bir yapay sinir ağı mimarisine sahiptir.

Evrişim katmanının ilk aşamasında bulunan konvolüsyon işlemi, imgenin bir maskeyle filtrelenmesini sağlar. Konvolüsyon sonucunda yatay kenarlar, dikey kenarlar, açısız kenarlar, yumuşatılmış/keskinleştirilmiş imgeler gibi orjinal imgeyle aynı boyutta imge türevleri elde edilir.

Konvolüsyon aşamasından sonra aktivasyon aşaması bulunmaktadır. Klasik sinir ağlarında sigmoid, tanjant hiperbolik gibi aktivasyon fonksiyonları kullanılırken evrişimli sinir ağlarında doğrusal olmayan relu fonksiyonu tercih edilmektedir. Relu fonksiyonu, imgedeki negatif değerlerin elenmesini sağlar.

Son aşamada ise havuzlama (pooling) işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem genellikle 2x2 lokal imge matrisi üzerinde maksimum, minimum, toplam veya öznelikler çıkarıldıktan sonra elde edilen düşük boyutlu imgeler sınıflandırma katmanına (tam bağı yapay sinir ağı) aktarılır. Sinir ağına çıkışında hesaplanan hata değeri geri yayılım yöntemi kullanarak konvolüsyon filtre katsayılarının ve tam bağı yapının katmanlar ağırlıklarının güncellenmesinde kullanılır (70).

2.2.2.1.2. Region Based CNN (R-CNN)

R-CNN algoritması, görüntülerde bulunan objelere ait sınıfları ve sınırlayıcı kutuları tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu algoritma çoklu objeye sahip olan görseller için kullanılmaktadır (70).

2.2.2.1.3. Fast R-CNN

Bu algoritmada tüm görsel evrişimli sinir ağı ile işlenerek verilerin öznelik haritaları çıkarılmaktadır. Daha sonra her bölge için gerekli öznelikler toplanarak, maksimum havuzlama (max pooling) ile görüntüler belirli boyutlara getirilmektedir (70)

2.2.2.1.4. Transfer Öğrenme

Problem çözümlerinde evrişimli sinir ağını tercih eden araştırmacıların sıklıkla rastladığı sorun probleme özgü eğitim veri kümesinin edinilmesidir. Evrişimli sinir ağları nicel ve nitel olarak yeterli örüntüleri içeren bir eğitim kümesinin olması durumunda yüksek katman

sayısıyla probleme göre genel ve özel öznitelikleri doğru bir şekilde çıkarabilir. Transfer öğrenme yaklaşımları, bu sorunu çözebilmek için büyük bir veri kümesiyle eğitilmiş bir ağınlı ağırlıkları farklı bir veri kümesi için kullanılmasını sağlar. Örneğin kedi/köpek sınıflandırmasını yapan bir model eğitilirken, kazanılan bilgi ağı insan-hayvan sınıflandırması içinde kullanılabilir (70).

Yapay sinir ağlarının; ağınlı davranışlarının açıklanamaması, uygun ağı yapısının belirlenmesinde belli bir kural olmaması, ağınlı parametre değerlerinin belirlenmesinde belli bir kural olmaması, öğrenilecek problemin ağı gösteriminin donanıma bağımlı olması, ağınlı eğitiminin ne zaman bitirilmesi gerektiğine ilişkin belli bir yöntem olmaması gibi dezavantajları vardır (71).

2.2.3.Yapay Zekanın Ortodontide Kullanımı

Ortodonti alanında önemli ve değiştirici bir role sahip olan yapay zeka tabanlı yazılım sistemleri dental uygulamaların geleceği olarak kabul edilmektedir. Yapay zeka, hasta iletişiminden teşhis tedavi süreçlerine kadar ortodontinin her alanında kullanılmaktadır. Yapay zeka teknolojilerini kullanan ortodontik yazılım programları çoğunlukla “makine öğrenimi” teknolojisine dayanmaktadır. Bu yazılım programları tanı amaçlı röntgen ve fotoğraf analiz yapabilmekte, ayrıca 3 boyutlu ağız içi tarama sırasında diş hekimlerine yol göstererek ideal bir modele kolayca ulaşmalarını sağlayabilmektedir (72).

2.2.3.1. Ortodontik Teşhiste Kullanımı

Yapay zeka sistemlerinin farklı algoritmaları, ortodonti alanındaki çeşitli çalışmalarda test edilmektedir. Bu algoritmalar girdi olarak hasta kayıtlarından oluşan büyük bir veri tabanına ihtiyaç duymaktadır. Algoritma sonuçları, teşhis sırasında yapay zeka kullanımının uzman bir klinisyene olan ihtiyacı ve teşhis hatalarının sayısını azalttığını göstermektedir (72).

Sefalomerik anatomik landmark belirlemenin ve analizlerin otomatikleştirilmesi; özellikle landmark belirlemenin zahmetli olması, uzman görüşüne gereksinimi olması ve zaman açısından değerlendirildiğinde oldukça faydalıdır. Sefalometrik analiz için otomatik landmark tespiti on yıllardır odak noktası olurken farklı şirketlerden (örneğin, CellmatIQ, Hamburg, Almanya; ORCA AI, Herzliya, İsrail; WebCeph, Gyeonggi-do, Kore) derin

öğrenme tabanlı sefalometrik yazılım uygulamaları artık dünya çapındaki ortodontistlerin kullanımına sunulmuştur (73).

Sefalometrik röntgenlerden CVM derecelerini tespit etmek için makine öğrenimi veya derin öğrenme algoritmaları kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (63). Makine öğrenimi yaklaşımları kullanılarak kraniyofasiyal ve iskelet modellerinin saptanması, yapay zeka tabanlı ortodontik teşhiste başka bir alandır. İskelet yapısının doğru sınıflandırılması, ortodontik teşhiste çok önemli bir adımdır ve başarılı karar verme ve tedavi planlaması için gereklidir (63).

2.2.3.2. Ortodontik Tedavi Planlamasında Kullanımı

Planlama aşaması ortodontik tedavinin en önemli ve kritik kısmıdır. Ortodontik amaçlı diş çekimleri, geri dönüşü olmayan yapıları nedeniyle dikkatli bir şekilde planlanmalıdır. Yapay sinir ağları, ortodontik çekimler için insan karar verme sürecini taklit etmek için kullanılmaktadır. Yapay zeka hastanın sagittal, vertikal ilişkisi, molar ilişkileri, diş inklınasyonları, overjet, overbite, protrüzyon indeksi, yumuşak doku özellikleri ve hasta şikayetleri girilerek, belirtilen girdilerden beslenen analize dayalı olarak klinisyene çekim kararı vermesi için rehberlik edebilir (72). Akçam ve Tanaka, ortodontik hastalar için optimum headgear tipi seçimini çıkarabilen bulanık mantığa dayalı profesyonel bir sistem geliştirmiştir. Çalışmalarındaki modelde, giriş parametreleri olarak overjet, overbite ve mandibular düzlem açısını kullanmışlardır (72).

Literatürde yapay sinir ağları tekniği kullanılarak Sınıf II ve Sınıf III hastaların tedavi sonuçlarının simüle edilebileceğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Araştırmacılar, sinir ağları tekniğinin farklı maloklüzyon modellerinin simülasyonu için kullanılabilecek umut verici bir araç olduğu sonucuna varmışlardır. Ortodontik tedavinin simülasyonu, dijital bir işlemle üretilen şeffaf plak sistemleri sayesinde popülerlik kazanmıştır. Invisalign, bir set plak üretmek amacıyla değiştirilmiş dijital 3D modeller oluşturmak için bir dizi algoritma kullanmaktadır. Sistem, dişlerin artan hareketlerini dijital olarak simüle etmektedir. Yapay zeka yazılımı, girdi verilerine ve istatistiksel analize dayalı olarak diş hareketini ve ortodontik tedavinin sonucunu tahmin etmeye yardımcı olur. Farklı ortodontik apareylerin üretimi için benzer yazılım programları kullanılmaktadır (72).

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta Seçimi

Bu çalışmanın yapılabilmesi için Kocaeli Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 23.03.2023 tarihinde ve KÜ GOKAEK-2023/06.22 numaralı karar ile etik kurul onayı alınmıştır (Ek.1 Etik Kurul Onayı).

Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na 2014-2018 yılları arasında tedavi amacıyla başvurmuş, tedavi öncesinde lateral sefalometrik röntgeni ve kayıt fotoğrafları eksiksiz olarak arşivlenmiş, daha önce herhangi bir ortodontik tedavi görmemiş, dudak damak yarığı veya herhangi bir başka kraniofasial anomali olmayan 990 hastanın lateral sefalometrik radyografları ve ağız içi yan fotoğrafları çalışmaya dahil edilmiştir. Daha önce herhangi bir ortodontik tedavi geçmişi olan, dudak damak yarığı veya herhangi bir kraniofasial anomali olan bireylerin kayıtları çalışma dışı bırakılmıştır. Mevcut çalışma, Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak gerçekleştirilmiştir ve geçerli tüm veri koruma yasalarına uyulmuştur.

3.2. Çalışma Verilerinin Toplanması

Tüm lateral sefalometrik filmleri Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı'nda, MORİTA (J. Morita MFG. Corp Veraviewepocs 2D Kyoto, JAPAN) cihazı ile standart koşullarda ve üretici tarafından belirlenen 1.1 mmlik magnifikasyon farkıyla çekilmiştir. Lateral sefalometrik filmler hasta doğal baş pozisyonunda, dişler maksimum interküspidasyonda ve dudaklar gerilimsiz pozisyonda olacak şekilde çekilmektedir. Fakülte arşivinden seçilen, kriterlere uygun olan hastalara ait lateral sefalometrik röntgenlerin dijital görüntüleri WebCeph™ sunucusuna yüklenmiştir. Görüntü kalibrasyonu radyografideki sefalostat çubuğu üzerindeki 10mm uzunluğa sahip olduğu bilinen iki noktanın uygulama cetveliyle işaretlenmesiyle yapılmıştır. WebCeph'in otomatik dijitalleştirilmesinden sonra anatomik landmarklar manuel olarak yeniden düzenlenmiştir.

Webceph dijital sefalometrik ölçüm programı tarafından belirlenen anatomik noktalar, araştırmacı tarafından kontrol ve teyit edildikten sonra sefalometrik ölçümler yapılmıştır. Rastgele seçilen 50 adet lateral sefalometrik radyografi ölçümleri, 2 hafta sonra aynı araştırmacı tarafından tekrar değerlendirilerek ölçümlerin tekrarlanabilirliği değerlendirilmiştir.

Gözlemci içi uyum sınıf içi korelasyon katsayısı ile değerlendirilmiştir. 0,2'den küçük Kappa değerleri zayıf güvenilirliği, 0,21-0,40 arasındaki değerler orta düzeyde güvenilirliği, 0,41-0,60 arasındaki değerler orta derecede güvenilirliği, 0,61-0,80 arasındaki değerler önemli güvenilirliği ve 0,81-1,00 arasındaki değerler mükemmel güvenilirliği gösterir.

0,5'ten düşük ICC değerleri zayıf güvenilirliği, 0,5 ile 0,75 arasındaki değerler orta düzeyde güvenilirliği, 0,75 ile 0,9 arasındaki değerler iyi güvenilirliği ve 0,90'dan yüksek değerler mükemmel güvenilirliği gösterir. Değerler şekilde gösterilmiştir.

Ölçümler	Sınıf içi korelasyon katsayısı	Alt 95% Güven Aralığı	Üst 95% Güven Aralığı	P
U1-MP	0,96	0,93	0,98	<.001
WITS	0,98	0,96	0,99	<.001
IMPA	0,97	0,95	0,99	<.001
FMA	0,89	0,81	0,93	<.001

Her sefalometrik filmde 3 açısal, 1 lineer olmak üzere 4 ölçüm yapılmıştır. Çalışmada kullanılan sefalometrik noktalar ve ölçümler şunlardır:

ANS : Anterior Nasal Spina: Maksillanın nazal tabanda en anterior noktasıdır.

PNS: Posterior Nasal Spine: Sert ve yumuşak damağın birleşiminde, palatinal kemiğin posterior nazal spinasının en uç noktasıdır.

Go: Gonion. Corpus mandibularis alt kenarı ile, ramus mandibularis arka kenarının birleştiği gonion bölgesindeki yuvarlaklığın en derin noktasıdır.

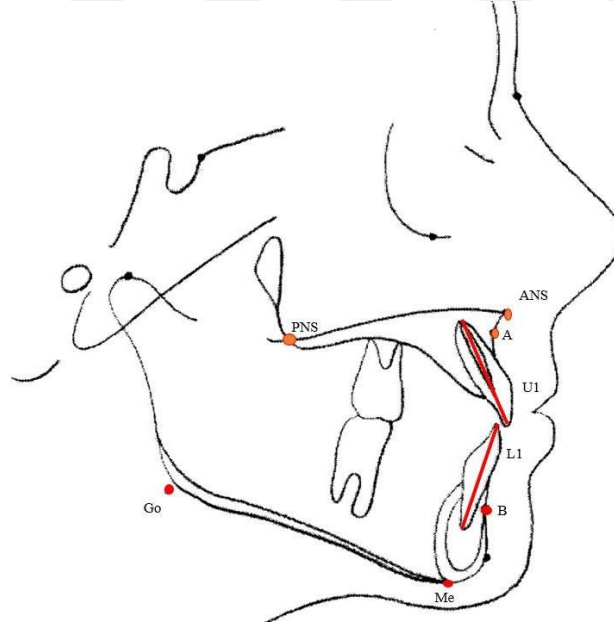
Me: Menton. Alt kesici dişlerin köklerinin lingual tarafını örten alveol kemiği görüntüsünün en arka çizgisinin mandibula alt kenarıyla birleştiği noktadır.

A: A noktası. ANS altındaki üst çene ön alveolar kemik girintisinin en derin noktasıdır.

B: B noktası. Pogonion noktasının üzerindeki alt çene ön alveolar kemik girintisinin en derin noktasıdır.

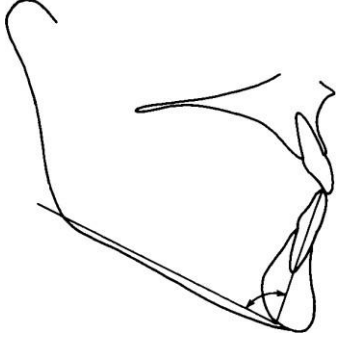
U1: En öndeki üst dişin insizal sınırı ile kök apeksi arasındaki çizgi

L1: En öndeki alt kesici dişin insizal sınırı ile kök apeksi arasındaki çizgi



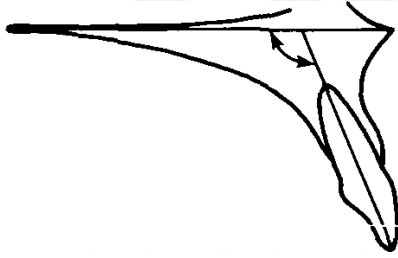
Şekil 10: Çalışmamızda kullanılan anatomik noktalar

IMPA: Alt kesici dişler ile mandibular düzlem(Go-Me) arasındaki açıdır. Alt keser dişlerin inklınasyonunu belirler. Norm değeri $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 'tır.



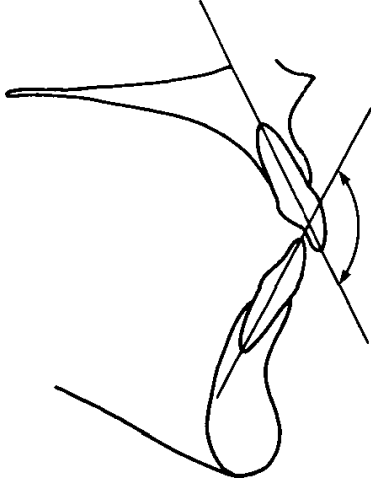
Şekil 11: IMPA

U1- Palatal Düzlem: Üst Orta Kesici dişin uzun eksenini ile ANS ve PNS noktalarının oluşturduğu doğru arasında kalan açıdır. Üst Kesici dişlerinin inklinasyonunu belirler. Norm değeri $108^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 'dir.



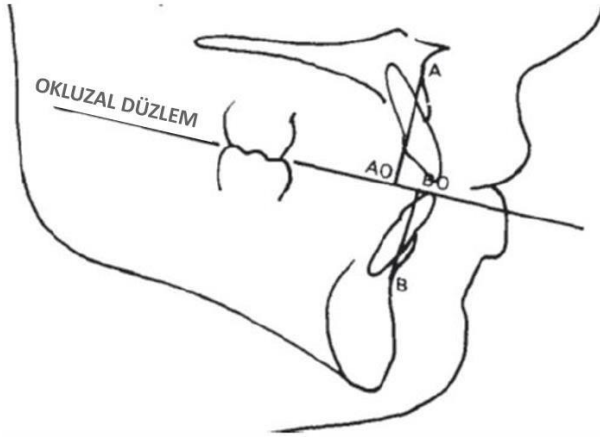
Şekil 12: U1- Palatal Düzlem Açısı

Interinsizal Açı: Alt ve üst orta kesici dişlerin uzun eksenleri arasında oluşan açıdır. Alt ve üst kesici dişlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ve protrüzyon, retrüzyon durumlarının değerlendirilmesini sağlar. Norm değeri $135^{\circ} \pm 11^{\circ}$ 'dir. Proklinasyon arttıkça interinsizal açı azalır.



Şekil 13: Interinsizal Aç

Wits Ölçümü: A ve B noktalarından okluzal düzleme indirilen dik izdüşüm noktaları(AO ve BO) arasındaki mesafedir. Norm değerleri erkeklerde -1 mm, kadınlarda 0 mm'dir. Sınıf II olgularda BO noktası, AO noktasının gerisinde konumlanır ve pozitif değerler ölçülür. Sınıf III olgularda ise Wits değeri negatiftir, BO noktası AO noktasının önünde konumlanır.



Şekil 14: Wits Ölçümü

Sefalometrik ölçümleri yapılan hastaların Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı arşivindeki ağız içi sağ yan fotoğrafları toplanmıştır. Tüm fotoğraflar Nikon D700 dijital kamera ve Nikon AF-S VR Micro Nikkor 105mm f/2.8G IF ED lens ile çekilmiştir. Fakültemizde ağız içi fotoğraflar dudak ekartasyonu maksimum olacak şekilde, okluzal düzlem yere paralel görünecek şekilde çekilmektedir.

3.3. Veri Gruplarının Hazırlanması

Sefalometrik ölçümler sonrasında her ölçüme göre 3 grup oluşturulmuştur. Gruplar arasında sayıca dengesizlik olmaması adına gruplandırma kriteri olarak norm değerlerini almak yerine sayıca eşit olarak gruplandırılmıştır. Sefalometrik verilere göre oluşturulan gruplara göre hasta fotoğrafları gruplandırılmıştır.

3.3.1. IMPA Grupları

990 hastanın sefalometrik analizleri sonucu IMPA değerleri 70,18° ile 121,48° değerleri arasında bulunmuştur. Hastalar IMPA değerlerine göre IMPA 1, IMPA 2, IMPA 3 olarak üç gruba ayrılmış ve ağız içi sağ yan fotoğrafları da bu gruplara uygun olacak şekilde gruplandırılmıştır.

IMPA 1: IMPA değerleri 70,69 ° ile 91,84 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

IMPA 2: IMPA değerleri 91,85 ° ile 98,08 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

IMPA 3: IMPA değerleri 98,15 ° ile 121,48 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur

3.3.2. U1 – Palatal Düzlem Açısı Grupları

990 hastanın sefalometrik analizleri sonucu U1-Palatal düzlem açısı değerleri 78,31° ile 131,71° değerleri arasında bulunmuştur. Hastalar U1–Palatal düzlem açısı değerlerine göre U1-PP 1, U1-PP 2, U1-PP olarak üç gruba ayrılmış ve ağız içi sağ yan fotoğrafları da bu gruplara uygun olacak şekilde gruplandırılmıştır.

U1-PP 1: U1-Palatal düzlem açısı değerleri 78,31° ile 110,67 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

U1-PP 2: U1-Palatal düzlem açısı değerleri 110,69 ° ile 116,08 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

U1-PP 3: U1-Palatal düzlem açısı değerleri 116,09 ° ile 131,71° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

3.3.3. Interinsizal Açı Grupları

990 hastalanın sefalometrik analizleri sonucu interinsizal açı değerleri 95,70 ° ile 122,45 ° arasında bulunmuştur. Hastalar interinsizal açı değerlerine göre Interinsizal 1, Interinsizal 2, Interinsizal 3 olarak üç gruba ayrılmış ve ağız içi sağ yan fotoğrafları da bu gruplara uygun olacak şekilde gruplandırılmıştır.

INTERINSIZAL 1: Interinsizal açı değerleri 195,70 ° ile 122,45 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

INTERINSIZAL 2: Interinsizal açı değerleri 122,47 ° ile 131,28 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

INTERINSIZAL 3: Interinsizal açı değerleri 131,31 ° ile 169,49 ° arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

3.3.4. Wits Ölçümü Grupları

990 hastalanın sefalometrik analizleri sonucu Wits ölçümü değerleri -19,04 mm ile 16,96 mm arasında bulunmuştur. Hastalar Wits ölçüm değerlerine göre WITS 1, WITS 2, WITS 3 olarak üç gruba ayrılmış ve ağız içi sağ yan fotoğrafları da bu gruplara uygun olacak şekilde gruplandırılmıştır.

WITS 1: Wits ölçümü değerleri -19,04 mm ile -0,34 mm arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

WITS 2: Wits ölçümü değerleri -0,32 mm ile 3,89 mm arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

WITS 3: Wits ölçümü değerleri 3,91 mm ile 16,96 mm arasındaki değerleri içeren hastaların fotoğraf grubudur.

Ölçümler	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama	Standart Sapma
IMPA	70,69	121,48	94,79	8,103102
U1-PP	78,31	131,71	113,14	7,195191
INTERINSIZAL	95,70	122,45	127,52	10,57317
WITS	-19,04	16,96	1,49	5,103727

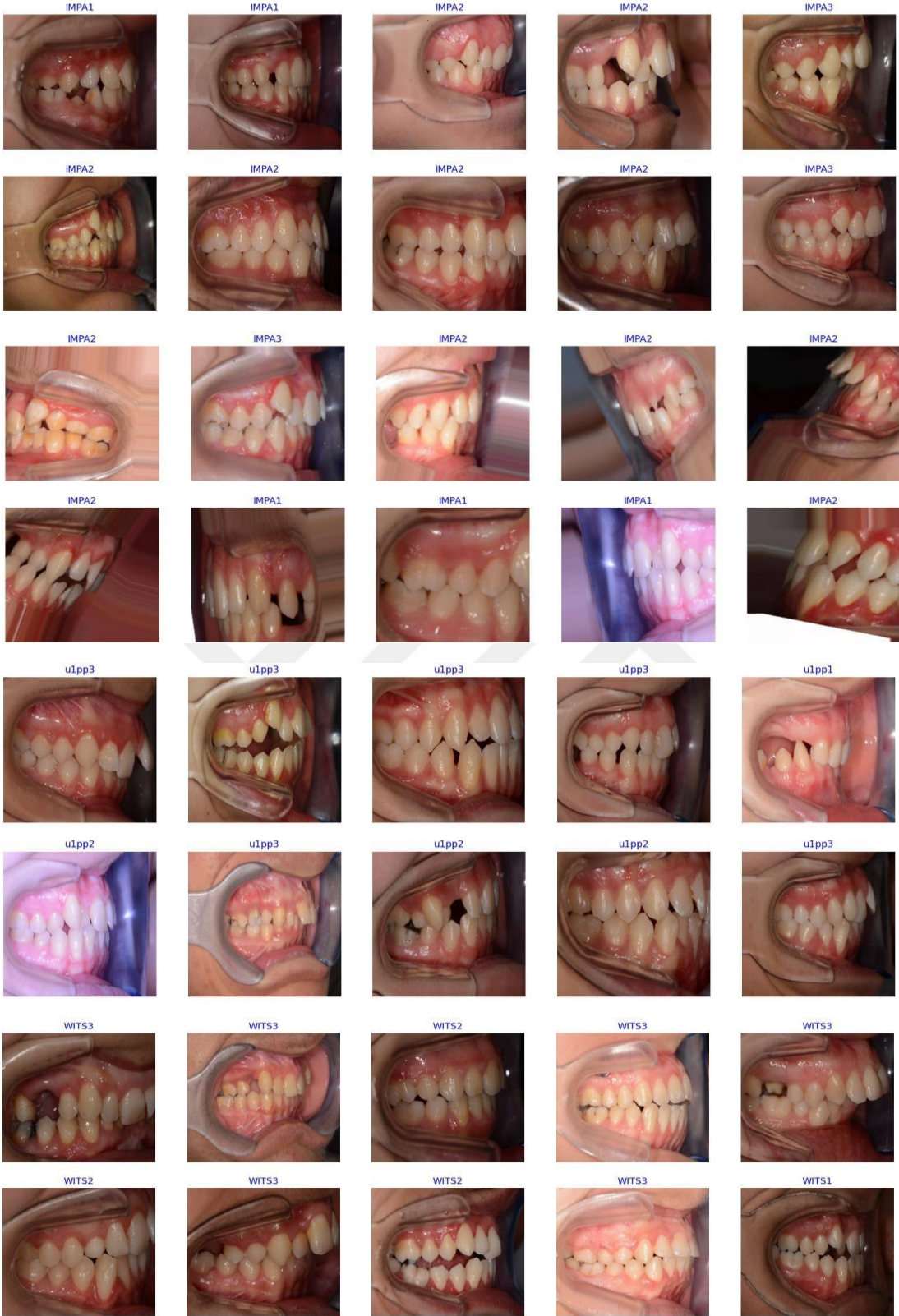
Tablo 2: Veri gruplarındaki ölçümlerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

3.4. Derin Öğrenme Modelleriyle Verilerin İşlenmesi

Çalışmamızın derin öğrenme modelleriyle görüntü sınıflama işlemleri Karabük Üniversitesi Elektrik Elektronik Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Muhammed ÇAKMAK tarafından uygulanmıştır.

Çalışmamızda MOBILENET V2, INCEPTION V3, DENSENET 121, DENSENET 169, DENSENET 201, EFFICIENTNET B0, XCEPTION, VGG16, VGG19, NASNETMOBILE, RESNET101, RESNET 152, RESNET50, EFFICIENTNET V2 derin öğrenme modelleri kullanılmıştır.

Çalışma için kullanılan derin öğrenme modellerinden daha yüksek doğruluk ve daha düşük kayıp değeri elde etmek için tüm derin öğrenme modelleri üzerinde veri zenginleştirme (data augmentation) uygulanmıştır. Veri zenginleştirme, veri setinin çeşitlendirilmesi ve genişletilmesi için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik, mevcut veri setinin üzerinde çeşitli dönüşümler ve değişiklikler uygulayarak yeni örnekler oluşturmayı amaçlar. Özellikle sınırlı miktarda veriyle çalışılan durumlarda, modelin genelleştirme yeteneğini artırmak ve aşırı uydurmayı (overfitting) azaltmak için etkili bir yöntemdir. Bu amaçla orijinal veri seti yatay çevirme, döndürme, genişlik kaydırma, yükseklik kaydırma ve yakınlaştırma gibi bir dizi görüntü işleme tekniği kullanarak artırılmıştır. Orijinal veri setinde her bir grupta ortalama 330 olan fotoğraf sayısını 1000 fotoğrafa yükseltilmiştir.

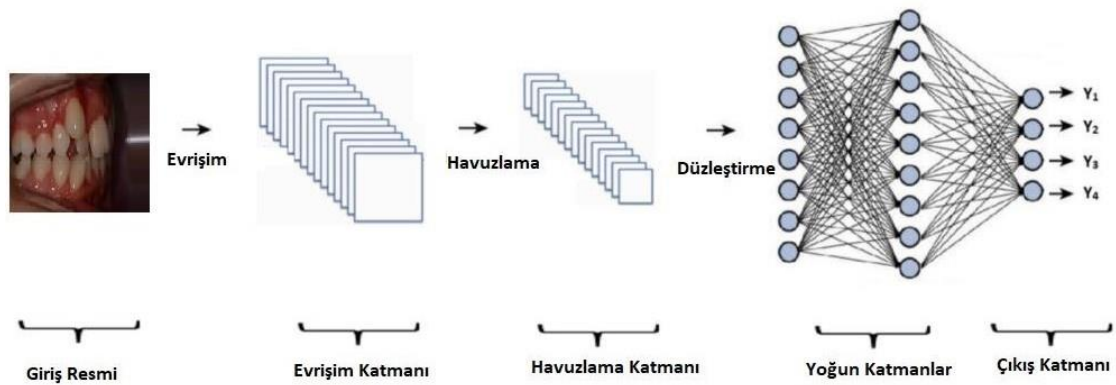


Resim 13: Zenginleştirilmiş ve orijinal veriler

Veri zenginleştirme işleminin ardından tüm derin öğrenme modelleri için ilk adımda, eğitim, doğrulama ve test veri setleri oluşturuldu. Bu veri setleri, etiketlenmiş (labelled)

örneklerden oluşmaktadır. Bütün derin öğrenme modellerinde eğitim (training) veri seti tüm veri setininin %80' ni, doğrulama (validation) verisetin %10' nu ve test veri seti ise kalan %10'nu oluşturmaktadır. Veri setleri düzenlendikten sonra derin öğrenme için ilk evrişim katmanı için, giriş veriye bir dizi filtre (kernel) uygulanmıştır. Her filtre, bir evrişim işlemi ile giriş verinin üzerinde hareket eder ve filtre uygulanacak bölgedeki piksel değerlerini çarparak toplar. Bu toplam, özellik haritasının (feature map) bir pikselini oluşturur. Farklı filtreler, farklı özelliklerin (kenarlar, köşeler, desenler vb.) çıkarılmasına yardımcı olur. Her evrişim işlemi sonrasında, elde edilen özellik haritası üzerinde bir aktivasyon fonksiyonu uygulanmıştır. Aktivasyon fonksiyonu, özellik haritasındaki piksel değerlerini sınırlandırır ve daha doğrusal olmayan özelliklerin öğrenilmesine yardımcı olmaktadır. Havuzlama (pooling) katmanında ise, özellik haritalarını küçültme ve özellikleri ölçek ve konum değişikliklerine karşı daha invariyan hale getirme işlemi yapıldı. Daha iyi sonuç için ortalama havuzlama işlemi kullanılmıştır. Havuzlama ile her özellik haritasındaki önemli özelliklerin özü korunurken boyutu azaltılmıştır. Havuzlama katmanlarından sonra, özellik haritaları düzleştirilerek yoğun katmanlara iletilmiştir. Bu katmanlar, daha yüksek seviyeli özelliklerin öğrenilmesi için kullanılmaktadır. Her bir tam bağlantılı katman, giriş verisindeki özellikleri sınıflandırma için yorumlayabilir. Son yoğun katmandan sonra çıkış katmanında sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma için, softmax aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

Deneyisel çalışma Google bulut ortamında GPU destekli bir sistem kullanılarak derin öğrenme modelleri eğitilmiştir. Eğitim Tesla T4 GPU ve 2.20 GHz hızında çalışan 16 GB RAM'e sahip Intel Xeon CPU üzerinde gerçekleştirilmiştir. Transfer öğrenme tasarımı için tüm programların yazılmasında Python 3, modelleri eğitmek için Keras 2.3.1 eğitim çerçevesi kullanılmıştır.



Resim 14: Derin öğrenme algoritmasının genel şeması

3.5. Derin Öğrenme Modellerinin Performansının Değerlendirilmesi

Modellerin performansını değerlendirmek için doğruluk, kesinlik, duyarlılık, f1 skor değerleri kullanılmıştır.

Doğru pozitif (DP) , veri değerlendirmesinde, bir test sonucunun belirli bir durumun (örneğin bir hastalığın) varlığını, gerçekte olduğu şekilde pozitif göstermesidir

Doğru negatif (DN) , veri değerlendirmesinde, bir test sonucunun belirli bir durumun (örneğin bir hastalığın) varlığını, gerçekte olduğu şekilde negatif göstermesidir

Yanlış pozitif (YP), veri değerlendirmesinde, bir test sonucunun belirli bir durumun (örneğin bir hastalığın) varlığını, gerçekte olmadığı hâlde yanlış olarak onaylaması (pozitif göstermesi) şeklinde ortaya çıkan hatadır.

Yanlış negatif (YN), test sonucunun bir durumun varlığını, gerçekte olduğu hâlde yanlış olarak reddetmesi (negatif göstermesi) biçimindeki hatadır.

(DP: Doğru Pozitif DN: Doğru Negatif YP: Yanlış Pozitif YN: Yanlış negatif)

Doğruluk

Doğru olarak sınıflandırılan örneklerin yüzdesidir.

$$(DP + DN) / (DP + DN + YP + YN)$$

Kesinlik

Pozitif olarak tahmin edilen değerlerin gerçekten kaç adedinin pozitif olduğunu göstermektedir.

$$DP / (DP + YN)$$

Duyarlılık

Pozitif olarak tahmin edilmesi gereken işlemlerin ne kadarını pozitif olarak tahmin edildiğini gösteren bir metriktir. Doğru pozitiflerin ne kadarının doğru bir şekilde tanımlandığını gösterir.

$$DP / (DP + YP)$$

F1 Skoru

Bir testin doğruluğunun bir ölçüsüdür, kesinlik ve duyarlılığın harmonik ortalamasıdır.

$$2 \times (\text{Duyarlılık} \times \text{Kesinlik}) / (\text{Duyarlılık} + \text{Kesinlik})$$

Karışıklık Matrisi

Karışıklık matrisi (Confusion matrix), veri集中的 var olan durum ile sınıflandırma modellerinin doğru ve yanlış tahminlerinin sayısını tablo olarak göstermektedir.

		Confusion Matrix		
Actual	IMPA1	90	3	7
	IMPA2	3	90	7
	IMPA3	3	3	94
		IMPA1	IMPA2	IMPA3
		Predicted		

Resim 15: Karışıklık Matrisi

4. BULGULAR

	IMPA	Interinsizal Açık	U1-Palatal Plane	WITS
MOBILENET V2	91.33	93.67	91.67	94.67
INCEPTION V3	89.00	57.00	33.67 (Değerlendirme Dışı)	96.67
DENSENET 121	95.00	95.00	96.00	97.00
DENSENET 169	96.67	96.33	96.33	96.00
DENSENET 201	97.67	95.67	96.00	98.00
EFFICIENTNET B0	98.00	97.67	96.67	98.33
XCEPTION	98.33	97.00	33.33 (Değerlendirme dışı)	91.33
VGG16	59.00	53.00	35 (Değerlendirme Dışı)	88.33
VGG19	60.67	51.67	34.67 (Değerlendirme Dışı)	86.67
NASNETMOBILE	83.67	87.00	81.00	83.67
RESNET101	90.33	92.67	36.67 (Değerlendirme Dışı)	93.67
RESNET152	91.00	71.00	34.33 (Değerlendirme Dışı)	93.67
RESNET50	92.00	89.67	87.67	95.00
EFFICIENTNET V2	97.67	99.00	94.67	97.67

Tablo 2: Derin öğrenme modellerinin doğruluk oranlarının genel tablosu

Çalışmada kullanılan 14 derin öğrenme modeli IMPA grupları için başarılı olmuş; en düşük doğruluk oranını 59.00 ile VGG16, en yüksek doğruluk oranını 98.33 ile XCEPTION göstermiştir.

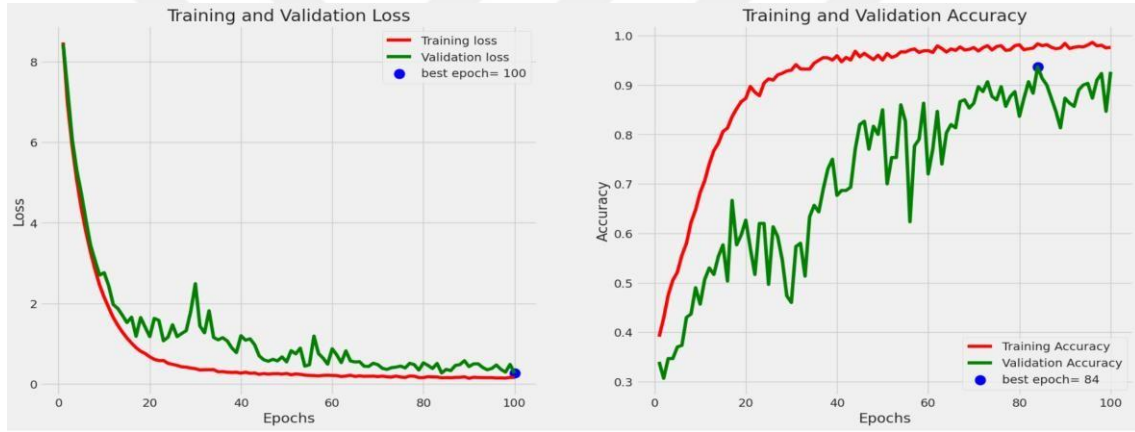
Çalışmada kullanılan 14 derin öğrenme modeli Interinsizal Açık grupları için başarılı olmuş; en düşük doğruluk oranını 51.67 ile VGG19, en yüksek doğruluk oranını 99.00 ile XCEPTION göstermiştir.

Çalışmada kullanılan 8 derin öğrenme modeli U1- Palatal Düzlem Açığı grubu için başarılı olmuş; INCEPTION V3, XCEPTION, VGG16, VGG19, RESNET101, RESNET152, değerlendirme dışı kalmış olup en yüksek doğruluk oranını 96.33 ile DENSENET169 göstermiştir.

Çalışmada kullanılan 14 derin öğrenme modeli Wits Ölçümü grupları için başarılı olmuş; en düşük doğruluk oranını 83.67 ile NASNETMOBILE, en yüksek doğruluk oranını 98.33 ile EFFICIENTNET B0 göstermiştir (Tablo 2).

4.1. IMPA VERİ SONUÇLARI

4.1.1. MOBILENET V2



Grafik 1: MobileNet V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	90	3	7
	IMPA 2	3	90	7
	IMPA 3	3	3	94

Tablo 3: MobileNet V2 karışıklık matrisi

MOBILENET V2 mimarisinde 300 testte 26 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 91,3 olarak saptanmıştır

MOBILENET V2 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 90 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesi IMPA 2, 7 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 90 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesi IMPA 1, 7 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesi IMPA 1, 3 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 3).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9375	0.9000	0.9184	100
IMPA 2	0.9375	0.9000	0.9184	100
IMPA 3	0.8704	0.9400	0.9038	100
Doğruluk			0.9133	300
makro ort.	0.9151	0.9133	0.9135	300
ağırlıklı ort.	0.9151	0.9133	0.9265	300

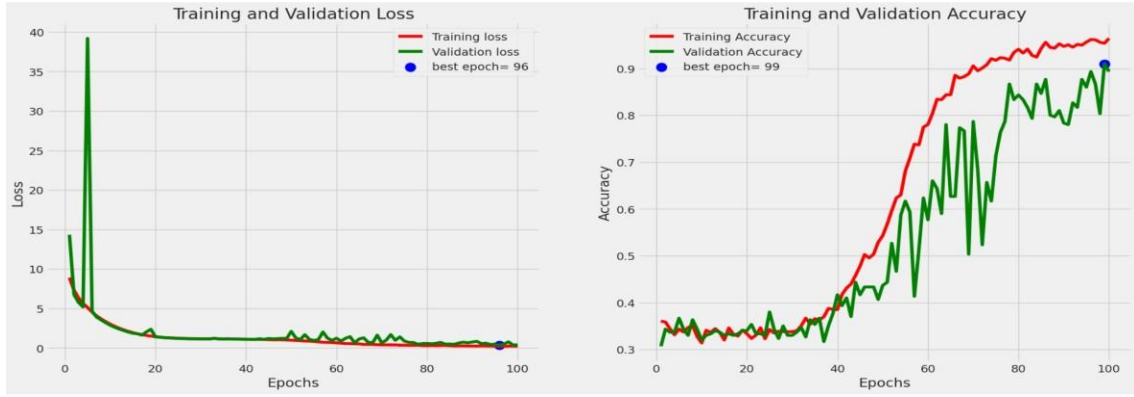
Tablo 4: MobileNet V2 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9375, duyarlılık değeri 0.9000, f1 skoru 0,9184 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9375, duyarlılık değeri 0.9000, f1 skoru 0,9184 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.8704, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0,9308 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

4.1.2. INCEPTION V3



Grafik 2: Inception V3 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	86	7	7
	IMPA 2	4	89	7
	IMPA 3	4	4	92

Tablo 5: Inception V3 karışıklık matrisi

INCEPTION V3 mimarisinde 300 testte 33 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 89.00 olarak saptanmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 86 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesi IMPA 2, 7 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesi IMPA 1, 7 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 92 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesi IMPA 1, 4 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 5)

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9149	0.8600	0.8866	100
IMPA 2	0.8900	0.8900	0.8900	100
IMPA 3	0.8679	0.9200	0.8932	100
Doğruluk			0.8900	300
makro ort.	0.8909	0.8900	0.8899	300
ağırlıklı ort.	0.8909	0.8900	0.8899	300

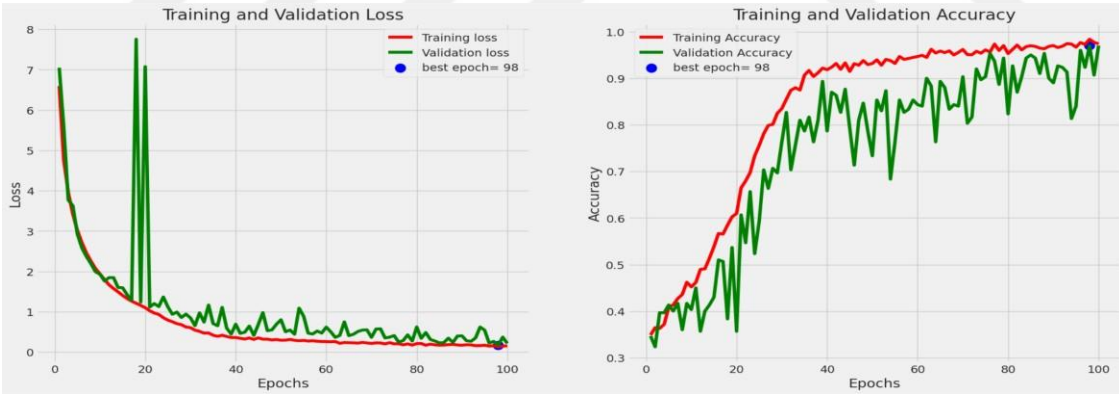
Tablo 6: Inception V3 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9149, duyarlılık değeri 0.8600, f1 skoru 0,8866 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.8900, duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0,8900 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.8679, duyarlılık değeri 0.9200, f1 skoru 0,8932 olarak tespit edilmiştir (Tablo 6).

4.1.3. DENSENET 121



Grafik 3: DENSENET 121 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	95	0	5
	IMPA 2	5	91	4
	IMPA 3	0	1	99

Tablo 7: DENSENET 121 karışıklık matrisi

DENSENET 121 mimarisinde 300 testte 15 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 95.00 olarak saptanmıştır.

DENSENET 121 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 121 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 91 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesi IMPA 1, 4 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 121 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 7).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9500	0.9500	0.9500	100
IMPA 2	0.9891	0.9100	0.9479	100
IMPA 3	0.9167	0.9900	0.9519	100
Doğruluk			0.9500	300
makro ort.	0.9519	0.9500	0.9499	300
ağırlıklı ort.	0.9519	0.9500	0.9499	300

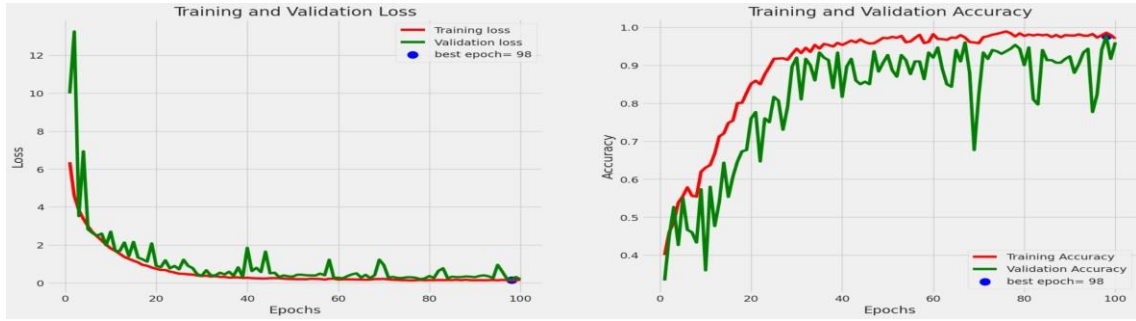
Tablo 8: DENSENET 121 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9500, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0,9500 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9891, duyarlılık değeri 0.9100, f1 skoru 0,9479 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9167, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0,8932 olarak tespit edilmiştir (Tablo 8).

4.1.4. DENSENET169



Grafik 4: DENSENET169 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	94	5	1
	IMPA 2	0	97	3
	IMPA 3	1	0	99

Tablo 9: DENSENET169 karışıklık matrisi

DENSENET 169 mimarisinde 300 testte 10 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.67 olarak saptanmıştır.

DENSENET 169 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesini IMPA 2, 1 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 169 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 169 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini IMPA 1 olarak gruplandırmıştır (Tablo 9).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9895	0.9400	0.9641	100
IMPA 2	0.9510	0.9700	0.9604	100
IMPA 3	0.9612	0.9900	0.9754	100
Doğruluk			0.9667	300
makro ort.	0.9672	0.9667	0.9666	300
ağırlıklı ort.	0.9672	0.9667	0.9666	300

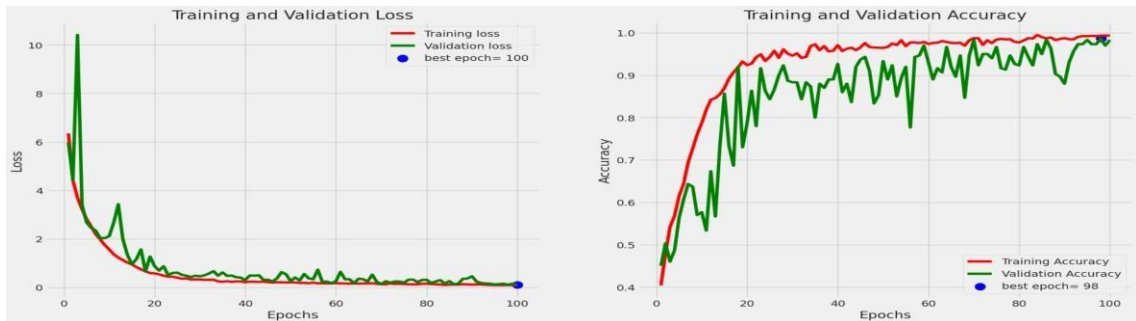
Tablo 10: DENSENET 169 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9895, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0,9641 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9510, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0,9604 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9612, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0,9754 olarak tespit edilmiştir(Tablo 10).

4.1.5. DENSENET 201



Grafik 5: DENSENET 201 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	97	0	3
	IMPA 2	1	98	1
	IMPA 3	1	1	9

Tablo 11: DENSENET 201 karışıklık matrisi

DENSENET 201 mimarisinde 300 testte 7 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 97.67 olarak saptanmıştır.

DENSENET 201 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 201 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini IMPA 1, 1 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 201 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini IMPA 1, 1 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 11)

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9798	0.9700	0.9749	100
IMPA 2	0.9899	0.9800	0.9849	100
IMPA 3	0.9608	0.9800	0.9703	100
Doğruluk			0.9667	300
makro ort.	0.9768	0.9767	0.9767	300
ağırlıklı ort.	0.9768	0.9767	0.9767	300

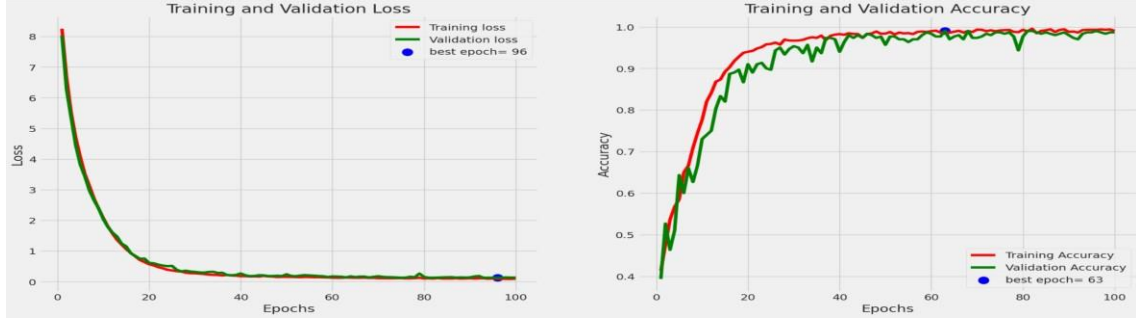
Tablo 12: DENSENET 201 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9798, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0,9749 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9899, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0,9849 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9608, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0,9703 olarak tespit edilmiştir (Tablo 12).

4.1.6.EFFICIENTNET B0



Grafik 6: EFFICIENTNET B0 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	99	1	0
	IMPA 2	0	98	2
	IMPA 3	0	3	97

Tablo 13: EFFICIENTNET B0 karışıklık matrisi

EFFICIENT B0 mimarisinde 300 testte 6 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 98.00 olarak saptanmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesi IMPA 2 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesi 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 13).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	1.000	0.9900	0.9950	100
IMPA 2	0.9608	0.9800	0.9703	100
IMPA 3	0.9798	0.9700	0.9749	100
Doğruluk			0.9800	300
makro ort.	0.9802	0.9800	0.9800	300
ağırlıklı ort.	0.9802	0.9800	0.9800	300

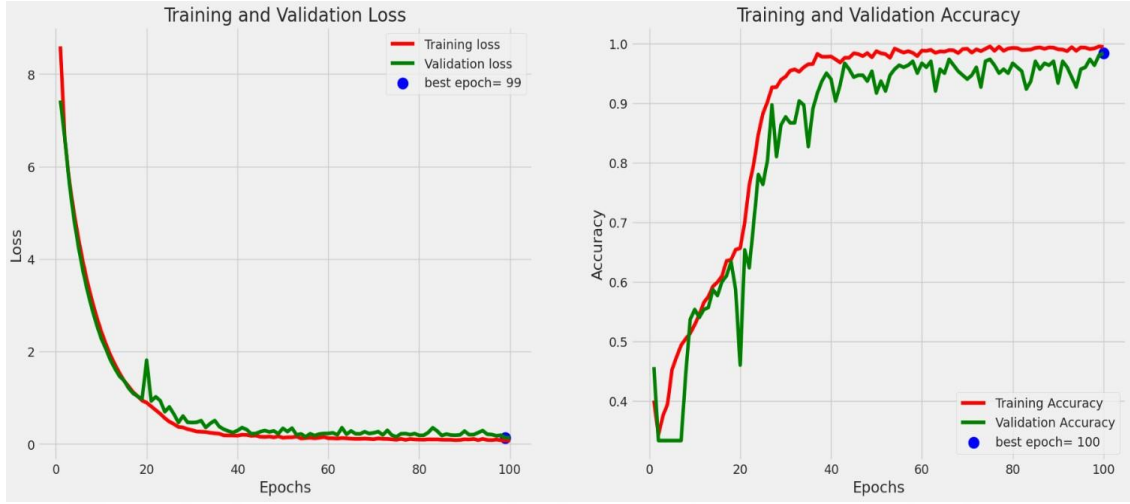
Tablo 14: EFFICIENTNET B0 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 1.000, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0,9950 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9608, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0,9703 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9798, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0,9749 olarak tespit edilmiştir (Tablo 14)

4.1.7. XCEPTION



Grafik 7: XCEPTION eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	97	3	0
	IMPA 2	0	98	2
	IMPA 3	0	0	100

Tablo 15: XCEPTION karışıklık matrisi

XCEPTION mimarisinde 300 testte 5 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 98.33 olarak saptanmıştır.

XCEPTION mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır.

XCEPTION mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

XCEPTION mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğrafın tamamını doğru gruplandırmıştır (Tablo 15).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	1.000	0.9700	0.9848	100
IMPA 2	0.9510	0.9700	0.9751	100
IMPA 3	0.9612	0.9900	0.9901	100
Doğruluk			0.9833	300
makro ort.	0.9836	0.9833	0.9833	300
ağırlıklı ort.	0.9836	0.9833	0.9833	300

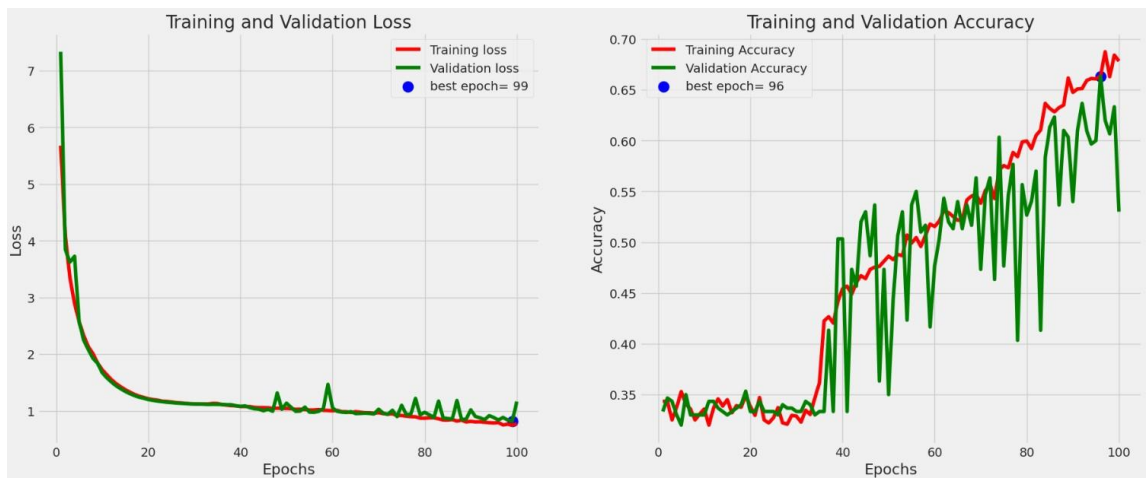
Tablo 16: XCEPTION sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 1.000, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0,9848 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9510, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0,9751 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9612, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0,9901 olarak tespit edilmiştir (Tablo 16).

4.1.8. VGG16



Grafik 8: VGG16 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	70	23	7
	IMPA 2	33	37	30
	IMPA 3	7	23	70

Tablo 17: VGG16 karışıklık matrisi

VGG16 mimarisinde 300 testte 123 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 59.00 olarak saptanmıştır.

VGG16 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 70 tanesini doğru gruplandırmış, 23 tanesi IMPA 2, 7 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG16 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 37 tanesini doğru gruplandırmış, 33 tanesi IMPA 1, 30 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG16 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 70 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesi IMPA 1, 23 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 17).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.6364	0.7000	0.6667	100
IMPA 2	0.4458	0.3700	0.4044	100
IMPA 3	0.6542	0.7000	0.6763	100
Doğruluk			0.5900	300
makro ort.	0.5788	0.5900	0.5825	300
ağırlıklı ort.	0.5788	0.5900	0.5825	300

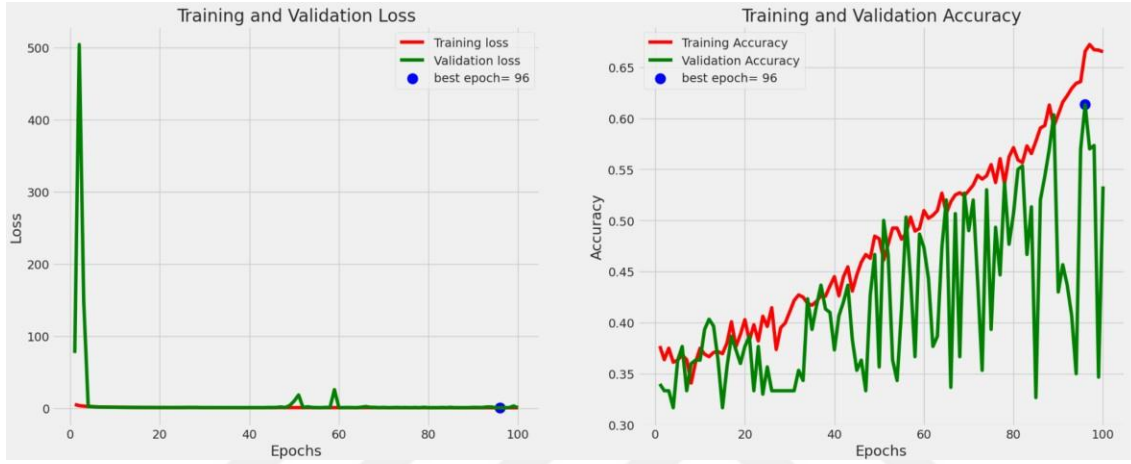
Tablo 18: VGG16 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.6364, duyarlılık değeri 0.7000, f1 skoru 0,6667 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.4458, duyarlılık değeri 0.3700, f1 skoru 0,4044 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.6542, duyarlılık değeri 0.7000, f1 skoru 0,6763 olarak tespit edilmiştir (Tablo 18).

4.1.9. VGG19



Grafik 9: VGG19 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	64	26	10
	IMPA 2	32	41	27
	IMPA 3	4	19	77

Tablo 19: VGG19 karışıklık matrisi

VGG19 mimarisinde 300 testte 118 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 60.67 olarak saptanmıştır.

VGG19 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 64 tanesini doğru gruplandırmış, 26 tanesi IMPA 2, 10 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG19 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 41 tanesini doğru gruplandırmış, 32 tanesi IMPA 1, 27 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG19 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 77 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesi IMPA 1, 19 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 19).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.6400	0.6400	0.6400	100
IMPA 2	0.4767	0.4100	0.4409	100
IMPA 3	0.6754	0.7700	0.7196	100
Doğruluk			0.6067	300
makro ort.	0.5974	0.6067	0.6002	300
ağırlıklı ort.	0.5974	0.6067	0.6002	300

Tablo 20: VGG19 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.6400, duyarlılık değeri 0.6400, f1 skoru 0,6400 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.4767, duyarlılık değeri 0.4100, f1 skoru 0,4409 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.6754, duyarlılık değeri 0.7700, f1 skoru 0,7196 olarak tespit edilmiştir (Tablo 20).

4.1.10.NASNETMOBILE



Grafik 10: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	86	7	7
	IMPA 2	11	81	8
	IMPA 3	8	8	84

Tablo 21: NASNETMOBILE karışıklık matrisi

NASNETMOBILE mimarisinde 300 testte 49 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 83.67 olarak saptanmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 86 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesi IMPA 2, 7 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 81 tanesini doğru gruplandırmış, 11 tanesi IMPA 1, 8 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 84 tanesini doğru gruplandırmış, 8 tanesi IMPA 1, 8 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 21).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.8190	0.8600	0.8390	100
IMPA 2	0.8438	0.8100	0.8265	100
IMPA 3	0.8485	0.8400	0.8442	100
Doğruluk			0.8367	300
makro ort.	0.8371	0.8367	0.8366	300
ağırlıklı ort.	0.8371	0.8367	0.8366	300

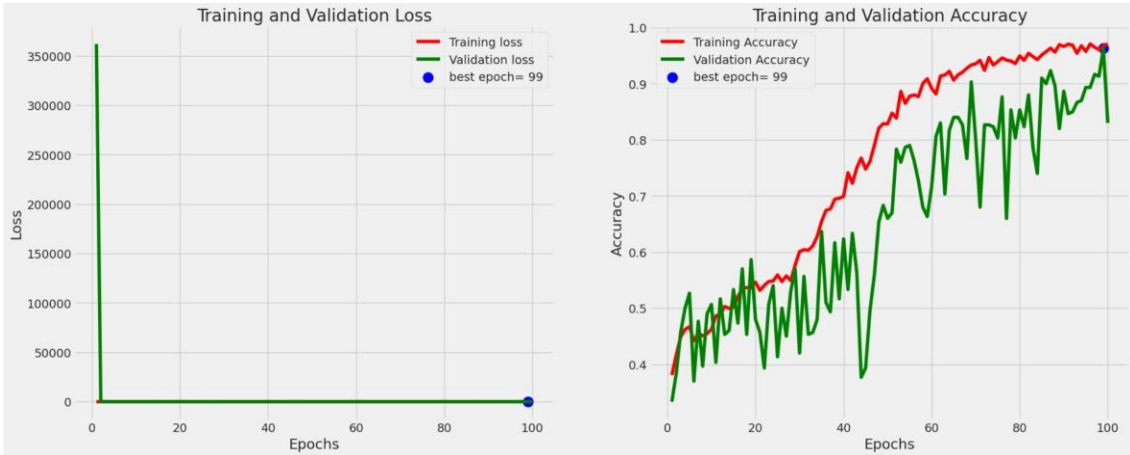
Tablo 22: NASNETMOBILE sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.8190, duyarlılık değeri 0.8600, f1 skoru 0,8390 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.8438, duyarlılık değeri 0.8100, f1 skoru 0,8265 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.8485, duyarlılık değeri 0.8400, f1 skoru 0,8442 olarak tespit edilmiştir.

4.1.11. RESNET101



Grafik 11: RESNET101 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	93	6	1
	IMPA 2	7	89	1
	IMPA 3	2	9	89

Tablo 23: RESNET101 karışıklık matrisi

RESNET101 mimarisinde 300 testte 29 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 90.33 olarak saptanmıştır.

RESNET101 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 93 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesi IMPA 2, 1 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET101 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesi IMPA 1, 4 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET101 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi IMPA 1, 9 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 23).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9118	0.9300	0.9208	100
IMPA 2	0.8558	0.8900	0.8725	100
IMPA 3	0.9468	0.8900	0.9175	100
doğruluk			0.9033	300
makro ort.	0.9048	0.9033	0.9036	300
ağırlıklı ort.	0.9048	0.9033	0.9036	300

Tablo 24: RESNET101 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9118, duyarlılık değeri 0.9300, f1 skoru 0.9208 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.8558, duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0.8725 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9468, duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0.9175 olarak tespit edilmiştir (Tablo 24).

4.1.12. RESNET152



Grafik 12: RESNET152 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	95	3	2
	IMPA 2	12	84	4
	IMPA 3	2	9	89

Tablo 25: RESNET152 karışıklık matrisi

RESNET152 mimarisinde 300 testte 27 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 91.00 olarak saptanmıştır.

RESNET152 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 93 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesi IMPA 2, 1 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET152 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesi IMPA 1, 4 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET152 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi IMPA 1, 9 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır.

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.8716	0.9500	0.9091	100
IMPA 2	0.9231	0.8400	0.8796	100
IMPA 3	0.9400	0.9400	0.9400	100
Doğruluk			0.9100	300
makro ort.	0.9115	0.9100	0.9096	300
ağırlıklı ort.	0.9115	0.9100	0.9096	300

Tablo 26: RESNET152 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.8716, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9091 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9231, duyarlılık değeri 0.8400, f1 skoru 0.8796 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9400, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9400 olarak tespit edilmiştir.

4.1.13. RESNET50



Grafik 13: RESNET50 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	93	6	1
	IMPA 2	2	91	7
	IMPA 3	4	4	92

Tablo 27: RESNET50 karışıklık matrisi

RESNET50 mimarisinde 300 testte 24 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 92.00 olarak saptanmıştır.

RESNET50 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğraftan 93 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesi IMPA 2, 1 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 91 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesi IMPA 1, 2 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 92 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesi IMPA 1, 4 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 27).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9394	0.9300	0.9347	100
IMPA 2	0.9010	0.9100	0.9055	100
IMPA 3	0.9200	0.9200	0.9200	100
Doğruluk			0.9200	300
makro ort.	0.9201	0.9200	0.9200	300
ağırlıklı ort.	0.9201	0.9200	0.9200	300

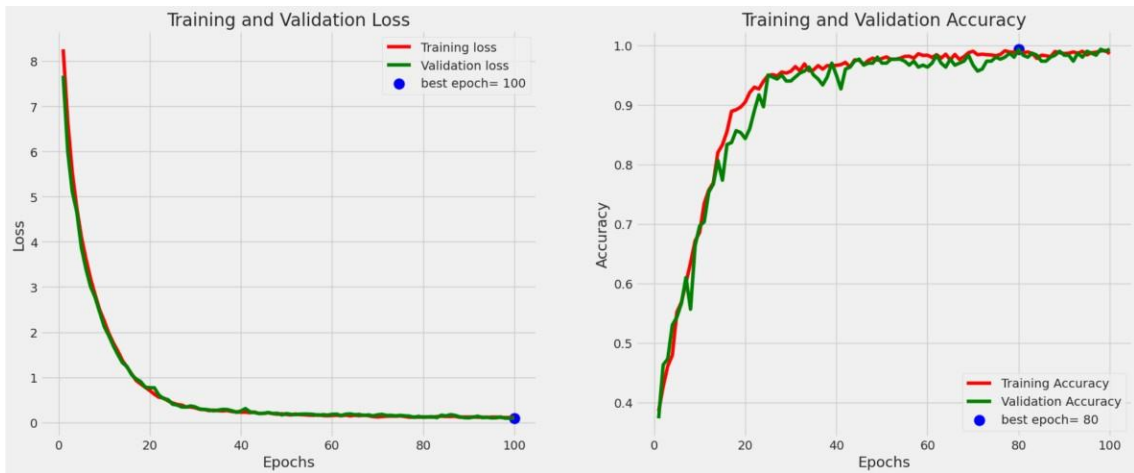
Tablo 28: RESNET50 sınıflandırma raporu

IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9394, duyarlılık değeri 0.9300, f1 skoru 0.9347 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9010, duyarlılık değeri 0.9100, f1 skoru 0.9055 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9200, duyarlılık değeri 0.9200, f1 skoru 0.9200 olarak tespit edilmiştir (Tablo 28).

4.1.14. EFFICIENTNET V2 B0



Grafik 14: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		IMPA 1	IMPA 2	IMPA 3
GERÇEK	IMPA 1	100	0	0
	IMPA 2	2	94	4
	IMPA 3	0	1	99

Tablo 29: EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi

EFFICIENTNET V2 B0 mimarisinde 300 testte 7 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 97.67 olarak saptanmıştır.

EFFICIENTNET V2 B0 mimarisi IMPA 1 grubunda 100 fotoğrafın tamamını doğru gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 B0 mimarisi IMPA 2 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi IMPA 1, 4 tanesini IMPA 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 B0 mimarisi IMPA 3 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini IMPA 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 29).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
IMPA 1	0.9804	1.000	0.9901	100
IMPA 2	0.9895	0.9400	0.9641	100
IMPA 3	0.9612	0.9900	0.9754	100
Doğruluk			0.9767	300
makro ort.	0.9770	0.9767	0.9765	300
ağırlıklı ort.	0.9770	0.9767	0.9765	300

Tablo 30: EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu

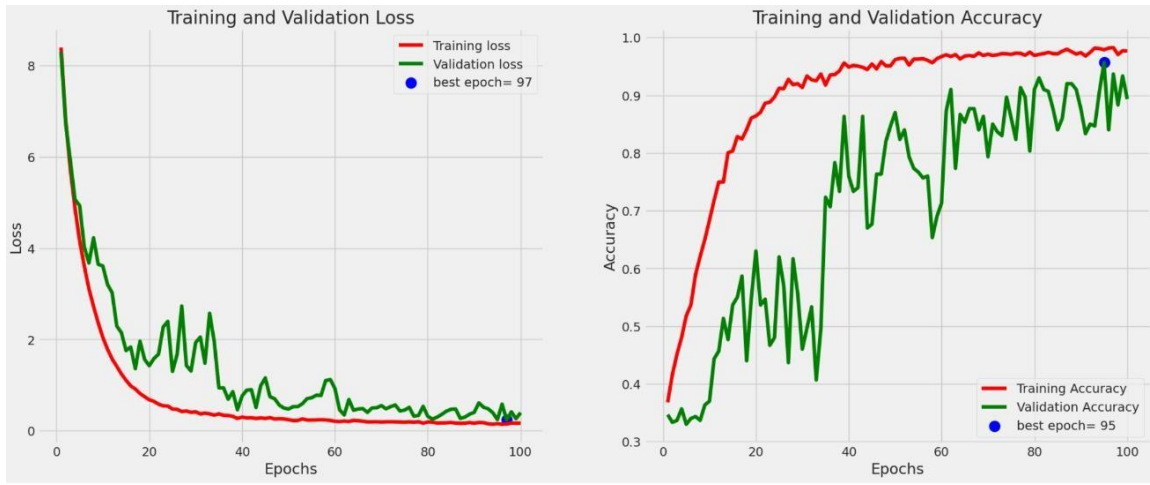
IMPA 1 grubu için kesinlik değeri 0.9804, duyarlılık değeri 1.000, f1 skoru 0.9901 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 2 grubu için kesinlik değeri 0.9895, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9641 olarak tespit edilmiştir.

IMPA 3 grubu için kesinlik değeri 0.9612, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0.9754 olarak tespit edilmiştir (Tablo 30).

4.2. INTERINSIZAL AÇI VERİ SONUÇLARI

4.2.1. MOBILENET V2



Grafik 15: MOBILENET V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	93	4	3
	INTERINSIZAL 2	1	90	9
	INTERINSIZAL 3	1	1	98

Tablo 31: MOBILENET V2 karışıklık matrisi

MOBILENET V2 mimarisinde 300 testte 19 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 93.67 olarak saptanmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 93 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesi INTERINSIZAL 2, 3 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 90 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesi INTERINSIZAL 1, 9 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır (Tablo 31).

MOBILENET V2 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesi INTERINSIZAL 1, 1 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır.

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.9789	0.9300	0.9538	100
INTERINSIZAL 2	0.9474	0.9000	0.9231	100
INTERINSIZAL 1	0.8909	0.9800	0.9333	100
Doğruluk			0.9767	300
makro ort.	0.9391	0.9367	0.9768	300
ağırlıklı ort.	0.9391	0.9367	0.9768	300

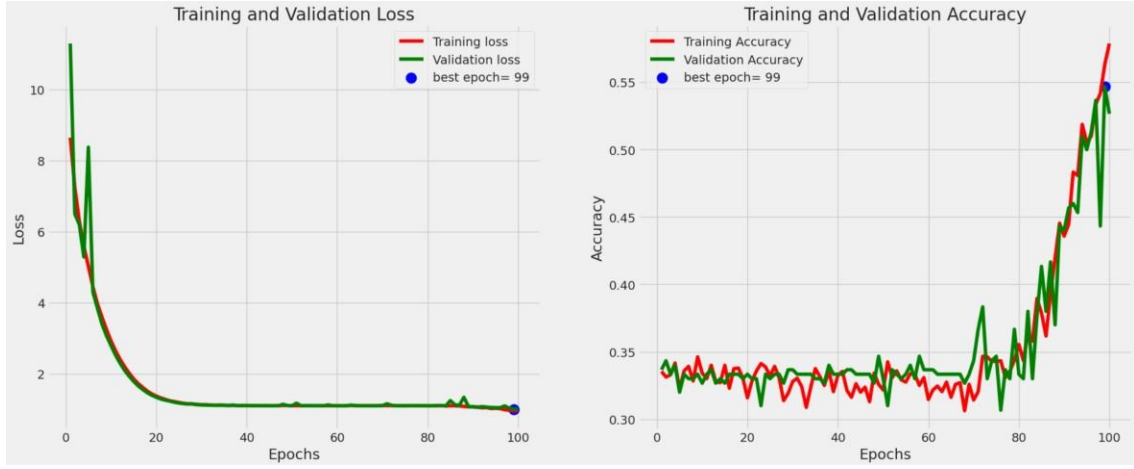
Tablo 32: MOBILENET V2 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.9789, duyarlılık değeri 0.9300, f1 skoru 0.9538 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9474, duyarlılık değeri 0.9000, f1 skoru 0.9231 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.8909, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9333 olarak tespit edilmiştir (Tablo 32).

4.2.2. INCEPTION V3



Grafik 16: INCEPTION V3 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	56	33	11
	INTERINSIZAL 2	29	46	25
	INTERINSIZAL 3	13	18	69

Tablo 33: INCEPTION V3 karışıklık matrisi

INCEPTION V3 mimarisinde 300 testte 129 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 57.00 olarak saptanmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 56 tanesini doğru gruplandırmış, 33 tanesini INTERINSIZAL 2, 11 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 46 tanesini doğru gruplandırmış, 29 tanesini INTERINSIZAL 1, 25 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 69 tanesini doğru gruplandırmış, 13 tanesini INTERINSIZAL 1, 18 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 33).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.5714	0.5600	0.5657	100
INTERINSIZAL 2	0.4742	0.4600	0.4670	100
INTERINSIZAL 1	0.6571	0.6900	0.6732	100
doğruluk			0.5700	300
makro ort.	0.5676	0.5700	0.5686	300
ağırlıklı ort.	0.5676	0.5700	0.5686	300

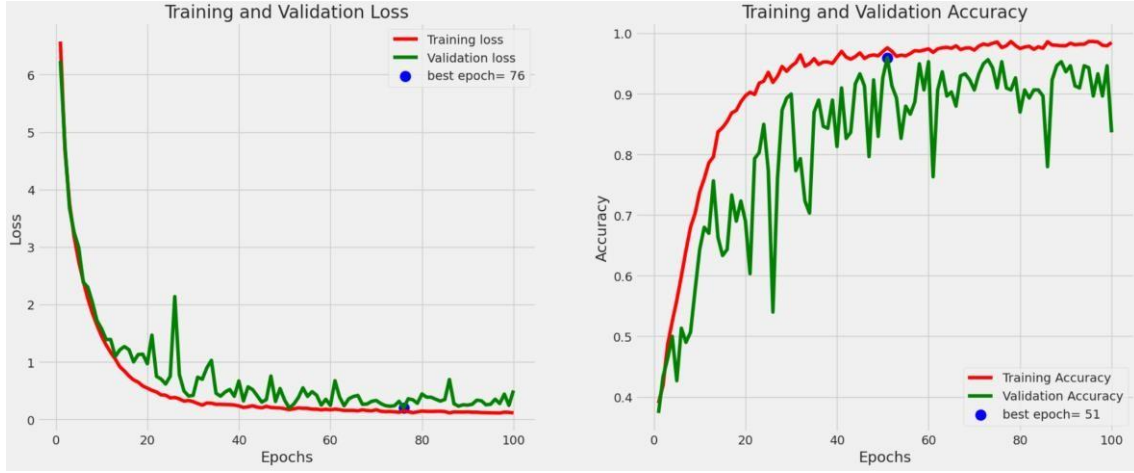
Tablo 34: INCEPTION V3 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.5714, duyarlılık değeri 0.5600, f1 skoru 0.5657 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.4742, duyarlılık değeri 0.4600, f1 skoru 0.4670 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.6571, duyarlılık değeri 0.6900, f1 skoru 0.6732 olarak tespit edilmiştir.

4.2.3. DENSENET 121



Grafik 17: DENSENET 121 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	96	1	3
	INTERINSIZAL 2	1	94	5
	INTERINSIZAL 3	0	5	95

Tablo 35: DENSENET 121 karışıklık matrisi

DENSENET 121 algoritmasında 300 testte 15 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 95.00 olarak saptanmıştır.

DENSENET 121 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 96 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesi INTERINSIZAL 2, 3 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 121 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesi INTERINSIZAL 1, 5 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 121 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 35).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.9897	0.9600	0.9746	100
INTERINSIZAL 2	0.9400	0.9400	0.9400	100
INTERINSIZAL 1	0.9223	0.9500	0.9360	100
doğruluk			0.9500	300
makro ort.	0.9507	0.9500	0.9502	300
ağırlıklı ort.	0.9507	0.9500	0.9502	300

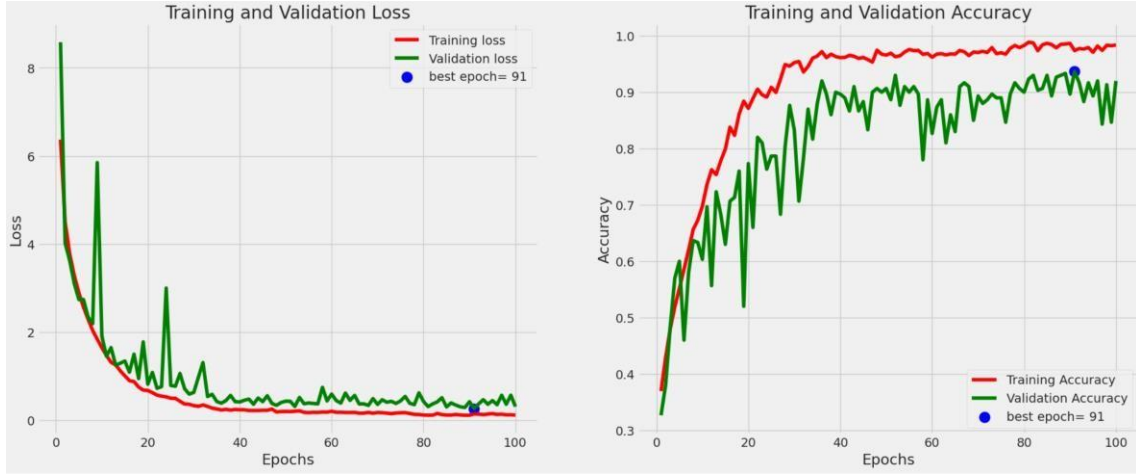
Tablo 36: DENSENET 121 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.9897, duyarlılık değeri 0.9600, f1 skoru 0.9746 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9400, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9400 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.9223, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9360 olarak tespit edilmiştir (Tablo 36).

4.2.4. DENSENET169



Grafik 18: DENSENET169 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	95	2	3
	INTERINSIZAL 2	3	94	3
	INTERINSIZAL 3	0	0	100

Tablo 37: DENSENET169 karışıklık matrisi

DENSENET169 mimarisinde 300 testte 11 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.33 olarak saptanmıştır.

DENSENET169 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesi INTERINSIZAL 2, 3 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET169 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesi INTERINSIZAL 1, 3 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET169 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğrafın tamamı doğru gruplandırmıştır (Tablo 37).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.9694	0.9500	0.9596	100
INTERINSIZAL 2	0.9792	0.9400	0.9592	100
INTERINSIZAL 1	0.9434	1.0000	0.9709	100
Doğruluk			0.9633	300
makro ort.	0.9640	0.9633	0.9632	300
ağırlıklı ort.	0.9640	0.9633	0.9632	300

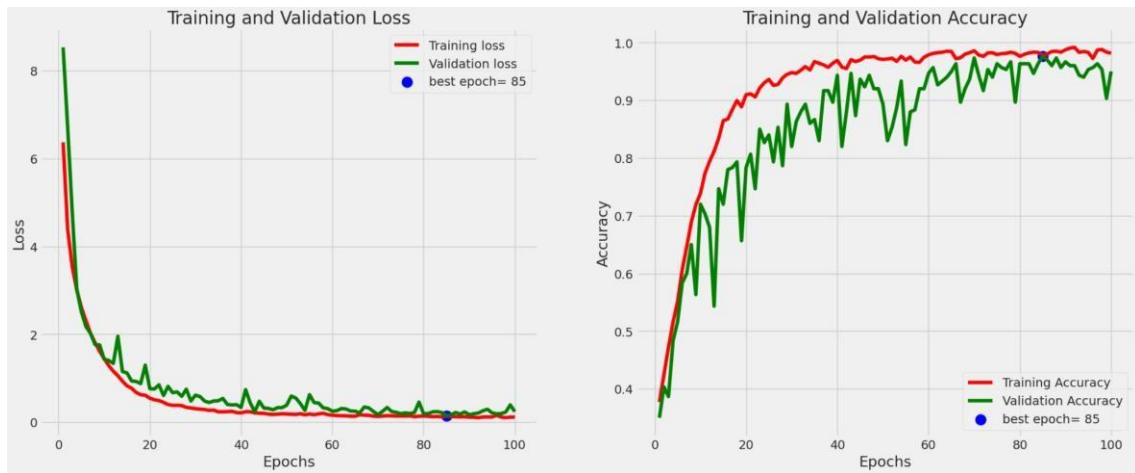
Tablo 38: DENSENET169 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.9694, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9596 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9792, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9592 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.9434, duyarlılık değeri 1.0000, f1 skoru 0.9709 olarak tespit edilmiştir (Tablo 38).

4.2.5. DENSENET201



Grafik 19: DENSENET201 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	98	2	0
	INTERINSIZAL 2	2	95	3
	INTERINSIZAL 3	1	5	94

Tablo 39: DENSENET201 karışıklık matrisi

DENSENET201 mimarisinde 300 testte 13 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 95.67 olarak saptanmıştır.

DENSENET201 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET201 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi INTERINSIZAL 1, 3 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET201 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesi INTERINSIZAL 1, 5 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 39).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.9703	0.9800	0.9751	100
INTERINSIZAL 2	0.9314	0.9500	0.9406	100
INTERINSIZAL 1	0.9691	0.9400	0.9543	100
Doğruluk			0.9567	300
makro ort.	0.9569	0.9567	0.9567	300
ağırlıklı ort.	0.9569	0.9567	0.9567	300

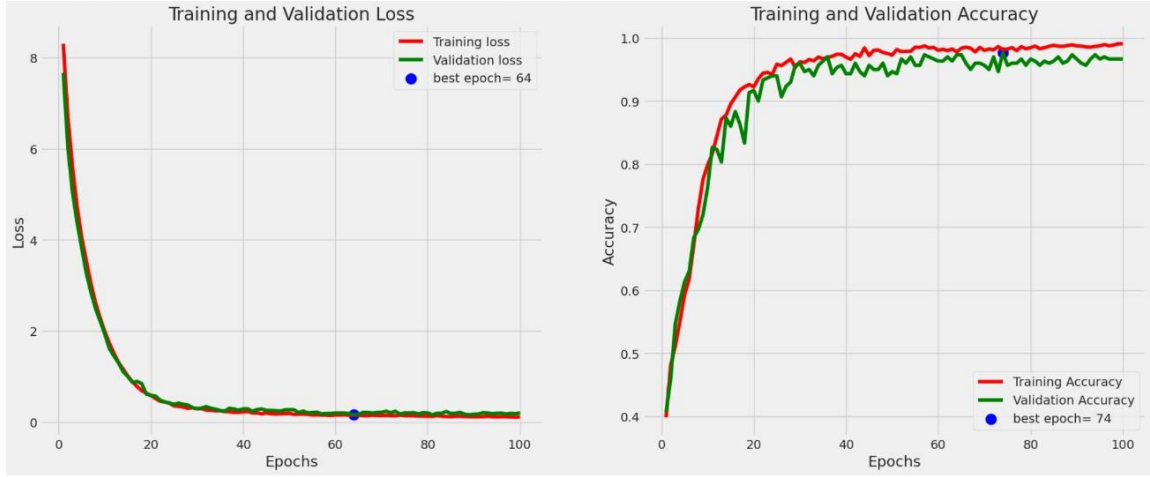
Tablo 40: DENSENET201 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.9703, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9751 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9314, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9406 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.9691, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9543 olarak tespit edilmiştir (Tablo 40).

4.2.6. EFFICIENTNET B0



Grafik 19: EFFICIENTNET B0 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	98	2	0
	INTERINSIZAL 2	0	98	2
	INTERINSIZAL 3	0	3	97

Tablo 41: EFFICIENTNET B0 karışıklık matrisi

EFFICIENTNET B0 mimarisinde 300 testte 7 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 97.67 olarak saptanmıştır.

EFFICIENTNET B0 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET B0 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET B0 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 41).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	1.0000	0.9800	0.9899	100
INTERINSIZAL 2	0.9515	0.9800	0.9655	100
INTERINSIZAL 1	0.9798	0.9700	0.9749	100
Doğruluk			0.9767	300
makro ort.	0.9771	0.9767	0.9768	300
ağırlıklı ort.	0.9771	0.9767	0.9768	300

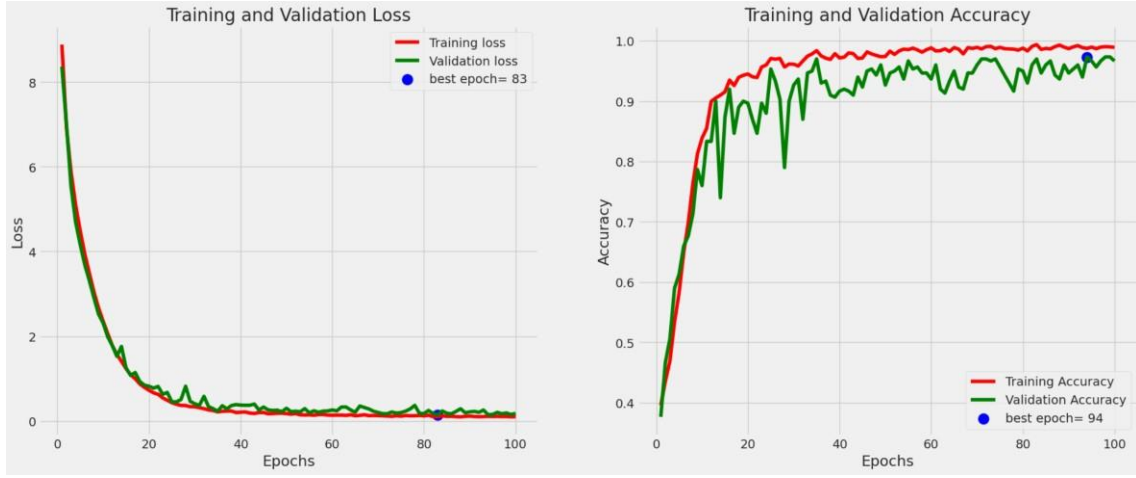
Tablo 42: EFFICIENTNET B0 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 1.000, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9899 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9515, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9655 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.9798, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9749 olarak tespit edilmiştir (Tablo 42).

4.2.7. XCEPTION



Grafik 20: XCEPTION eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	98	1	1
	INTERINSIZAL 2	0	97	3
	INTERINSIZAL 3	1	3	96

Tablo 43: XCEPTION karışıklık matrisi

XCEPTION mimarisinde 300 testte 9 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 97.00 olarak saptanmıştır.

XCEPTION mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini INTERINSIZAL 2, 1 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

XCEPTION mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

XCEPTION mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 96 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini INTERINSIZAL 1, 3 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 43).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.9899	0.9800	0.9849	100
INTERINSIZAL 2	0.9604	0.9700	0.9652	100
INTERINSIZAL 1	0.9600	0.9600	0.9600	100
Doğruluk			0.9700	300
makro ort.	0.9701	0.9700	0.9700	300
ağırlıklı ort.	0.9701	0.9700	0.9700	300

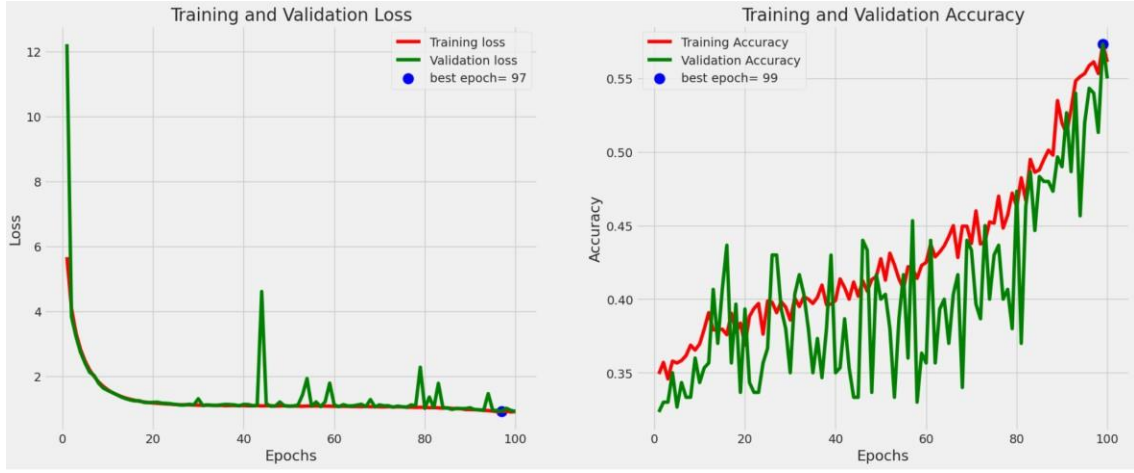
Tablo 44: XCEPTION sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.9899, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9849 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9604, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9652 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.9600, duyarlılık değeri 0.9600, f1 skoru 0.9600 olarak tespit edilmiştir (Tablo 44).

4.2.8. VGG16



Grafik 21: VGG16 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	62	29	9
	INTERINSIZAL 2	20	38	42
	INTERINSIZAL 3	6	35	59

Tablo 45: VGG16 karışıklık matrisi

VGG16 mimarisinde 300 testte 141 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 53.00 olarak saptanmıştır.

VGG16 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 62 tanesini doğru gruplandırmış, 29 tanesini INTERINSIZAL 2, 9 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG16 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 38 tanesini doğru gruplandırmış, 20 tanesini INTERINSIZAL 1, 42 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG16 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 59 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesini INTERINSIZAL 1, 35 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 45).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.7045	0.6200	0.6596	100
INTERINSIZAL 2	0.3725	0.3800	0.3762	100
INTERINSIZAL 1	0.5364	0.5900	0.5619	100
Doğruluk			0.5300	300
makro ort.	0.5378	0.5300	0.5326	300
ağırlıklı ort.	0.5378	0.5300	0.5326	300

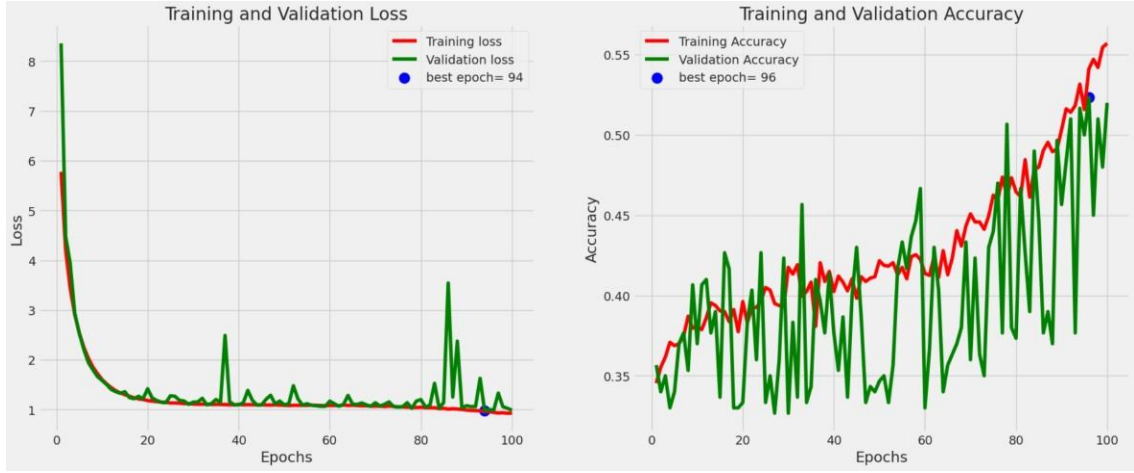
Tablo 46: VGG16 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.7045, duyarlılık değeri 0.6200, f1 skoru 0.6596 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.3725, duyarlılık değeri 0.3800, f1 skoru 0.3762 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.5364, duyarlılık değeri 0.5900, f1 skoru 0.5619 olarak tespit edilmiştir (Tablo 46).

4.2.9. VGG19



Grafik 22: VGG19 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	76	13	11
	INTERINSIZAL 2	46	20	34
	INTERINSIZAL 3	24	17	59

Tablo 47: VGG19 karışıklık matrisi

VGG19 mimarisinde 300 testte 145 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 51.67 olarak saptanmıştır.

VGG19 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 76 tanesini doğru gruplandırmış, 13 tanesini INTERINSIZAL 2, 11 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG19 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 20 tanesini doğru gruplandırmış, 46 tanesini INTERINSIZAL 1, 34 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG19 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 59 tanesini doğru gruplandırmış, 24 tanesini INTERINSIZAL 1, 17 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 47).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.5205	0.7600	0.6179	100
INTERINSIZAL 2	0.4000	0.2000	0.2667	100
INTERINSIZAL 1	0.5673	0.5900	0.5784	100
Doğruluk			0.5167	300
makro ort.	0.4960	0.5167	0.4877	300
ağırlıklı ort.	0.4960	0.5167	0.4877	300

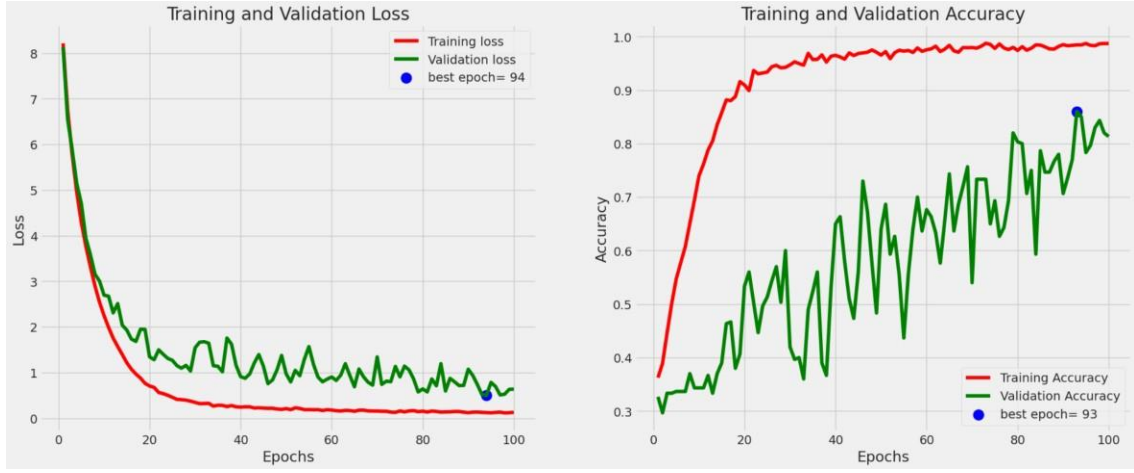
Tablo 48: VGG19 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.5205, duyarlılık değeri 0.7600, f1 skoru 0.6179 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.4000, duyarlılık değeri 0.2000, f1 skoru 0.2667 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.5673, duyarlılık değeri 0.5900, f1 skoru 0.5784 olarak tespit edilmiştir (Tablo 48).

4.2.10.NASNETMOBILE



Grafik 23: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	89	7	4
	INTERINSIZAL 2	4	89	7
	INTERINSIZAL 3	6	11	83

Tablo 49: NASNETMOBILE karışıklık matrisi

NASNETMOBILE mimarisinde 300 testte 39 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 87.00 olarak saptanmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesini INTERINSIZAL 2, 4 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesini INTERINSIZAL 1, 7 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 83 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesini INTERINSIZAL 1, 11 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 49).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.8990	0.8900	0.8945	100
INTERINSIZAL 2	0.8318	0.8900	0.8599	100
INTERINSIZAL 1	0.8830	0.8300	0.8557	100
Doğruluk			0.8700	300
makro ort.	0.8712	0.8700	0.8700	300
ağırlıklı ort.	0.8712	0.8700	0.8700	300

Tablo 50: NASNETMOBILE sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.8990, duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0.8945 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.8318, duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0.8599 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.8830, duyarlılık değeri 0.8300, f1 skoru 0.8557 olarak tespit edilmiştir (Tablo 50).

4.2.11. RESNET101



Grafik 24: RESNET101 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	92	5	3
	INTERINSIZAL 2	2	93	5
	INTERINSIZAL 3	2	5	93

Tablo 51: RESNET101 karışıklık matrisi

RESNET101 mimarisinde 100 testte 22 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 92.67 olarak saptanmıştır.

RESNET101 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 7 tanesini INTERINSIZAL 2, 4 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET101 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesini INTERINSIZAL 1, 7 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET101 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 83 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesini INTERINSIZAL 1, 11 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 51).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.9583	0.9200	0.9388	100
INTERINSIZAL 2	0.9029	0.9300	0.9163	100
INTERINSIZAL 1	0.9208	0.9300	0.9254	100
Doğruluk			0.9267	300
makro ort.	0.9273	0.9267	0.9268	300
ağırlıklı ort.	0.9273	0.9267	0.9268	300

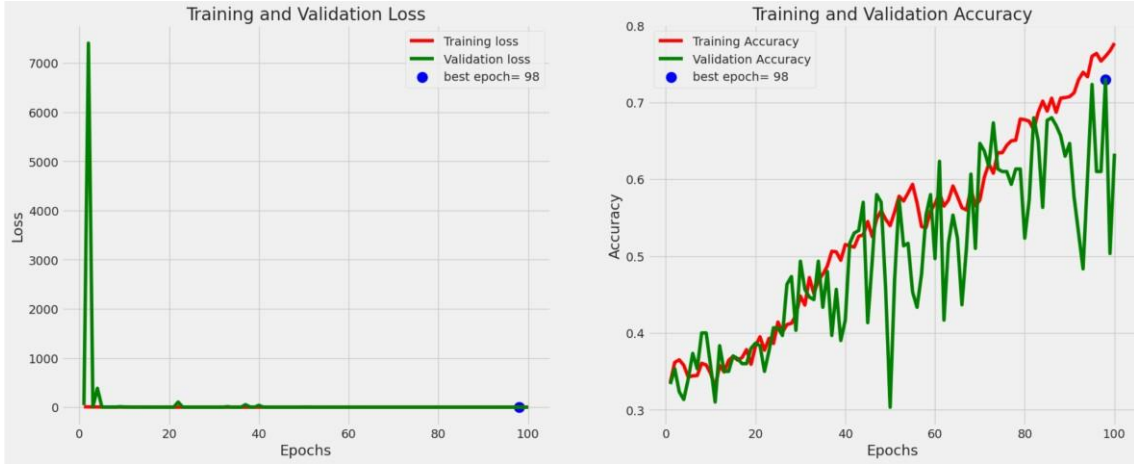
Tablo 52: RESNET101 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.9583, duyarlılık değeri 0.9200, f1 skoru 0.9388 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9029, duyarlılık değeri 0.9300, f1 skoru 0.9163 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.9208, duyarlılık değeri 0.9300, f1 skoru 0.9254 olarak tespit edilmiştir (Tablo 52).

4.2.12. RESNET152



Grafik 25: RESNET152 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	76	19	5
	INTERINSIZAL 2	10	76	14
	INTERINSIZAL 3	1	38	61

Tablo 53: RESNET152 karışıklık matrisi

RESNET152 mimarisinde 300 testte 87 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 71.00 olarak saptanmıştır.

RESNET152 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 76 tanesini doğru gruplandırmış, 19 tanesini INTERINSIZAL 2, 5 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET152 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 76 tanesini doğru gruplandırmış, 10 tanesini INTERINSIZAL 1, 14 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET152 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 61 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini INTERINSIZAL 1, 38 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 53).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.8736	0.7600	0.8128	100
INTERINSIZAL 2	0.5714	0.7600	0.6524	100
INTERINSIZAL 1	0.7625	0.6100	0.6778	100
Doğruluk			0.7100	300
makro ort.	0.7358	0.7100	0.7143	300
ağırlıklı ort.	0.7358	0.7100	0.7143	300

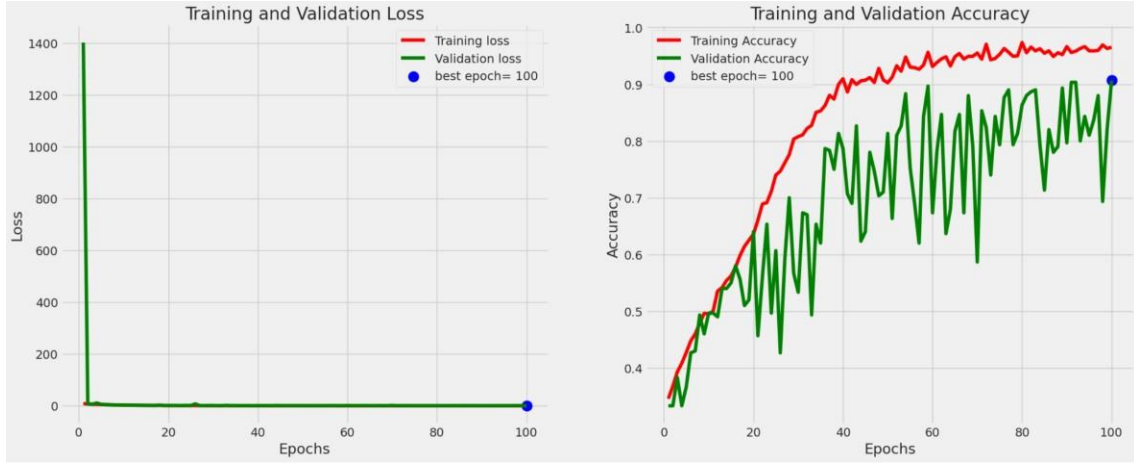
Tablo 54: RESNET152 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.8736, duyarlılık değeri 0.7600, f1 skoru 0.8128 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.5714, duyarlılık değeri 0.7600, f1 skoru 0.6524 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.7625, duyarlılık değeri 0.6100, f1 skoru 0.6778 olarak tespit edilmiştir (Tablo 54).

4.2.13. RESNET50



Grafik 26: RESNET50 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	86	6	8
	INTERINSIZAL 2	2	90	8
	INTERINSIZAL 3	3	4	93

Tablo 55: RESNET50 karışıklık matrisi

RESNET50 mimarisinde 300 testte 31 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 89.67 olarak saptanmıştır.

RESNET50 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 86 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesini INTERINSIZAL 2, 8 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 90 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini INTERINSIZAL 1, 8 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğraftan 93 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini INTERINSIZAL 1, 4 tanesini INTERINSIZAL 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 55).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	0.9451	0.8600	0.9005	100
INTERINSIZAL 2	0.9000	0.9000	0.9000	100
INTERINSIZAL 1	0.8532	0.9300	0.8900	100
Doğruluk			0.8967	300
makro ort.	0.8994	0.8967	0.8968	300
ağırlıklı ort.	0.8994	0.8967	0.8968	300

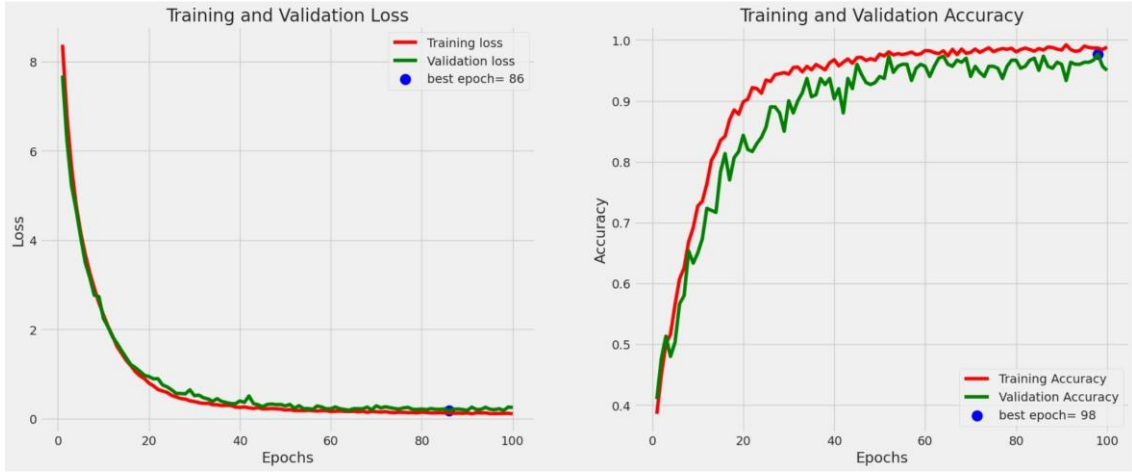
Tablo 56: RESNET50 sınıflandırma raporu

INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 0.9541, duyarlılık değeri 0.8600, f1 skoru 0.9005 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9000, duyarlılık değeri 0.9000, f1 skoru 0.9000 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.8532, duyarlılık değeri 0.9300, f1 skoru 0.8900 olarak tespit edilmiştir (Tablo 56).

4.2.14. EFFICIENTNET V2



Grafik 27: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		INTERINSIZAL 1	INTERINSIZAL 2	INTERINSIZAL 3
GERÇEK	INTERINSIZAL 1	98	1	1
	INTERINSIZAL 2	0	99	1
	INTERINSIZAL 3	0	0	100

Tablo 57: EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi

EFFICIENTNET V2 mimarisinde 300 testte 3 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 99.00 olarak saptanmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi INTERINSIZAL 1 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini INTERINSIZAL 2, 1 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi INTERINSIZAL 2 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini INTERINSIZAL 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi INTERINSIZAL 3 grubunda 100 fotoğrafın tamamını doğru gruplandırmıştır (Tablo 57).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
INTERINSIZAL 1	1.0000	0.9800	0.9899	100
INTERINSIZAL 2	0.9900	0.9900	0.9900	100
INTERINSIZAL 1	0.9804	1.0000	0.9901	100
Doğruluk			0.9900	300
makro ort.	0.9901	0.9900	0.9900	300
ağırlıklı ort.	0.9901	0.9900	0.9900	300

Tablo 58: EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu

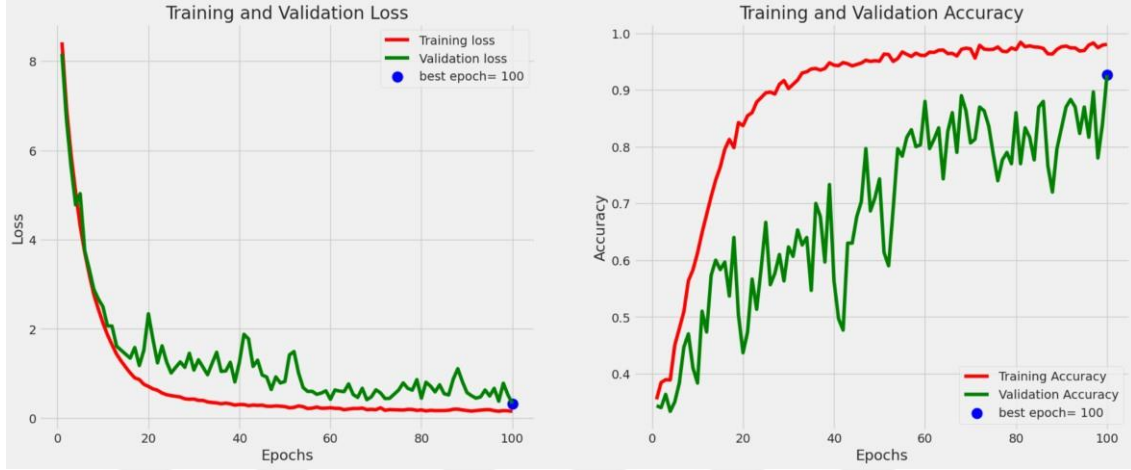
INTERINSIZAL 1 grubu için kesinlik değeri 1.000, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9899 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 2 grubu için kesinlik değeri 0.9900, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0.9900 olarak tespit edilmiştir.

INTERINSIZAL 3 grubu için kesinlik değeri 0.9804, duyarlılık değeri 1.0000, f1 skoru 0.9901 olarak tespit edilmiştir (Tablo 58).

4.3. U1- PALATAL DÜZLEM AÇISI VERİ SONUÇLARI

4.3.1. MOBILENET V2



Grafik 28: MOBILENET V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	99	0	1
	U1-PP 2	3	87	10
	U1-PP 3	10	1	89

Tablo 59: MOBILENET V2 karışıklık matrisi

MOBILENET V2 mimarisinde 300 testte 25 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 91.67 olarak saptanmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 87 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini U1-PP 1, 10 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 10 tanesi U1-PP 1, 1 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 59).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.8839	0.9900	0.9340	100
U1-PP 2	0.9886	0.8700	0.9255	100
U1-PP 3	0.8900	0.8900	0.8900	100
Doğruluk			0.9167	300
makro ort.	0.9209	0.9167	0.9165	300
ağırlıklı ort.	0.9209	0.9167	0.9165	300

Tablo 60: MOBILENET V2 sınıflandırma raporu

U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.8839, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0.9340 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.9886, duyarlılık değeri 0.8700, f1 skoru 0.9255 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri 0.8900, duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0.8900 olarak tespit edilmiştir (Tablo 60).

4.3.2. DENSENET121



Grafik 29: DENSENET121 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	97	3	0
	U1-PP 2	2	98	0
	U1-PP 3	5	2	93

Tablo 61: DENSENET121 sınıflandırma raporu

DENSENET121 mimarisinde 300 testte 12 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.00 olarak saptanmıştır.

DENSENET121 mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET121 mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi U1-PP 1 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET121 mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 93 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesi U1-PP 1, 2 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 61).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.9327	0.9700	0.9510	100
U1-PP 2	0.9515	0.9800	0.9655	100
U1-PP 3	1.000	0.9300	0.9637	100
Doğruluk			0.9600	300
makro ort.	0.9614	0.9600	0.9601	300
ağırlıklı ort.	0.9614	0.9600	0.9601	300

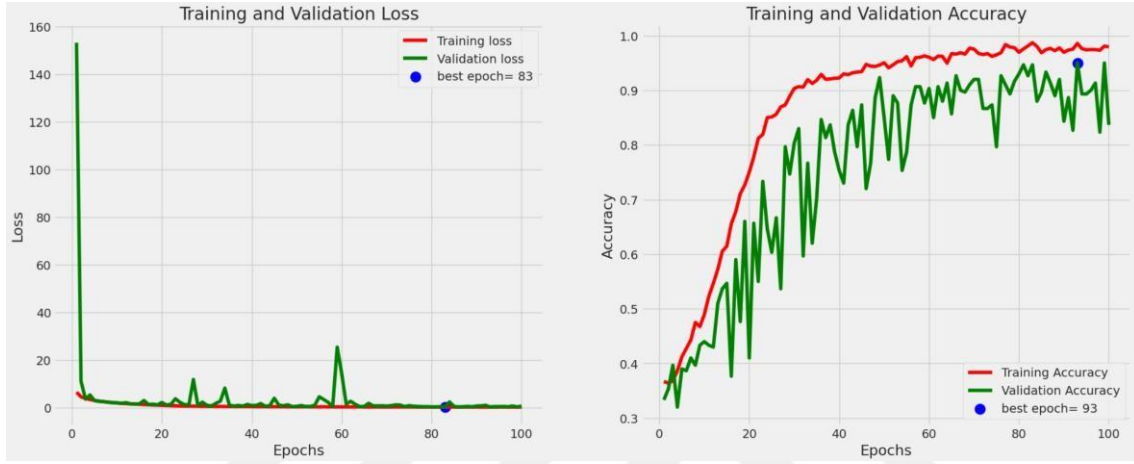
Tablo 62: DENSENET121 sınıflandırma raporu

U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.9327, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9510 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.9515, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9655 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri 1.000, duyarlılık değeri 0.9300, f1 skoru 0.9637 olarak tespit edilmiştir (Tablo 62).

4.3.3. DENSENET169



Grafik 30: DENSENET169 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	94	1	5
	U1-PP 2	0	99	1
	U1-PP 3	3	1	96

Tablo 63: DENSENET169 karışıklık matrisi

DENSENET169 mimarisinde 300 testte 11 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.33 olarak saptanmıştır.

DENSENET169 mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini U1-PP 2, 5 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET169 mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET169 mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 96 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini U1-PP 1, 1 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 63).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.9691	0.9400	0.9543	100
U1-PP 2	0.9802	0.9900	0.9851	100
U1-PP 3	0.9412	0.9600	0.9505	100
Doğruluk			0.9633	300
makro ort.	0.9635	0.9633	0.9633	300
ağırlıklı ort.	0.9635	0.9633	0.9633	300

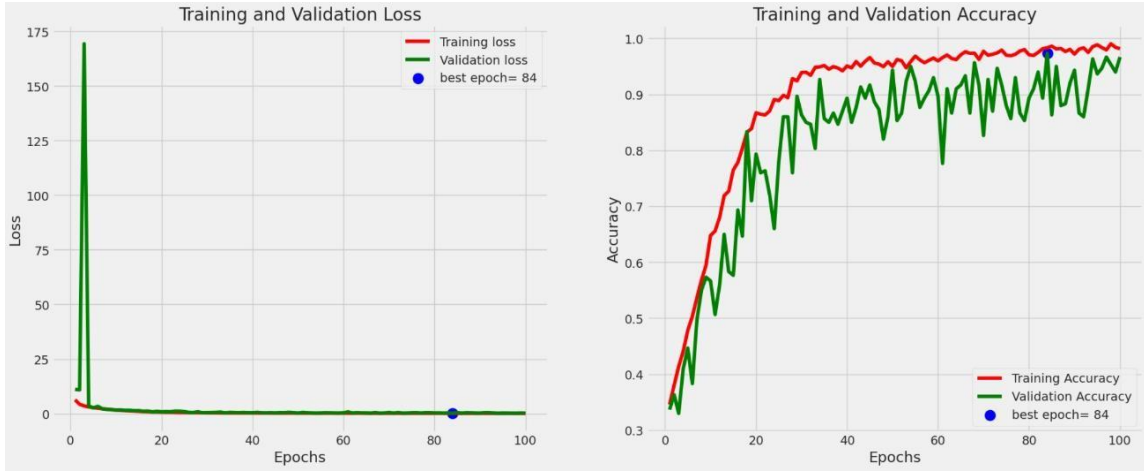
Tablo 64: DENSENET169 sınıflandırma raporu

U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.9691, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9543 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.9802, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0.9851 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9412 duyarlılık değeri 0.9600, f1 skoru 0.9505 olarak tespit edilmiştir (Tablo 64).

4.3.4.DENSENET201



Grafik 31: DENSENET201 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	100	0	0
	U1-PP 2	5	94	1
	U1-PP 3	2	4	94

Tablo 65: DENSENET201 karışıklık matrisi

DENSENET201 mimarisinde 300 testte 12 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.00 olarak saptanmıştır.

DENSENET201 mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğrafın tamamını doğru gruplandırmıştır.

DENSENET201 mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesini U1-PP 1, 1 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET201 mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi U1-PP 1, 4 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 65).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.9346	1.0000	0.9662	100
U1-PP 2	0.9592	0.9400	0.9495	100
U1-PP 3	0.9895	0.9400	0.9641	100
Doğruluk			0.9600	300
makro ort.	0.9611	0.9600	0.9599	300
ağırlıklı ort.	0.9611	0.9600	0.9599	300

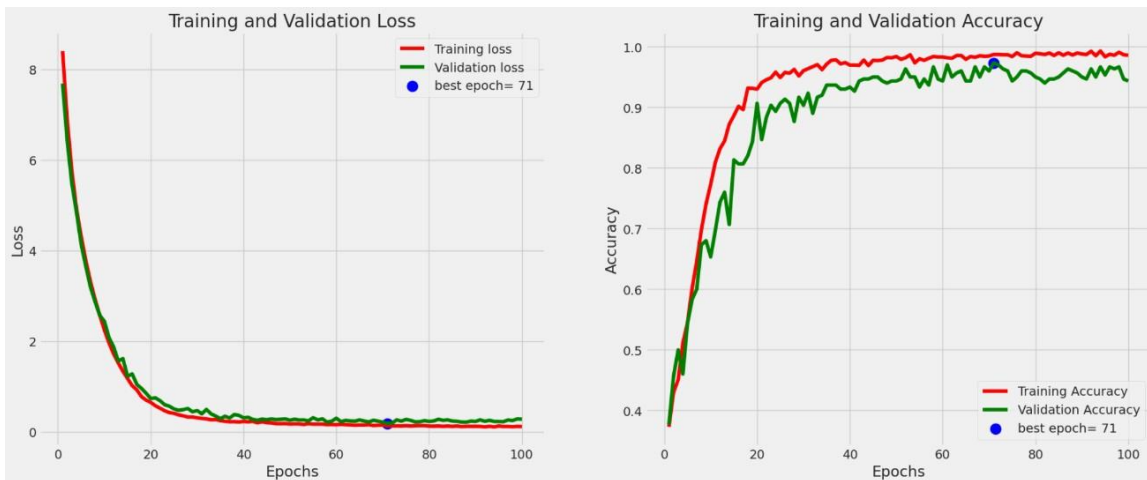
Tablo 66: DENSENET201 sınıflandırma raporu

U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.9346, duyarlılık değeri 1.000, f1 skoru 0.9662 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.9592, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9495 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9895 duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9641 olarak tespit edilmiştir (Tablo 66).

4.3.5. EFFICIENT B0



Grafik 32: EFFICIENT B0 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	100	0	0
	U1-PP 2	1	95	4
	U1-PP 3	4	1	95

Tablo 67: EFFICIENT B0 karışıklık matrisi

EFFICIENT B0 mimarisinde 300 testte 10 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.67 olarak saptanmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğrafını tamamı doğru gruplandırmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini U1-PP 1, 4 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesi U1-PP 1, 1 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 67).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.9524	1.0000	0.9756	100
U1-PP 2	0.9896	0.9500	0.9694	100
U1-PP 3	0.9596	0.9500	0.9548	100
Doğruluk			0.9667	300
makro ort.	0.9672	0.9667	0.9666	300
ağırlıklı ort.	0.9672	0.9667	0.9666	300

Tablo 68: EFFICIENT B0 sınıflandırma raporu

U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.9524, duyarlılık değeri 1.000, f1 skoru 0.9756 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.9896, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9694 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9596 duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9548 olarak tespit edilmiştir (Tablo 68).

4.3.6. NASNETMOBILE



Grafik 33: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	88	5	7
	U1-PP 2	22	64	14
	U1-PP 3	8	1	91

Tablo 69: NASNETMOBILE karışıklık matrisi

NASNETMOBILE mimarisi 300 testte 57 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 81.00 olarak saptanmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğraftan 88 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesini U1-PP 2, 7 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 64 tanesini doğru gruplandırmış, 22 tanesini U1-PP 1, 14 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 91 tanesini doğru gruplandırmış, 8 tanesini U1-PP 1, 1 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 69).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.7458	0.8800	0.8073	100
U1-PP 2	0.9143	0.6400	0.7529	100
U1-PP 3	0.8125	0.9100	0.8585	100
Doğruluk			0.8100	300
makro ort.	0.8242	0.8100	0.8063	300
ağırlıklı ort.	0.8242	0.8100	0.8063	300

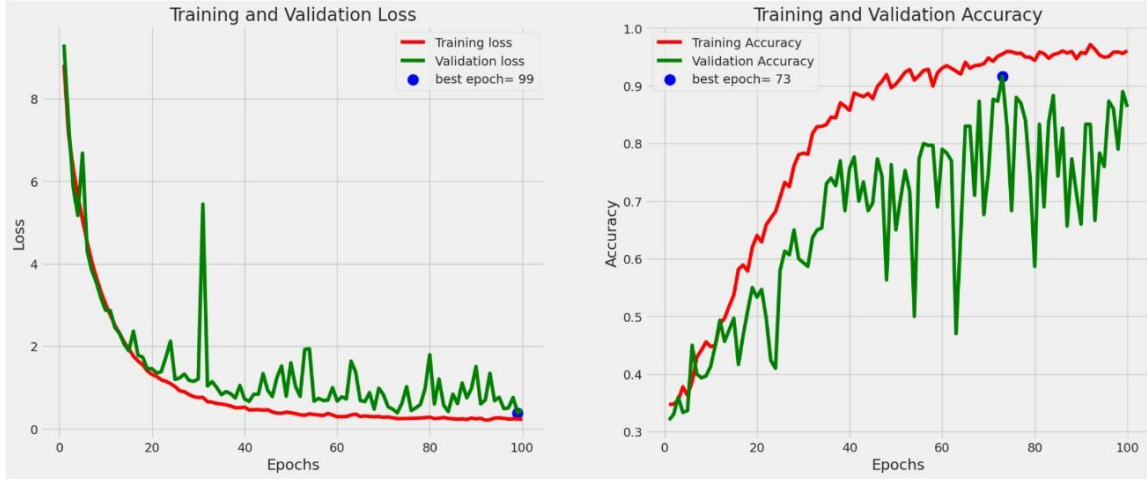
Tablo 70: NASNETMOBILE sınıflandırma raporu

U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.7458, duyarlılık değeri 0.8800, f1 skoru 0.8073 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.9143, duyarlılık değeri 0.6400, f1 skoru 0.7529 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri, 0.8125 duyarlılık değeri 0.9100, f1 skoru 0.8585 olarak tespit edilmiştir (Tablo 70).

4.3.7. RESNET50



Grafik 34: RESNET50 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	87	6	7
	U1-PP 2	6	92	2
	U1-PP 3	5	11	84

Tablo 70: RESNET50 karışıklık matrisi

RESNET50 mimarisinde 300 testte 37 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 87.67 olarak saptanmıştır.

RESNET50 mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğraftan 87 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesini U1-PP 2, 7 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 92 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesini U1-PP 1, 2 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 84 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesi U1-PP 1, 11 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 70).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.8878	0.8700	0.8788	100
U1-PP 2	0.8440	0.9200	0.8804	100
U1-PP 3	0.9032	0.8400	0.8705	100
Doğruluk			0.8767	300
makro ort.	0.8783	0.8767	0.8765	300
ağırlıklı ort.	0.8783	0.8767	0.8765	300

Tablo 71: RESNET50 sınıflandırma raporu

U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.8878, duyarlılık değeri 0.8700, f1 skoru 0.8788 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.8440, duyarlılık değeri 0.9200, f1 skoru 0.8804 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9032 duyarlılık değeri 0.8400, f1 skoru 0.8705 olarak tespit edilmiştir (Tablo 71).

4.3.8. EFFICIENTNET V2



Grafik 35: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		U1-PP 1	U1-PP 2	U1-PP 3
GERÇEK	U1-PP 1	97	0	3
	U1-PP 2	3	96	1
	U1-PP 3	2	7	91

Tablo 72: EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi

EFFICIENTNET V2 mimarisinde 300 testte 16 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 94.67 olarak saptanmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi U1-PP 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi U1-PP 2 grubunda 100 fotoğraftan 96 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini U1-PP 1, 1 tanesini U1-PP 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi U1-PP 3 grubunda 100 fotoğraftan 91 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesi U1-PP 1, 7 tanesini U1-PP 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 72).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
U1-PP 1	0.9510	0.9700	0.9604	100
U1-PP 2	0.9320	0.9600	0.9458	100
U1-PP 3	0.9579	0.9100	0.9333	100
Doğruluk			0.9467	300
makro ort.	0.9470	0.9467	0.9465	300
ağırlıklı ort.	0.9470	0.9467	0.9465	300

Tablo 73: EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu

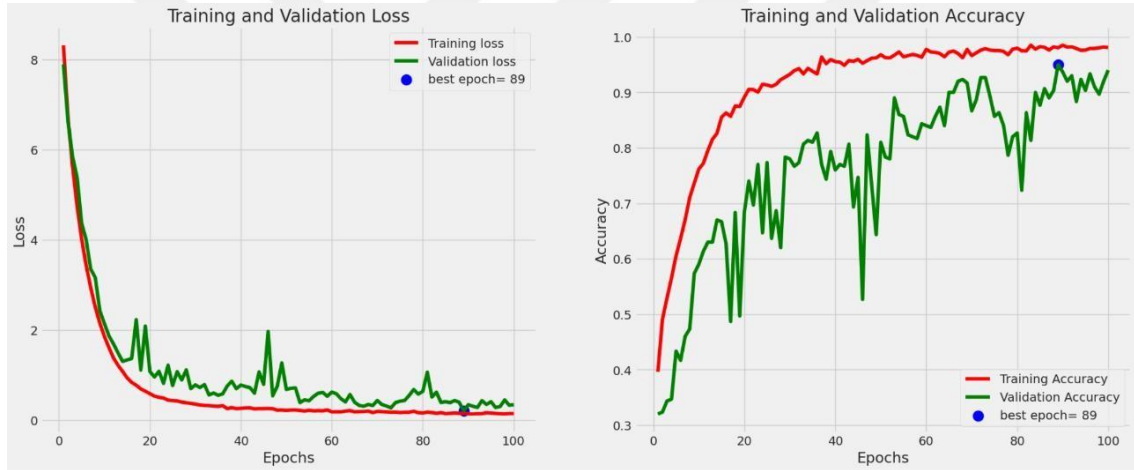
U1-PP 1 grubu için kesinlik değeri 0.9510, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9604 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 2 grubu için kesinlik değeri 0.9320, duyarlılık değeri 0.9600, f1 skoru 0.9458 olarak tespit edilmiştir.

U1-PP 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9579 duyarlılık değeri 0.9100, f1 skoru 0.9333 olarak tespit edilmiştir (Tablo73).

4.4. WITS ÖLÇÜMÜ VERİ SONUÇLARI

4.4.1. MOBILENET V2



Grafik 36: MOBILENET V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	95	4	1
	WITS 2	3	92	5
	WITS 3	0	3	97

Tablo 74: MOBILENET V2 karışıklık matrisi

MOBILENET V2 mimarisinde 300 testte 16 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 94.67 olarak saptanmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesini WITS 2, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 92 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesi WITS 1, 5 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

MOBILENET V2 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo74).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9694	0.9500	0.9596	100
WITS 2	0.9293	0.9200	0.9246	100
WITS 3	0.9417	0.9700	0.9557	100
Doğruluk			0.9467	300
makro ort.	0.9468	0.9467	0.9466	300
ağırlıklı ort.	0.9468	0.9467	0.9466	300

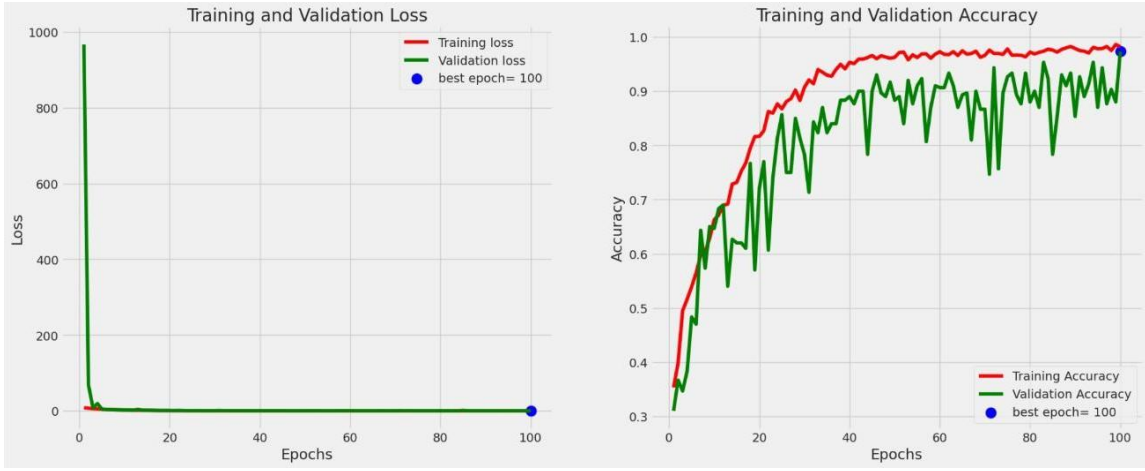
Tablo 75: MOBILENET V2 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9694, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9596 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9293, duyarlılık değeri 0.9200, f1 skoru 0.9246 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9417 duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9557 olarak tespit edilmiştir (Tablo 75).

4.4.2. INCEPTION V3



Grafik 37: INCEPTION V3 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	96	4	0
	WITS 2	5	95	0
	WITS 3	0	1	99

Tablo 76: INCEPTION V3 karışıklık matrisi

INCEPTION V3 mimarisinde 300 testte 10 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.67 olarak saptanmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 96 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesi WITS 1 olarak gruplandırmıştır.

INCEPTION V3 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 76).

Tablo 77: INCEPTION V3 sınıflandırma raporu

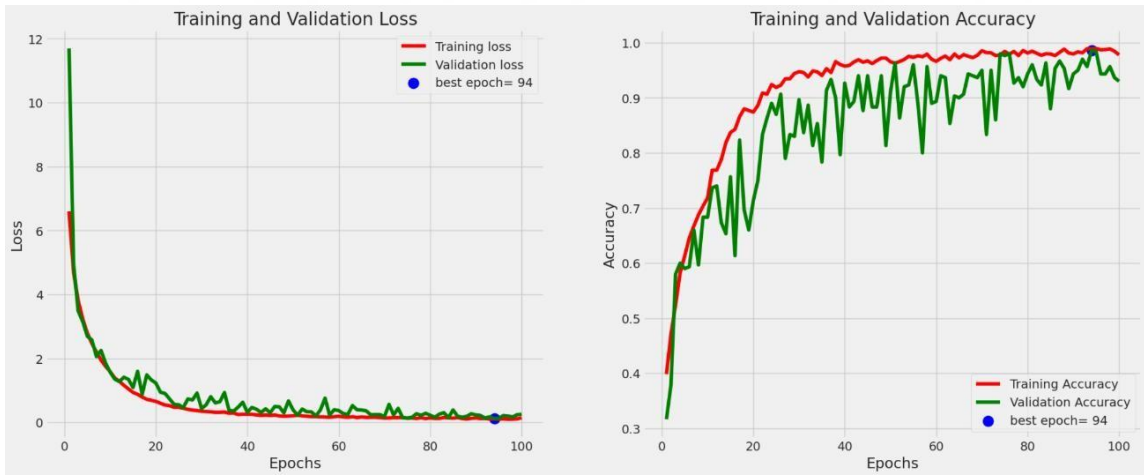
	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9505	0.9600	0.9552	100
WITS 2	0.9500	0.9500	0.9500	100
WITS 3	1.0000	0.9900	0.9950	100
Doğruluk			0.9667	300
makro ort.	0.9468	0.9667	0.9667	300
ağırlıklı ort.	0.9468	0.9667	0.9667	300

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9505, duyarlılık değeri 0.9600, f1 skoru 0.9552 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9500, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9500 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 1.000 duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0.9950 olarak tespit edilmiştir (Tablo 77).

4.4.3. DENSENET121



Grafik 38: DENSENET 121 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	99	0	1
	WITS 2	1	95	4
	WITS 3	1	2	97

Tablo 78: DENSENET 121 karışıklık matrisi

DENSENET 121 mimarisi 300 testte 9 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 97.00 olarak saptanmıştır.

DENSENET 121 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 121 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 1, 4 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET 121 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 1, 2 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 78).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9802	0.9900	0.9851	100
WITS 2	0.9794	0.9500	0.9645	100
WITS 3	0.9510	0.9700	0.9604	100
Doğruluk			0.9700	300
makro ort.	0.9702	0.9700	0.9700	300
ağırlıklı ort.	0.9702	0.9700	0.9700	300

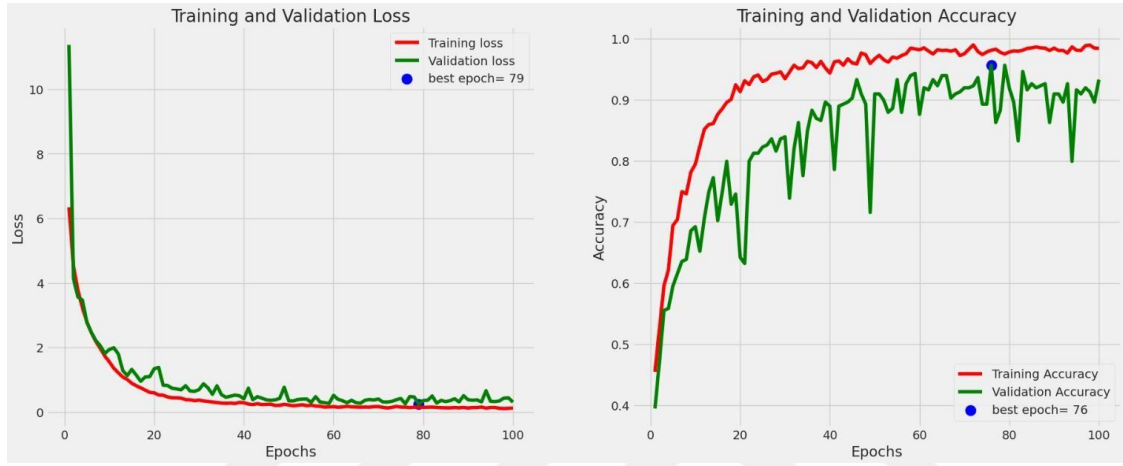
Tablo 79: DENSENET 121 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9802, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0.9851 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9794, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9645 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9510 duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9604 olarak tespit edilmiştir (Tablo 79).

4.4.4. DENSENET169



Grafik 39: DENSENET169 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	94	4	2
	WITS 2	0	96	4
	WITS 3	1	1	98

Tablo 80: DENSENET169 karışıklık matrisi

DENSENET169 mimarisinde 300 testte 12 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 96.00 olarak saptanmıştır.

DENSENET169 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesini WITS 2, 2 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET169 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 96 tanesini doğru gruplandırmış, 4 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET169 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 1, 1 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 80).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9895	0.9400	0.9641	100
WITS 2	0.9505	0.9600	0.9552	100
WITS 3	0.9423	0.9800	0.9608	100
Doğruluk			0.9600	300
makro ort.	0.9608	0.9600	0.9600	300
ağırlıklı ort.	0.9608	0.9600	0.9600	300

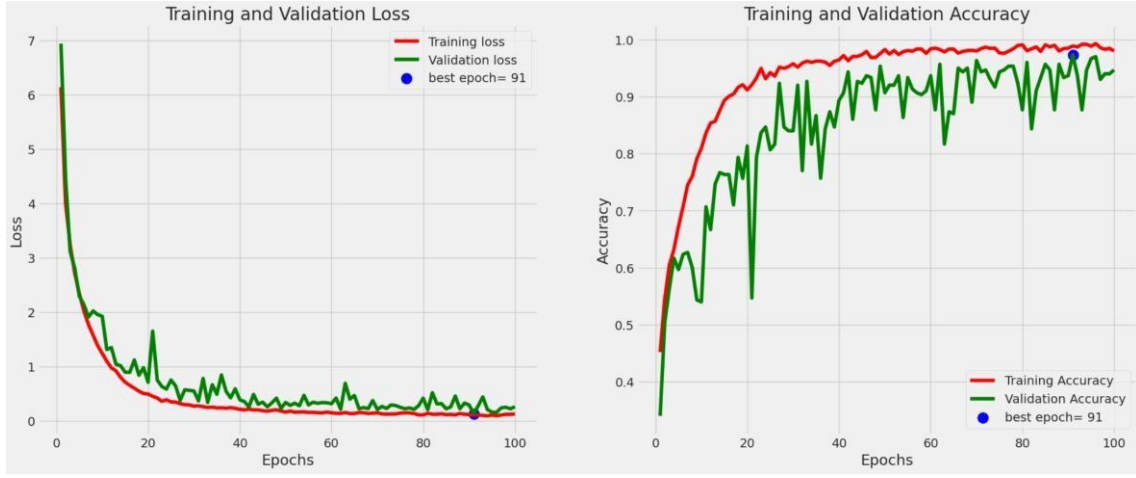
Tablo 81: DENSENET169 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9895, duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9641 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9505, duyarlılık değeri 0.9600, f1 skoru 0.9552 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9423 duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9608 olarak tespit edilmiştir (Tablo 81).

4.4.5. DENSENET201



Grafik 40: DENSENET201 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	97	2	1
	WITS 2	0	99	1
	WITS 3	1	1	98

Tablo 82: DENSENET201 karışıklık matrisi

DENSENET201 mimarisinde 300 testte 6 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 98.00 olarak saptanmıştır.

DENSENET201 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini WITS 2, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET201 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 99 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

DENSENET201 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 1, 1 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 82).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9898	0.9700	0.9798	100
WITS 2	0.9706	0.9900	0.9802	100
WITS 3	0.9800	0.9800	0.9800	100
Doğruluk			0.9800	300
makro ort.	0.9801	0.9800	0.9800	300
ağırlıklı ort.	0.9801	0.9800	0.9800	300

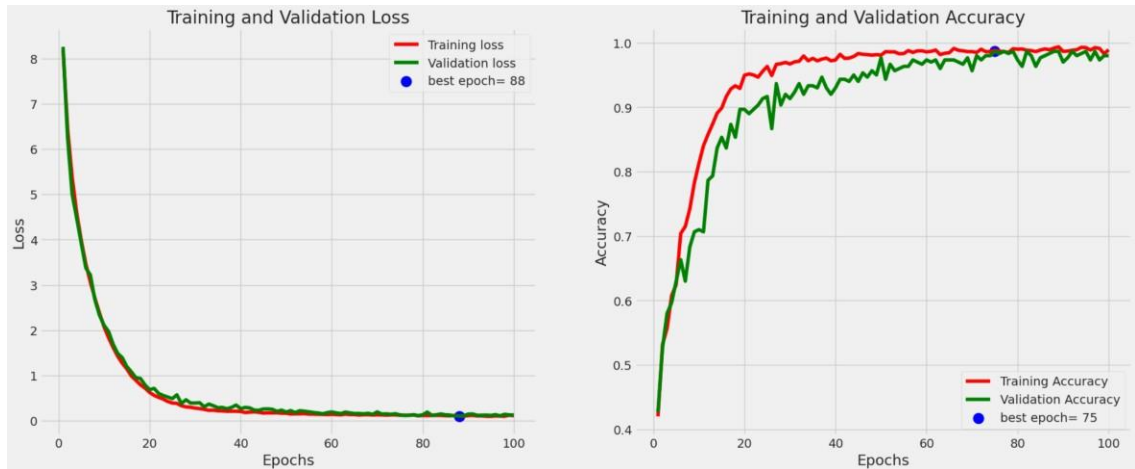
Tablo 83: DENSENET201 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9898, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9798 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9706, duyarlılık değeri 0.9900, f1 skoru 0.9802 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9800 duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9800 olarak tespit edilmiştir (Tablo 83).

4.4.6. EFFICIENT B0



Grafik 41: EFFICIENT B0 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	97	2	1
	WITS 2	1	98	1
	WITS 3	0	0	100

Tablo 84: EFFICIENT B0 karışıklık matrisi

EFFICIENT B0 mimarisinde 300 testte 5 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 98.33 olarak saptanmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini WITS 2, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, tanesini WITS 1, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENT B0 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğrafın tamamını doğru gruplandırmıştır (Tablo 84).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9898	0.9700	0.9798	100
WITS 2	0.9800	0.9800	0.9800	100
WITS 3	0.9804	1.0000	0.9901	100
Doğruluk			0.9833	300
makro ort.	0.9834	0.9833	0.9833	300
ağırlıklı ort.	0.9834	0.9833	0.9833	300

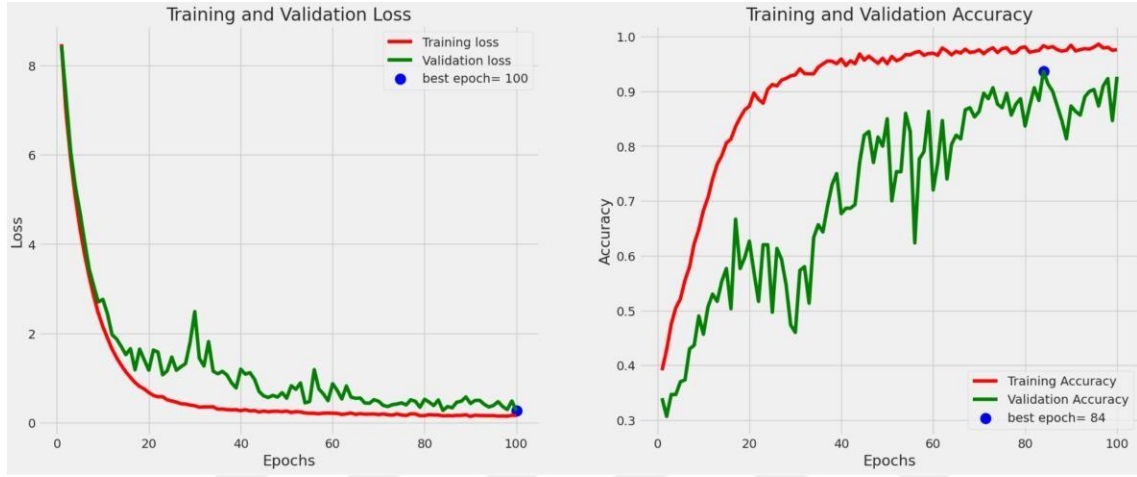
Tablo 85: EFFICIENT B0 Sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9898, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9798 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9800, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9800 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9804 duyarlılık değeri 1.0000, f1 skoru 0.9901 olarak tespit edilmiştir (Tablo 85).

4.4.7. XCEPTION



Grafik 42: XCEPTION eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	90	3	7
	WITS 2	3	90	7
	WITS 3	3	3	94

Tablo 86: XCEPTION karışıklık matrisi

XCEPTION mimarisinde 300 testte 26 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 91.33 olarak saptanmıştır.

XCEPTION mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 90 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 2, 7 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

XCEPTION mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 90 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 1, 7 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

XCEPTION mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 94 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 1, 3 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 86).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9375	0.9000	0.9184	100
WITS 2	0.9375	0.9000	0.9184	100
WITS 3	0.8704	0.9400	0.9038	100
Doğruluk			0.9133	300
makro ort.	0.9151	0.9133	0.9135	300
ağırlıklı ort.	0.9151	0.9133	0.9135	300

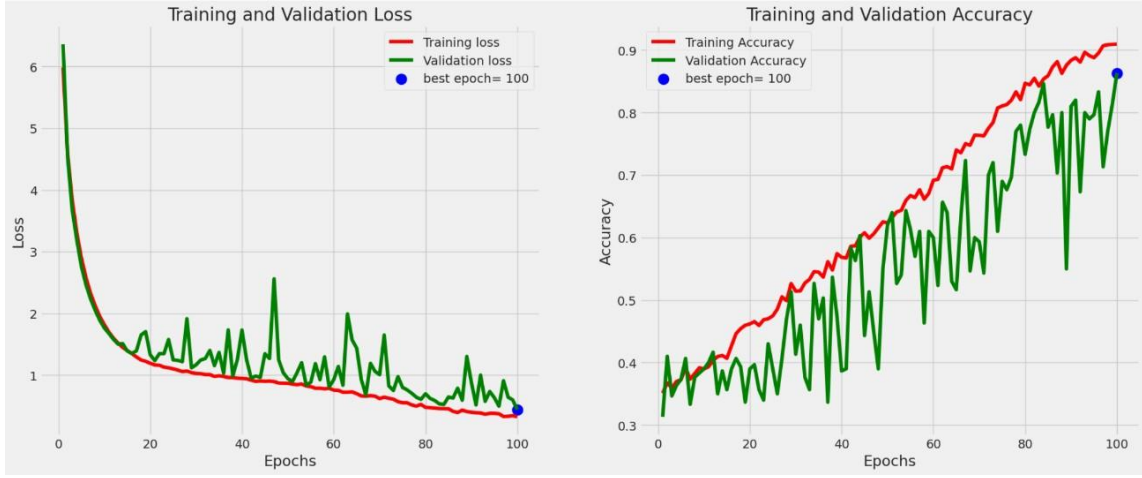
Tablo 87: XCEPTION sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9375, duyarlılık değeri 0.9000, f1 skoru 0.9184 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9375, duyarlılık değeri 0.9000, f1 skoru 0.9184 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.8704 duyarlılık değeri 0.9400, f1 skoru 0.9038 olarak tespit edilmiştir (Tablo 87).

4.4.8. VGG16



Grafik 43: VGG16 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	97	3	0
	WITS 2	5	89	6
	WITS 3	3	18	79

Tablo 88: VGG16 karışıklık matrisi

VGG16 mimarisinde 300 testte 35 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 88.33 olarak saptanmıştır.

VGG16 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır.

VGG16 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 5 tanesini WITS 1, 6 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG16 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 79 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 1, 18 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 88).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9238	0.9700	0.9463	100
WITS 2	0.8091	0.8900	0.8476	100
WITS 3	0.9294	0.7900	0.8541	100
Doğruluk			0.8833	300
makro ort.	0.8874	0.8833	0.8827	300
ağırlıklı ort.	0.8874	0.8833	0.8827	300

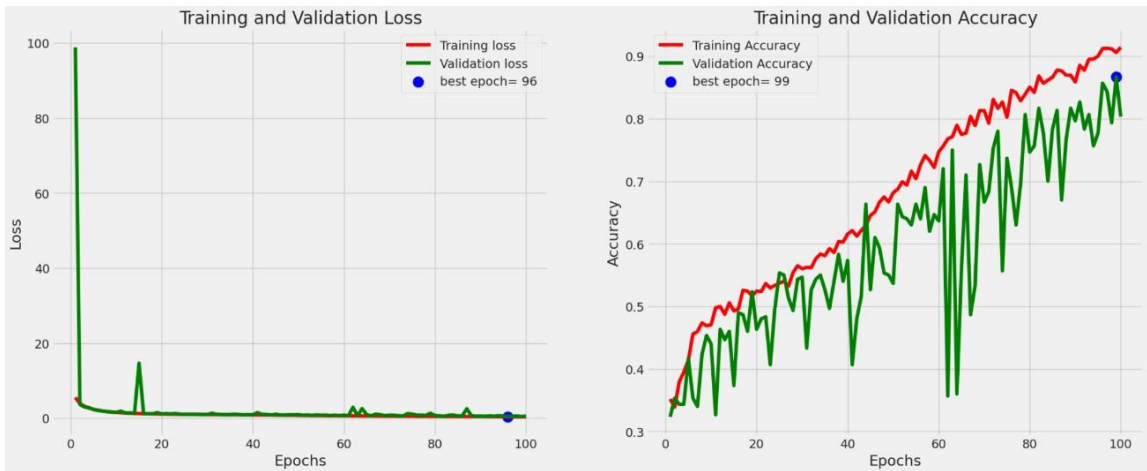
Tablo 89: VGG16 sınıflandırma matrisi

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9238, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9463 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.8091, duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0.8476 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9294 duyarlılık değeri 0.7900, f1 skoru 0.8541 olarak tespit edilmiştir (Tablo 89).

4.4.9. VGG19



Grafik 44: VGG19 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	97	2	1
	WITS 2	12	77	11
	WITS 3	1	13	86

Tablo 90: VGG19 karışıklık matrisi

VGG19 mimarisinde 300 testte 40 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 86.67 olarak saptanmıştır.

VGG19 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 97 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 2, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG19 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 77 tanesini doğru gruplandırmış, 12 tanesini WITS 1, 11 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

VGG19 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 86 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 1, 13 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 90).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.8818	0.9700	0.9238	100
WITS 2	0.8370	0.7700	0.8021	100
WITS 3	0.8776	0.8600	0.8687	100
Doğruluk			0.8667	300
makro ort.	0.8654	0.8667	0.8649	300
ağırlıklı ort.	0.8654	0.8667	0.8649	300

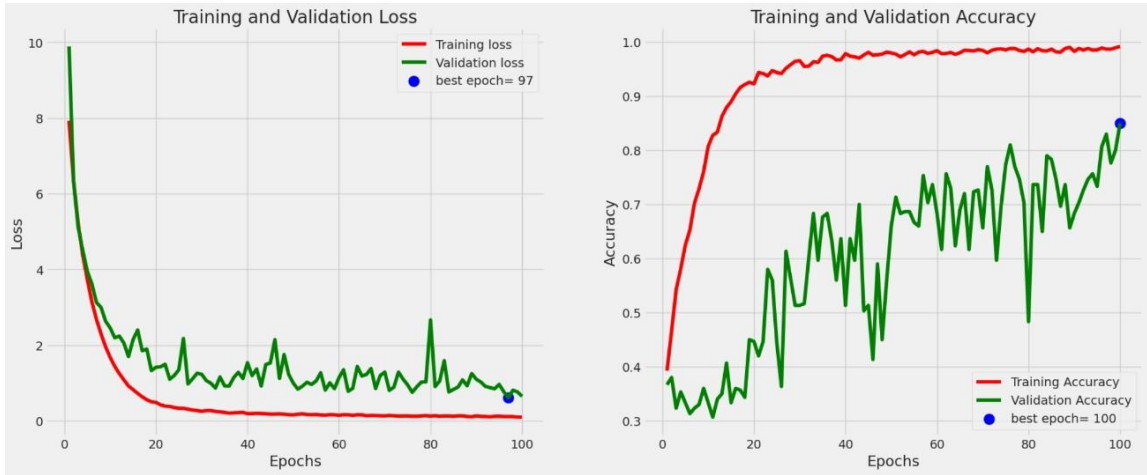
Tablo 91: VGG19 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.8818, duyarlılık değeri 0.9700, f1 skoru 0.9238 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.8370, duyarlılık değeri 0.7700, f1 skoru 0.8021 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.8776 duyarlılık değeri 0.8600, f1 skoru 0.8687 olarak tespit edilmiştir (Tablo 91).

4.4.10. NASNETMOBILE



Grafik 45: NASNETMOBILE eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	92	6	2
	WITS 2	12	83	5
	WITS 3	8	16	76

Tablo 92: NASNETMOBILE karışıklık matrisi

NASNETMOBILE mimarisinde 300 testte 49 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 83.67 olarak saptanmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 92 tanesini doğru gruplandırmış, 6 tanesini WITS 2, 2 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 83 tanesini doğru gruplandırmış, 12 tanesini WITS 1, 5 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

NASNETMOBILE mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 76 tanesini doğru gruplandırmış, 8 tanesini WITS 1, 16 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 92).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.8214	0.9200	0.8679	100
WITS 2	0.7905	0.8300	0.8098	100
WITS 3	0.9157	0.7600	0.8306	100
Doğruluk			0.8367	300
makro ort.	0.8425	0.8367	0.8361	300
ağırlıklı ort.	0.8425	0.8367	0.8361	300

Tablo 93: NASNETMOBILE sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.8214, duyarlılık değeri 0.9200, f1 skoru 0.8679 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.7905, duyarlılık değeri 0.8300, f1 skoru 0.8098 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9157 duyarlılık değeri 0.7600, f1 skoru 0.8306 olarak tespit edilmiştir (Tablo 93).

4.4.11. RESNET101



Grafik 46: RESNET101 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	96	3	1
	WITS 2	2	90	8
	WITS 3	1	4	95

Tablo 94: RESNET101 karışıklık matrisi

RESNET101 mimarisinde 300 testte 19 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 93.67 olarak saptanmıştır.

RESNET101 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 96 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 2, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET101 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 90 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini WITS 1, 8 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET101 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 1, 4 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 94).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9697	0.9600	0.9648	100
WITS 2	0.9278	0.9000	0.9137	100
WITS 3	0.9135	0.9500	0.9314	100
Doğruluk			0.9367	300
makro ort.	0.9370	0.9367	0.9366	300
ağırlıklı ort.	0.9370	0.9367	0.9366	300

Tablo 95: RESNET101 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9697, duyarlılık değeri 0.9600, f1 skoru 0.9648 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9278, duyarlılık değeri 0.9000, f1 skoru 0.9137 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9135 duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9314 olarak tespit edilmiştir (Tablo 95).

4.4.12. RESNET152



Grafik 47: RESNET152 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	95	3	2
	WITS 2	8	86	6
	WITS 3	0	0	100

Tablo 96: RESNET152 karışıklık matrisi

RESNET152 mimarisinde 300 testte 19 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 93.67 olarak saptanmıştır.

RESNET152 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 2, 2 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET152 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 86 tanesini doğru gruplandırmış, 8 tanesini WITS 1, 6 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET152 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğrafın tamamını doğru gruplandırmıştır (Tablo 96).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9223	0.9500	0.9360	100
WITS 2	0.9663	0.8600	0.9107	100
WITS 3	0.9259	1.0000	0.9615	100
Doğruluk			0.9367	300
makro ort.	0.9382	0.9367	0.9359	300
ağırlıklı ort.	0.9382	0.9367	0.9359	300

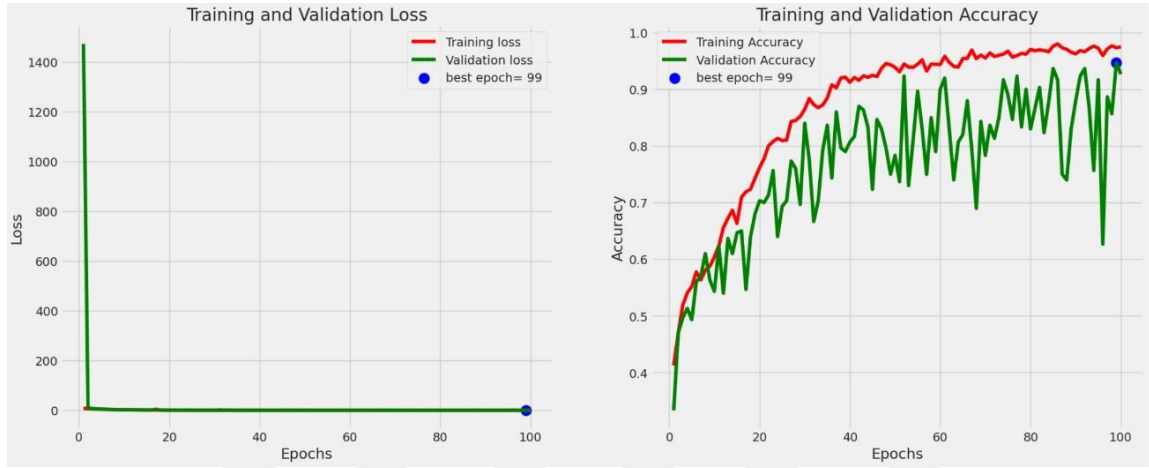
Tablo 97: RESNET152 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9223, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9360 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9663, duyarlılık değeri 0.86000, f1 skoru 0.9107 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9259 duyarlılık değeri 1.0000, f1 skoru 0.9615 olarak tespit edilmiştir (Tablo 97).

4.4.13.RESNET50



Grafik 48: RESNET50 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	98	0	2
	WITS 2	2	98	0
	WITS 3	10	1	89

Tablo 98: RESNET50 karışıklık matrisi

RESNET50 mimarisinde 300 testte 15 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 95.00 olarak saptanmıştır.

RESNET50 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 2 tanesini WITS 1 olarak gruplandırmıştır.

RESNET50 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğraftan 89 tanesini doğru gruplandırmış, 10 tanesini WITS 1, 1 tanesini WITS 2 olarak gruplandırmıştır (Tablo 98).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.8909	0.9800	0.9333	100
WITS 2	0.9899	0.9800	0.9849	100
WITS 3	0.9780	0.8900	0.9319	100
Doğruluk			0.9500	300
makro ort.	0.9529	0.9500	0.9501	300
ağırlıklı ort.	0.9529	0.9500	0.9501	300

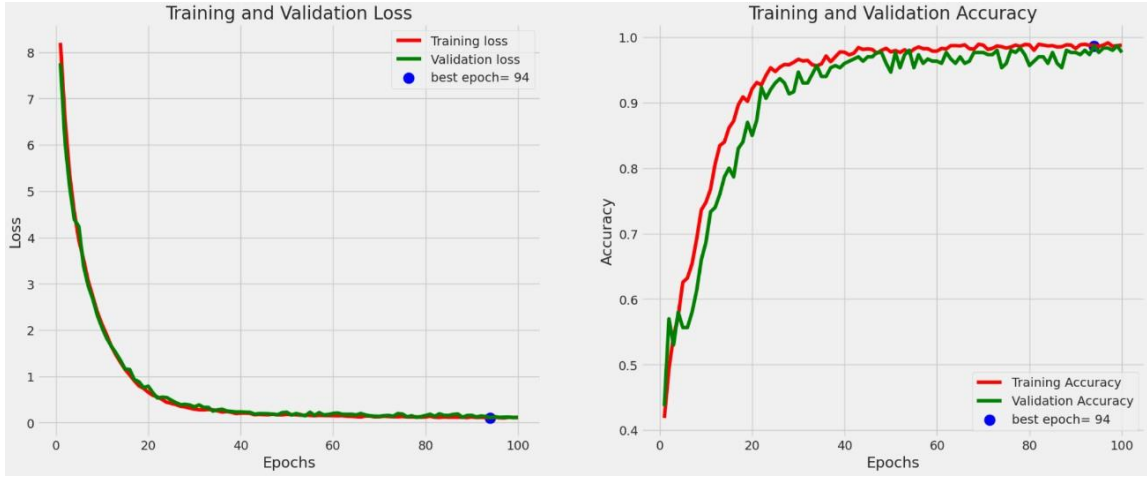
Tablo 99: RESNET50 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.8909, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9333 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9899, duyarlılık değeri 0.98000, f1 skoru 0.9849 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9780 duyarlılık değeri 0.8900, f1 skoru 0.9319 olarak tespit edilmiştir (Tablo 99).

4.4.14. EFFICIENTNET V2



Grafik 49: EFFICIENTNET V2 eğitim ve doğrulama grafiği

		TAHMİN		
		WITS 1	WITS 2	WITS 3
GERÇEK	WITS 1	98	1	1
	WITS 2	3	95	2
	WITS 3	0	0	100

Tablo 100: EFFICIENTNET V2 karışıklık matrisi

EFFICIENTNET V2 mimarisinde 300 testte 7 hata bulunmuştur. Doğruluk oranı 97.67 olarak saptanmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi WITS 1 grubunda 100 fotoğraftan 98 tanesini doğru gruplandırmış, 1 tanesini WITS 2, 1 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi WITS 2 grubunda 100 fotoğraftan 95 tanesini doğru gruplandırmış, 3 tanesini WITS 1, 2 tanesini WITS 3 olarak gruplandırmıştır.

EFFICIENTNET V2 mimarisi WITS 3 grubunda 100 fotoğrafın tamamını doğru gruplandırmıştır (Tablo 100).

	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1 SKOR	DESTEK
WITS 1	0.9703	0.9800	0.9751	100
WITS 2	0.9896	0.9500	0.9694	100
WITS 3	0.9709	1.0000	0.9852	100
Doğruluk			0.9767	300
makro ort.	0.9769	0.9767	0.9766	300
ağırlıklı ort.	0.9769	0.9767	0.9766	300

Tablo 101: EFFICIENTNET V2 sınıflandırma raporu

WITS 1 grubu için kesinlik değeri 0.9703, duyarlılık değeri 0.9800, f1 skoru 0.9751 olarak tespit edilmiştir.

WITS 2 grubu için kesinlik değeri 0.9896, duyarlılık değeri 0.9500, f1 skoru 0.9694 olarak tespit edilmiştir.

WITS 3 grubu için kesinlik değeri, 0.9709 duyarlılık değeri 1.0000, f1 skoru 0.9852 olarak tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Ortodontik teşhis için gerekli olan bilgiler; anamnez, klinik muayene, ortodontik teşhis modelleri, 3 boyutlu taramalar, fotoğraflar ve radyografik görüntüler yoluyla toplanır ve bu verilere göre problem listesi oluşturularak tedavi planlaması yapılır (8). 1926'da Broadbent tarafından sefalometrinin tanıtılmasından bu yana, lateral sefalometrik radyografi, ortodontik değerlendirme ve tedavi planlamasında standart bir araç haline gelmiştir. Bununla birlikte radyografiler, iyonlaştırıcı radyasyon sebebiyle hastaların özellikle somatik sitokastik etkilere maruz kalma riski oluşturur ve hastaların yaşamı boyunca kanser riskini artırır. Radyasyonun kümülatif etkisi göz önünde bulundurularak hekimler hastaların tanısal amaçlı radyasyona maruziyetini sınırlandırmalıdır (59).

Sefalometrik filmler üç boyutlu bir cismin iki boyutlu görüntüsünü verir ve çeşitli limitasyonları vardır. Landmarkların belirlenmesinde ve sefalometrik analizler sırasında yapılan hatalar sefalometrik filmlerin güvenilirliğini azaltır (60). Graber sefalometrik filmlerle alakalı bazı önerilerde bulunmuştur:

1. Magnifikasyon, distorsiyon difüzyon problemleri minimum tutulmalı, röntgen çekimi esnasında uygun hasta pozisyonu sağlanmalıdır.
2. Bazı landmarklar diğerlerine göre güvenilirliği fazladır, sefalometrik ölçümlerde bunları kullanmakta fayda vardır.
3. Sefalometrik röntgenler üzerinden yapılan açısal ölçümler lineer ölçümlere göre daha fazla doğruluk göstermektedir.
4. Klinik sefalometrik ölçümlerin en önemli ve güvenilir olanları, anteroposterior apikal taban uyumsuzlukları, yüz tipi, keser eğimini ve ortodontik tedavinin neden olduğu değişiklikleri ve tedavi sırasında büyüme ve gelişmeye katkılarını değerlendiren ölçümlerdir. Sefalometri yalnızca tanısal bir yardımcıdır. Hasta en önemli bilgi kaynağıdır.

Graber sefalometrik analizler ve standart norm değerlerinin, yüz ve diş ilişkilerini matematiksel olarak ifade ederken sorunu basitleştirdiğini; kraniofasiyal morfolojinin sonsuz varyasyonu ve karmaşıklığı sebebiyle norm standartlarına uymayacağını belirtmiştir (75).

Sefalometrik röntgenler rutin kullanımda geniş çapta kabul görmekte olmasına rağmen tedavi planlamasına katkıları hakkında kesin kanıtlar bulunmamaktadır.

1979'da Silling ve ark. bazı hastalarda lateral sefalometrik radyografilere olan ihtiyacı sorgulamışlardır (76). Han ve ark.'nın yaptığı başka bir çalışmada, hastaların %55'inde tek başına teşhis modellerinin tedavi planlaması için yeterli bilgi sağladığını ve diğer teşhis kayıtlarının minimal farklar yarattığını bildirmişlerdir (77).

Bruks ve ark. çoğu hasta için teşhis modelleri ve fotoğraflarla desteklenen klinik muayenenin ortodontik tedavi planlaması için yeterli bilgi sağladığını belirtmişlerdir ve radyografik inceleme için hasta bazında seçim yapılması gerektiğini vurgulamışlardır (78). Pae ve ark. bimaxiller protrüzyon ve Sınıf II Division 2 maloklüzyonu olan hastalarda lateral sefalometrik radyografinin tedavi planlamasını etkileyebileceğini belirtmişlerdir(79)

Devereux ve ark. çalışmalarında 6 hastaya ait kayıtları 199 ortodontiste sefalometrik röntgen içeren ve içermeyen gruplar halinde farklı zaman ve varyasyonlarda gönderdikleri ve tedavi planlamasında sefalometrik filmlerin belirleyiciğini değerlendirdikleri çalışmada sefalometrik filmin sadece bir hasta için çekim kararında etkisi olduğu, diğer hastalar için tedavi kararında anlamlı bir değişikliğe yol açmadığını belirtmişlerdir (59).

Çalışmamızda üçü açısal, biri lineer olmak üzere dört ölçüm kullanılmıştır. Açıların seçiminde ağız içi fotoğraflardan saptanma ihtimali yüksek olan, dişsel ölçümler tercih edilmiştir. Çalışmamızda sefalometrik ölçümleri web tabanlı WebCeph programı ile yapılmıştır. WebCeph'in otomatik dijitalizasyonunda landmark belirleme, yumuşak doku çizimi hataları ve ölçüm tutarsızlıkları izlenebilmektedir (80). Bunun önüne geçebilmek için, WebCeph'in işaretlediği landmarkları incelenip gerekli düzeltmeler manuel olarak yapılmıştır.

Kesici diş eğimleri ideal okluzyonun altı anahtarından birini oluşturmaktadır (81). Bukkolingual yöndeki eğimleri ideal olan kesici dişlerin iyi bir estetik sağlamaları ve yüz çekiciliğine katkıda bulunmasının yanı sıra önemli fonksiyonel etkisi de vardır (81). Doğru pozisyondaki kesici dişler mandibulanın hareketi sırasında uygun anterior rehberlik ve protruziv hareketler sağlayarak temporomandibular ekleme uyum ve işlevsellik sağlarlar. Ortodontide, alt kesici dişin pozisyonu, uygun bir teşhis ve bir tedavi planı için önemlidir. Ortodontik çekim gereksinimi, ankraj ihtiyacı gibi bazı durumlarda kesici dişlerin pozisyonu belirleyici rol oynar. Ayrıca kesici diş konumları ortodontik tedavi sonrası stabiliteyi etkiler, kortikal kemiğin içinde konumlanmış dişlerde daha az relaps gözlenir (82).

Uzun yıllar pek çok yazar, hem sert hem de yumuşak dokuları içeren farklı düzlemleri referans alarak optimal bir kesici diş pozisyonu oluşturmaya çalışmıştır. Diş hekimliği alanında radyografinin uygulanmasıyla birlikte, çeşitli sefalometrik analizler ortaya çıkmıştır. Halihazırda kesici diş açılarını ölçmek için birden fazla referans düzlem vardır, ancak bunların tümü, hastanın diğer anatomik yapılarından etkilenir, bu nedenle yorumları oldukça değişkendir. Sefalometrik referanslar güvenilir, bireyler arası yeniden üretilebilir olmalı, bireyler arası düşük değişkenlik göstermelidir.

Tweed ilk önce alt yüz üçlüsünde denge ve uyum sağlamak için alt kesici dişlerin mandibula gövdesinin medüller kemiği üzerinde dikey olarak konumlandırılması gerektiğini vurgulayarak alt kesici dişlerin önemini vurgulamıştır. Uzun yıllar boyunca yapılan değişiklikleri gözlemledikten sonra diş pozisyonu ve bunların yüz estetiği üzerindeki etkileri ile ilgili olarak “tanı üçgeni” kavramını ortaya koymuştur (83).

Downs, kesici diş eğimini üst antagonisti, mandibular düzlem ve oklüzal düzlem ile ilişkilendirmiştir. Frankfort mandibular düzlem kullanımına ek olarak APo çizgisini referans olarak tanıtmıştır. Ancak, Tweed'den farklı olarak, kesici dişlerin mandibular düzleme göre değil oklüzal düzleme göre konumlandırılmasının öneminin altını çizmiştir (84).

Schudy bunu doğrulamış ve tüm fasiyal morfoloji tiplerinde alt kesici dişin oklüzal düzlemle mandibular düzlemde daha tutarlı bir şekilde ilişkili olduğunu bildirmiştir (85).

Steiner'ın sefalometrik analizinde, alt kesici diş yüzün orta üçlüsü ile ilişkilendirilmiş ve alt kesici dişin pozisyonunun çenenin göreceli prominensine ve hastanın maksillermantibular

uyumsuzluğuna göre bireyselleştirilmesini önermiştir. Bu amaçla, Nasion ve B noktasının birleşiminden oluşan NB çizgisini referans olarak önermiştir (86).

Tweed, teşhis üçgeninde önerilen açıların standartlarını yeniden belirlemiş ve FMA açısının (mandibular düzlem - Frankfort horizontal düzleminden oluşan) 16 – 35° arasında olabileceğini, standart norm değerini 25 olarak belirlemiştir; IMPA açısı (alt kesici diş - mandibular düzlem) 80-85°'den norm değeri 90°'ye kadar değişebileceğini ve FMIA açısının (Frankfort Horizontal düzlem- alt kesici diş) ideal olarak norm değerini 65 olarak belirlemiştir, ancak nadir durumlarda daha iyi yüz dengesi elde etmek için 75 derece olabileceğini belirtmiştir.

Bu ölçümleri uygularken dikkate alınması gereken önemli bir husus, IMPA'nın FMA ile ilgili olarak kompanzasyon ihtiyacıdır. Mandibular düzlemin Frankfort horizontal düzleme göre eğimi arttıkça veya azaldıkça, alt kesici dişin mandibular düzleme göre ölçüsü de ters yönde değişecektir. Diğer bir deyişle, FMA'nın 25° normunu aştığı her derece için, mandibular kesici dişler 90° normundan daha düşük bir açıyla konumlanmalıdır ve bunun tersi, FMA'nın azalması durumunda mandibular kesici dişler IMPA'nın normu olan 90°den daha yüksek bir açıyla konumlandırılabilir.

IMPA açısının FMA'ya göre kompanzasyonu için IMPACOM isimli yeni bir açı türetilmiş ve formülü şöyledir:

$$\text{FMA(hasta değeri)}-25+\text{IMPA(hasta değeri)}=\text{IMPACOM}$$

Zatarin ve ark, IMPA ile IMPACOM arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuş olup; IMPACOM ile TVP referanslı keser pozisyonu arasında anlamlı bir fark bildirmemişlerdir (82).

Ferrario ve ark, kesici dişlerin eğimlerini belirlemede referans olarak oklüzal düzlemin kullanılmasının, yanlılık getireceğini bildirmişlerdir. Tedavi veya yaş sebebiyle oklüzal düzlemdeki değişiklikler sebebiyle sabit bir referans olmadığını belirtmişlerdir (87). Graber ise tüm dezavantajlarına rağmen oklüzal düzlemin, ortodontistler için hayati bir bölgede, ortodontinin neden olduğu değişiklikleri ölçmek için iyi bir referans olduğunu belirtmiştir (75).

Graber bizim de çalışmamızda üst kesici diş eğimini belirlerken kullandığımız maksiller düzlemin sefalometrik filmler üzerinden belirlenmesinin nazal tabanın keskin çizgisi sebebiyle anterior ve posterior nazal spinalar belirsiz konumlanmış olsa bile kolay olduğunu belirtmiştir. Hatta Frankfort horizontal düzlemi belirlemekte zorlandığında maksiller düzleme paralel çizdiği çizgilerle Frankfort horizontal düzlemi belirlediğinden bahsetmiştir (75).

Wits ölçümü çenelerin anteroposterior yöndeki ilişkisini açıklamak için okluzal düzlemi referans alır. Okluzal düzlem dişlerin malpozisyonundan etkilenebilir (60). Oklüzal düzlem gerçekte bir düzlem değil, bir eğridir. Molar ve kesici diş overbite'ı ikiye ayırmak zordur (75). Naragond Wits ölçümünün tek başına teşhis için kullanılmaması gerektiğini, ANB değerinin sınırlı bilgi verdiği durumlarda ve mandibular düzlem açısını 27-37 derece arasında olduğu durumlarda faydalı olduğunu bildirmiştir (60).

Zawawi ve ark, diş eti biyotipinin keser dişlerin inklinasyonlarıyla ilişkisini araştırdıkları çalışmalarında mandibular kesici diş eğimi ile pozisyonu ve ince diş eti biyotipi arasında anlamlı bir ilişki bildirilirken, üst kesici diş eğimi ile pozisyonu ve dişeti biyotipi arasında anlamlı bir ilişki bildirilmemiştir (88). Bizim çalışmamızda da alt keser dişlerin gruplandırma başarısı üst keser dişlere göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi derin öğrenme algoritmalarının diş etini değerlendirerek yorumlaması olabilir.

Brezniak ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ağız içi fotoğraflarda üst keser diş yüzeylerindeki ışık yansıma bölgesi (insizal, orta veya gingiva) ile dişlerin sefalometrik analizlerle belirlenen açısal eğimiyle (sırasıyla proklinasyon, normal eğim ve retroklinasyon) istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır. ($P < .001$). Brezniak ve arkadaşlarının çalışmasında cephe fotoğrafları kullanılmışken, çalışmamızda sağ yan fotoğraflar kullanılmıştır (89).

Klinik kayıt araçlarından olan ağız içi fotoğraflar invazif ve radyoaktif olmamasının yanı sıra klinisyenlerin hastanın ağız içi problemlerini yeterli sürede ve detaylı olarak inceleyebilmesi için uzun süreli saklanabilmesi sebebiyle oldukça faydalıdır. Sert ve yumuşak dokuların bir bütünü olarak ağız boşluğunda çok fazla detay saklıdır ve ağız içi fotoğraf değerli bir bilgi taşıyıcısıdır.

Jackson ve arkadaşları ağız içi fotoğrafların teşhis doğruluğunun değerlendirilmesi için yaptıkları çalışmada ağız içi fotoğraflarla, teşhis modellerini kıyaslamışlardır. Fotoğraflar ideal bir kamera açısıyla çekildiğinde fotoğraflardan yapılan Angle sınıflandırması doğruluğunu, molar diş sınıflandırmasına göre %79,86 ve kanin diş sınıflandırmasına göre %51,29 olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar, ideal fotoğrafların bile, vakaların %20'sine varan bir oranda, teşhis modellerine kıyasla hatalı değerlendirmelere sebep olabileceğini düşündürmektedir. Fotoğraflarda, gerçek ilişkiden $\frac{1}{4}$ ila $\frac{3}{4}$ tüberkül ünitesi arasında sapma gözlemlenmiştir. Vakaların %50'sine varan bir oranda, ortodontistler kanin ilişkiyi değerlendirirken hatalı olabilir. İdeal fotoğraf koşullarının mümkün olmadığı klinik durumları simüle etmek için kamera açısında sapmalar oluşturduklarında, doğruluk molar sınıflandırma için %50'nin altına ve kanin sınıflandırması için %33'e düştüğünü bulmuşlardır. İdeal bir kamera açısında, katılımcılar orta hat sapmasının yönünü %76,98'i doğru bir şekilde değerlendirmiş, ancak sapma derecesini yalnızca %44,39'u (0,5 mm'lik artışlarla) doğru bir şekilde tanımlamışlardır. Kamera açısı idealden uzaklaştıkça, orta hat sapmasının derecesine karar verme doğruluğunun %30'un biraz altına düştüğünü bulmuşlardır. En arzu edilen klinik koşullarda ve en yetenekli teknisyenle bile ideal bir ağız içi fotoğraf elde etmek imkansız olabilir. Bu çalışmanın sonuçları, ideal olmayan bir kamera açısının etkisinin oklüzal ilişkileri teşhis etme yeteneğini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir (90).

Ortodonti alanında önemli ve değiştirici bir role sahip olan yapay zeka tabanlı yazılım sistemleri dental uygulamaların geleceği olarak kabul edilmektedir. Yapay zeka, hasta iletişiminden teşhis tedavi süreçlerine kadar ortodontinin her alanında kullanılmaktadır (72). Bizim çalışmamıza benzer şekilde ağız içi fotoğraflardan derin öğrenme yöntemiyle değerlendirmeler yapan birçok çalışma bulunmaktadır.

Ryu ve ark., derin öğrenme tekniği kullanarak klinik ortodontik fotoğrafları sınıflandırma üzerine yaptıkları çalışmada yüz fotoğrafları sınıflandırma başarısı %99.3, ağız içi fotoğrafları sınıflandırma başarısı %99.9'a ulaşmıştır. Yüz fotoğraflarını cephe, cephe gülümseme, sağ profil ve $\frac{3}{4}$ profil fotoğrafı olarak; ağız içi fotoğrafları ise cephe, sağ yan, sol yan, üst çene okluzal, alt çene okluzal olarak gruplandırmışlardır. Fotoğraf sayıları çalışmamıza benzer olarak grup başına 320 ile 450 arasında değişmektedir. Fotoğraf zenginleştirme yöntemleri ile veri seti arttırmışlardır. Ağız içi fotoğraflar içinde alt çene okluzal ve üst çene okluzal fotoğrafları sınıflandırma başarısı %100 iken ağız içi cephe

fotoğraflarının sınıflandırma başarısı %94 ile en düşük çıkmıştır. Ağız içi cephe fotoğraflarının ağız içi yan fotoğraflara göre başarısının düşük çıkmasını derin öğrenme modelinin referans olarak kullanılabilecek olan santral kesici dişi tanımayabileceğine bağlamışlardır. Bizim çalışmamızdan farklı olarak fotoğrafları manuel olarak editlemişlerdir (91).

Zhou ve ark. ağız içi fotoğraflardan derin öğrenme yöntemiyle cinsiyet belirleme üzerinde yaptıkları çalışmanın sonuçlarında, derin öğrenme yönteminin fotoğraflarda cinsiyetle yüksek oranda ilişkili olan özellikleri bağımsız olarak çıkarabildiğini ve bir bireyin birden fazla özelliği ile cinsiyeti arasında kapsamlı bir ilişki kurabildiğini bulmuşlardır. Çalışmada fotoğrafları kırpmadan ve dişlerin analizdeki önemini anlamak için yumuşak dokular kırılarak veri seti olarak almışlardır. Kırılmamış görüntülerde R-net modelinin dişlere değil yumuşak doku ile kaplı alanlara odaklandığını görmüşlerdir. Sinir ağının dikkati fotoğraflar kırılarak dişlere ayarlandığında, R-net modelinin cinsiyet belirleme doğruluğunun azaldığını bulmuşlardır (92).

Fotoğrafların ilgi alanına göre düzenlenmesi yapay zekanın başarı oranını arttırmaktadır. Cesur Kocakaya ve ark bizim çalışmamıza benzer şekilde yapay zekanın yüz fotoğraflarını sefalometrik değerlere göre sınıflandırma başarısını araştırdıkları çalışmalarında tüm yapay sinir ağlarında bizim verilemize göre nispeten düşük başarı bulmuşlardır. Bunun sebebi yüz fotoğraflarında yapay zekanın ilgisini dağıtabilecek daha fazla faktör olabileceği, ağız içi fotoğraflarda ilgi alanının daha sınırlı olması olabilir.

Derin öğrenme kullanılan pek çok çalışmada, ilgilenilen bölgenin manuel olarak kırılması yoluyla önceden işlenmiş görüntüleri kullanmıştır. Bu, manuel süreçteki hatalar, sonuçları doğru bir şekilde analiz etmeyi ve karşılaştırmayı zorlaştırabilir. Bazı çalışmalarda görüntüleri belirli bir boyutta parçalara bölerek öğrenen ağlar kullanılmıştır. Ancak bu yöntem sınırlıdır çünkü ağ tüm görüntüyü öğrenemez ve bunun yerine görüntünün yalnızca küçük bir kısmına odaklanır.

Bazı çalışmalarda görüntünün önemli ayrıntılarını da silebilecek alt örnekleme verileri kullanarak veri zenginleştirilmesi yapılmaktadır. Veri zenginleştirilmesi, veri miktarındaki veya hesaplama gücündeki sınırlamalar nedeniyle yapılmaktadır. Ancak, daha doğru ve genel sonuçlar elde etmek için ön işleme aşamasında herhangi bir yapay manipülasyon

olmadan öğrenmek için tüm görüntüleri kullanmak daha sağlıklı sonuçlar verecektir (93). Ayrıca veri sayısı yetersizlikleri çoğu zaman veri gruplarında dengesizliklere yol açmaktadır (94).

Ryu ve ark. okluzal fotoğraflardan çapraşıklık ve çekim kararı değerlendirmesi yaptıkları çalışmalarında ResNet50, ResNet101, VGG16 ve VGG19 mimarilerini kullanmışlar, çalışmamızdaki sonuçların aksine VGG19 daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Daha derin katmanların modelleri daha sık olanlardan daha iyi sonuçlar gösterdiğini ifade etmişlerdir (95).

Ryu ve ark. çalışmalarında çapraşıklık teşhisi için fotoğraflar üzerinden ölçüm yapmışlardır. Fotoğraf çekme prosedürü sırasında, üç boyutlu nesneler optik olarak iki boyutlu düz bir alana yansıtıldığı ve birim uzunlukları hakkında bilginin kaybedileceğini ve kesin büyütme ve ölçek bilgisi olmadan, dijital görüntülerden nesnelerin gerçek uzunluğunu milimetre cinsinden almanın imkansız olduğunu belirtmişlerdir. Fotoğraflardaki büyütme bilgisine sahip olmadıkları için, standardizasyon getirmek adına piksel ünitesi uzunluklarını milimetrik uzunluklara çevirmişlerdir (95). Bizim çalışmamızda lineer ölçüm olarak yapılan Wits değeri için fotoğraflara böyle bir standardizasyon uygulamamıştır.

Ryu ve ark. çalışmalarında bizim çalışmamızda olduğu gibi fotoğraflar tek bir kurumdan alınmıştır. Kurumlar arasında fotoğraf formatı ve çekim açılarındaki farklılıklar olabileceği için aynı sonuçlara ulaşamayabileceğini belirtmişlerdir (95). Bununla birlikte yapay zekanın doğru değerlendirmeler yapabilmesi için veri setinin mümkün olduğunca büyük olması gerekmektedir. Klinik uygulamalarda kullanılabilecek algoritmalar geliştirmek için tıp alanında olduğu gibi halka açık bir veri kümesi geliştirmek amacıyla çaba gösterilmesi gerekmektedir. Bunu başarmak için, araştırmacıların makalelerinde kullanılan verileri kişisel bilgileri uygun şekilde çıkararak yayınlamaları ve her ülkeden yasal ve kurumsal destek sağlanması gereklidir. Ayrıca diş hekimliği alanında halka açık verileri güvenilir bir şekilde toplayabilen, kataloglayabilen ve arşivleyebilen ortak, ücretsiz bir veri havuzu oluşturmaya ihtiyaç vardır (93).

Yu ve ark. DenseNet 121 mimarisinin sefalometrik röntgenleri sagittal ve vertikal yön malokluzyonları açısından sınıflandırma performansını değerlendirmişlerdir. Sagittal yönde Sınıf III grubunun doğruluğu Sınıf II grubuna göre daha yüksek bulmuşlardır. Bizim

çalışmamızda Wits ölçümüne göre yapılan sagittal yön değerlendirmesinde DenseNet 121 mimarisinin oldukça başarılı olduğu, Wits 1 grubunun yani Sınıf III hasta grubunun f1 skorunun en yüksek olduğu görülmektedir.

Cejudo Grano de Oro ve ark. yapay zekanın ağız içi fotoğraflardan Angle sınıflandırması başarısını inceledikleri çalışmalarında veri augmentasyonunun başarıyı tüm metriklerde %5-10 arttırdığını belirtmişlerdir. ResNet modeli 0.63-0.64 doğruluk, 0.61-0.62 f1 skoru göstermiştir. En çok yanlış sınıflama yapılan grupları Sınıf I ve Sınıf II malokluzyon grubu olarak bulmuşlardır (96).

Alalharith ve ark. ortodonti hastalarının ağız içi fotoğraflarından gingivitisin erken belirtilerinin tespiti için Faster R-CNN tabanlı modelleri için ResNet'i kullanmışlar, gingivitis teşhisinde %77,12 doğruluk oranına ulaşmışlardır (97).

Ortodonti alanı dışında derin öğrenme algoritmalarında veri olarak ağız içi fotoğraf kullanan birçok çalışma bulunmaktadır.

Andrade ve ark. ağız içi cephe ve yan fotoğraflardan U-Net modeli kullanarak plak tespiti yapmış; %91.8'lik bir doğruluk oranı elde etmişlerdir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak ortodontik herhangi bir aygıt olan hastalar da veri grubuna dahil edilmiştir (98).

Schönewolf ve ark, ağız içi fotoğraflardan ResNet modeli ile %95,2 doğruluk oranında molar-keser hipomineralizasyonu(MIH) tespiti yapmışlardır (99).

Kühnisch ve ark. yaptığı çalışmada, MobileNetV2 mimarisi ağız içi fotoğraflar üzerinden çürük ve çürükle ilişkili kavitasyonların saptanmasında en az %90 doğruluk göstermiştir. Bizim çalışmamızın aksine fotoğrafları standart ve tek diş olacak şekilde kırpılmışlardır. Fotoğrafların kırılmış olması, yapay zekanın dikkatini dağıtabilecek faktörleri azaltmıştır, yapay zekanın optimal şekilde öğrenmesi konusunda fayda sağlamış olabilir ancak bunun klinik faydasının daha düşük olacağını belirtmişlerdir. Farklı format, boyut ve çözünürlükteki fotoğraflarda aynı sonuçların elde edilemeyebileceğinin notunu çalışmalarına eklemişlerdir (100).

Zhang ve ark. ise ağız içi fotoğraflardan derin öğrenme ile çürük tespiti üzerine yaptıkları çalışmada ise fotoğraf seçiminde bir standardizasyon aranmamış, akıllı telefon ya da profesyonel kamera ile çekilmiş fotoğrafları çalışmalarına dahil etmişlerdir. Bu çalışmada da %85 oranında sınıflandırma başarısı bulmuşlardır (101).

Engels ve ark. posterior dişlerdeki restorasyonların tespiti için ResNet kullanmış; %94 oranında restore edilmemiş dişleri, %92,9 oranında kompozit restorasyonları, %98,3 oranında simanları, %99,2 oranında amalgam restorasyonları, %99,4 oranında altın restorasyonlar, %97,8 oranında seramik restorasyonları saptayabildiğini bulmuşlardır (102).

Ragados ve ark ResNet mimarisiyle ağız içi fotoğraflardan dental anomali (mamellon, gömülü diş, hipoplazi, insizial fissür, hipokalsifikasyon, mikrodonti, supernumerer diş, rotasyon, agenesis, displace diş şeklinde gruplandırmışlardır) teşhisinde başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. En düşük başarıyı hipokalsifikasyon ve rotasyon grubunda; en yüksek başarıyı ise hipoplazi grubunda görmüşlerdir (103).

Diş hekimliğinde derin öğrenme yöntemiyle ağız içi fotoğraflardan skuamoz hücreli karsinomun teşhis edilebildiği birçok çalışma bulunmaktadır (104, 105). Oral kanserlerin derin öğrenme ile teşhisinde cep telefonu ile çekilen fotoğrafların başarısı ise teşhis konusunda iyi bir potansiyel oluşturmaktadır (106).

Genel olarak değerlendirildiğinde ResNet modelinin ağız içi fotoğraf verilerinde çok sık kullanıldığı görülmektedir. 2015 yılında ImageNet yarışmasının kazanan derin öğrenme algoritması ResNet, son derece derin sinir ağlarını (152 katmana kadar) eğitmeyi mümkün kılarak çığır açan bir yenilik olduğunu kanıtlamıştır. ResNet'in geliştirilmesinden önce, kaybolan gradyan sorunu karmaşaya yol açmaktaydı. ResNet, belirli katmanları atlamak ve arada toplu normalleştirme uygulamak için bağlantıları atlama kavramını kullanır. Bu, ağın önceki katmanlardaki aktivasyonları yeniden kullanmasına izin vererek, ağırlıkları yeniden hesaplama ihtiyacını ortadan kaldırır, böylece yok olan gradyan probleminden kaçınır ve sonuç olarak performansını artırır (97). Çalışmamızın sonuçlarına göre de ResNet mimarisi oldukça başarılı bulunmuş olup; yalnızca ResNet 101 ve ResNet 152'nin U1-palatal düzlem sınıflandırmasında değerlendirme dışı kalmıştır. Ancak ResNet 50 modeli ise en başarısız grup olan U1-palatal düzlem grubunda dahi 87.67'lik başarı göstermiştir.

Çalışmamızın en başarılı modelleri olan EFFICIENTNET B0 ve EFFICIENTNET V2 modellerinin literatür taraması yapıldığında ağız içi fotoğraf verileriyle kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. EFFICIENTNET B0 ve EFFICIENTNET V2 modelleri tıp alanında kullanılmasına rağmen diş hekimliği alanında kullanım örnekleri bulunmamaktadır. Son yıllarda, evrişimli sinir ağı hızla gelişmekte, ancak eksiklikleri yavaş yavaş ortaya çıkmaktadır. Evrişimli sinir ağları genellikle sabit bir kaynak altında geliştirilir. Kaynaklar değişirse, buna bağlı olarak ağ derinliği, ağ genişliği ve girdi görüntü çözünürlüğünün manuel olarak ayarlanması gerekir, bu da bilimsel araştırmalara pek çok zorluk getirir. Bunun için, 2019'da Tan ve Le ilk olarak EFFICIENTNET adlı verimli bir ağ önerdiler. Sinir mimarisi ağı üç boyuttan, ağ derinliğinden, ağ genişliğinden ve giriş görüntüsü çözünürlüğünden ölçeklendirmek için basit ve verimli bir bileşik faktör kullanır. Ölçeklendirme derecesine göre EFFICIENTNET serisi ağ, B0–B7 sekiz alt ağa bölünebilir. Pratik test ve doğrulamadan sonra, EFFICIENTNET ağı diğer geleneksel ağlardan çok daha hızlı olmakla kalmayıp, aynı zamanda daha doğrudur. Sonraki araştırma ve incelemelerde bilim adamları, EFFICIENTNET serisi ağının, sürekli uygulamalı eğitim testlerinden sonra deneysel ekipmanın kısıtlamaları ve sınırlamaları nedeniyle eğitim ve öğrenim görevlerini mükemmel bir şekilde tamamlayamadığını keşfetmişlerdir. Bu nedenle, 2021'de Mingxing Tan ve arkadaşları, EFFICIENTNET ağını daha da geliştirerek, yeni bir EFFICIENTNET - V2 ağı oluşturmuş ve bunu S, M ve L olmak üzere üç alt ağa bölmüştür. Deneysel doğrulamanın ardından, eski EFFICIENTNET -V1 ile karşılaştırıldığında, yeni ağ daha düzenli, daha az kaynak kullandığı ve daha yüksek gerçek test doğruluğuna sahip olduğu görülmektedir(107).

Çalışmamızın bazı limitasyonları bulunmaktadır:

Derin öğrenme modellerinin başarılı olabilmesi için çok sayıda veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Doğru bir sınıflandırma başarısı için ise veri setinin dengeli dağılması gerekmektedir. Çalışmamızda gruplar arasında dengeli dağılım sağlayabilmek adına sınıflandırma yapılırken sefalometrik norm değerlerin kullanılamamış olması çalışmamızı sınırlamaktadır. Bunun için veri sayısının arttırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızda veri setinin arttırılması için veri zenginleştirilmesi yapılmıştır ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Veri zenginleştirmesinin rastgele yapılması örnek fotoğraflarda ilgili alanda bilgi kaybı oluşmasına sebep olabileceği gibi veri

zenginleştirmesinin kurallar dahilinde yapılması derin öğrenme modelinin ilgili alana yönlendirilerek yanlılığa yol açabilir. Veri seti olarak ham fotoğrafların kullanılmayıp veri zenginleştirmesi ile elde edilen veri setinin kullanılması aslında klinik olarak anlamlı olmayabilir; başarı zenginleştirilmiş verilerin test başarısı olabilir. Diğer bir limitasyon ise verilerin tek bir kurumdan alınmış olmasıdır. Farklı üniversitelerden gelen, farklı fotoğraf makineleri ile çekilmiş ve farklı formatlardaki fotoğraflarda aynı başarı elde edilemeyebilir. Derin öğrenme modelleri sadece tek bir yerden alınan verilerle eğitildiği için farklı verilerde tekrarlanabilirliği bulunmamaktadır. Ayrıca çalışmamızda kullanılan fotoğraflar yüksek kalite fotoğraflardır. Daha düşük kalitedeki fotoğraflarda aynı başarı elde edilemeyebilir.

Derin öğrenme teknikleri yüksek doğruluk performansına sahip algoritmalar ancak derin öğrenme doğası gereği kara-kutu sistemlerine sahiptir ve ağıın davranışı açıklanamamaktadır. Derin öğrenme modellerini kara-kutu'dan cam-kutu'ya çevirmek için sonuçların görselleştirilmesi özellikle medikal sektörler gibi kritik öneme sahip alanlarda önem arz etmektedir. Gradyan ağırlıklı sınıf aktivasyon haritası (Grad-CAM), son evrişim katmanının hedefinin gradyanlarını kullanarak bir görüntünün temel kısımlarını vurgulayan girdi görüntüsünün bir ısı haritasını oluşturur. Özellik haritalarını son katmandan alır ve her kanalı, kanalla ilgili sınıfın gradyanına göre ağırlıklandırır. Girdi görüntüsünün, sınıfla ilgili önemlerine bağlı olarak belirli kanalları ne kadar güçlü bir şekilde etkinleştirdiğini yansıtır (108). Çalışmamızda Gradyan ağırlıklı sınıf aktivasyon haritasının kullanılmamış olması, derin öğrenme modellerinin başarısının açıklanabilirliğini azaltmaktadır.

Yapay zeka teknikleri ortodonti alanına başarılı şekilde entegre olmaktadır. Rutin olarak kullanıma giren sefalometrik analiz programlarının yanında yakın gelecekte özellikle ortodontik teşhise yardımcı uygulamalar kullanıma sunulacaktır. Hekimler yapay zeka sistemlerini yardımcı bir araç olarak kullanarak teşhis doğruluğunu, tedavi sonuçlarının tahmin edilebilirliğini arttırabileceklerdir. Ayrıca yapay zeka ile oluşturulan otomatik sistemler ortodontik kayıt ve teşhis adımlarında hekimlere zaman kazandırarak verimliliği arttıracaktır. Çalışmamızın ışığında sefalometrik filmlere ihtiyaç duyulmadan yalnızca fotoğraflar üzerinden analizler yapabilen derin öğrenme tabanlı uygulamalar geliştirilebilecektir.

6.SONUÇLAR

Derin öğrenme modellerinin bulgularının ışığında şu sonuçlar elde edilmiştir.

En başarılı model EFFICIENT B0 ve EFFICIENT V2 olmuştur.VGG16 ve VGG19 modelleri en düşük başarıyı göstermiştir.

U1- Palatal Düzlem açısı diğer açılara göre daha düşük bir başarı oranında sınıflandırılmıştır. En başarılı veri grubu ise IMPA grubudur.

Sonraki çalışmalarda derin öğrenme modelleri için veri sayısının arttırılması daha doğru ve efektif sonuçlar vermesi için önerilmektedir.

Bu çalışma sefalometrik röntgen kullanmadan ağız içi fotoğraflar kullanılarak sefalometrik analiz değerlerini öngörülmesi yolunda umut verici olmuştur.

KAYNAKÇA

1. Proffit WR. (2020). *Güncel Ortodonti (Altıncı Baskı)*. Nilüfer D. (Çev), Ankara Nobel Tıp Kitabevi
2. Ülgen M. Ortodonti;Anomaliler, Sefalometri, Etioloji , Büyüme veGelişim, Tanı. 5th ed. Diyarbakır; 2015. 46–48 p.
3. McCarthy J. WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE? [Internet]. Stanford University. 2004. Available from: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/>
4. Liu J, Chen Y, Li S, Zhao Z, Wu Z. Machine learning in orthodontics: Challenges and perspectives. *Adv Clin Exp Med*. 2021 Oct;30(10):1065-1074. doi: 10.17219/acem/138702. PMID: 34610222.
5. Singh, K. K., Siddhartha, M., & Singh, A. (2020). Diagnosis of Coronavirus Disease (COVID-19) from Chest X-ray images using modified XceptionNet. *Romanian Journal of Information Science and Technology*, 23(657), 91-115
6. Ryu J, Lee YS, Mo SP, Lim K, Jung SK, Kim TW. Application of deep learning artificial intelligence technique to the classification of clinical orthodontic photos. *BMC Oral Health*. 2022 Oct 25;22(1):454. doi: 10.1186/s12903-022-02466-x. PMID: 36284294; PMCID: PMC9597951.
7. Cejudo Grano de Oro JE, Koch PJ, Krois J, Garcia Cantu Ros A, Patel J, Meyer-Lueckel H, Schwendicke F. Hyperparameter Tuning and Automatic Image Augmentation for Deep Learning-Based Angle Classification on Intraoral Photographs-A Retrospective Study. *Diagnostics (Basel)*. 2022 Jun 23;12(7):1526. doi: 10.3390/diagnostics12071526. PMID: 35885432; PMCID: PMC9319779.
8. Nanda R. (2015). *Esthetics And Biomechanics In Orthodontics* (Second Edition). China; Elsevier Inc ISBN: 978-1-4557-5085-6
9. Tobiasen JM. Social judgments of facial deformity. *Cleft Palate J*. 1987;24:323–327.

10. Barrows HS. *Practice-Based Learning*. Springfield, IL: Southern Illinois University School of Medicine; 1994:145.
11. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000;118(3):335–340.
12. Graber, L. W., Vig, K. W., Huang, G. J., & Fleming, P. (2017). *Current principles and techniques (sixth edition)*. Elsevier Health Sciences.
13. Scheib JE, Gangestad SW, Thornhill R. Facial attractiveness, symmetry and cues of good genes. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1999;266(1431):1913–1917.
14. Beyer JW, Lindauer SJ. Evaluation of dental midline position. *Semin Orthod*. 1998;4(3):146–152.
15. Thuer U, Ingervall B. Pressure from the lips on the teeth and malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1986;90(3):234–242.
16. Lapatki BG, et al. The importance of the level of the lip line and resting lip pressure in class II, division 2 malocclusion. *J Dent Res*. 2002; 81(5):323–328.
17. Flynn TR, Ambrogio RI, Zeichner SJ. Cephalometric norms for orthognathic surgery in black American adults. *J Oral Maxillofac Surg*. 1989;47(1):30–39.
18. Edwards J. The diastema, the frenum, the frenectomy: a clinical study. *Am J Orthod*. 1977;71:489–508.
19. Baccetti T. A controlled study of associated dental anomalies. *Angle Orthod*. 1998;68(3):267–274.
20. Fletcher SG, Meldrum JR. Lingual function and relative length of the lingual frenulum. *J Speech Hear Res*. 1968;11(2):382–390.

21. Kokich VG, Spear FM. Guidelines for managing the orthodonticrestorative patient. *Semin Orthod.* 1997;3(1):3–20.
22. Dale J, Dale HC. Interceptive guidance of occlusion with emphasis on diagnosis. In: Graber T, ed. *Orthodontics Current Principles and Techniques*. St. Louis, MO: Mosby; 2000:375–469.
23. Tomassetti JJ, et al. A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *Angle Orthod.* 2001;71(5): 351–357.)
24. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 Jun;129(6):794-803. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.08.023. PMID: 16769498
25. Paredes, V., Gandia, J. L., & Cibrián, R. (2006). Digital diagnosis records in orthodontics. An overview. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 11(1), E88–E93.
26. Galante DL. History and current use of clinical photography in orthodontics. *J Calif Dent Assoc* 2009;37:173-4.)
27. Kalpana, D., Rao, S. J., Joseph, J. K., & Kurapati, S. K. R. (2018). Digital dental photography. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*, 29(4), 507–512. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_396_17
28. Sandler J, Murray A. (2010a). Clinical photography in an orthodontic practice environment part 1. *Orthodontic Update*. 3. 70-75. 10.12968/ortu.2010.3.3.70.
29. Bengel W. (2006) *Mastering Digital Dental Photography*. 1st ed. New Maiden, Surry (UK): Quintessence Publishers

30. Sandler J, Murray A. (2001). Digital Photography in Orthodontics. *Journal of orthodontics*. 28. 197-201. 10.1093/ortho/28.3.197.
31. Heravi F, Nagaş I. (2022a). Dijital Dental Fotoğrafçılık I. *Selcuk Dental Journal*. 9. 10.15311/selcukdentj.1072712.
32. Ahmad I. (2009a). Digital dental photography. Part 4: choosing a camera. *British dental journal*, 206(11), 575–581. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.476>
33. Bayındır, F. (2015). DİJİTAL DENTAL FOTOĞRAFÇILIK-I . Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi , 25 (3) , 0-0 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunidfd/issue/45071/562906>
34. Ahmad I. (2009b). Digital dental photography. Part 5: lighting. *British dental journal*, 207(1), 13–18. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.558>
35. Erden Kayalidere, E. & Erdemir, U. (2021). ESTETİK DİŞ HEKİMLİĞİNDE DENTAL FOTOĞRAFÇILIK . *Dental and Medical Journal - Review* , 3 (1) , 39-54 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dmj/issue/60509/838033>
36. Heravi F, Çekiç Nagaş I (2022b) DİJİTAL DENTAL FOTOĞRAFÇILIK – II. *Selcuk Dental Journal*. 2022; 9(3): 943-951.
37. Lazar D, Cimpian S, Stratul SI. An introduction to dental photography. A guide on specific cameras and accessories. *TMJ* 2011;61:107-111.
38. Sheridan P. *Clinical Photography in Dentistry: A New Perspective*. USA: Quintessence Publishing,2016
39. Bayındır, F. (2015). DİJİTAL DENTAL FOTOĞRAFÇILIK-I . Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi , 25 (3) , 0-0 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunidfd/issue/45071/562906>

40. Ong, J. M. D., Crasto, G. J., Anwar, E. J., Brooke, R., & Kang, P. (2022). A Standardized Approach to Extra-Oral and Intra-Oral Digital Photography. *Journal of visualized experiments : JoVE*, (185), 10.3791/63627. <https://doi.org/10.3791/63627>
41. Sandler, Jonathan & Murray, Alison. (2010b). Clinical photography in an orthodontic practice environment part 2. *Orthodontic Update*. 3. 107-109. 10.12968/ortu.2010.3.4.107.
42. Goldstein RE, Chu SJ, Lee EA et al. Ronald E. Goldstein's Esthetics in Dentistry. USA: Wiley-Blackwell; 2018
43. Mani A, Sachdeva S, Anuraga S et al. Dental photography. *Pravara Med. Rev.* 2017; 9(1): 12–16..
44. McKeown, H. F., Murray, A. M., & Sandler, P. J. (2005). How to avoid common errors in clinical photography. *Journal of orthodontics*, 32(1), 43–54. <https://doi.org/10.1179/146531205225020880>
45. Ortiz MA. Lit: The Simple Protocol for Dental Photography in the Age of Social Media. Batavia: Quintessence Publishing; 2019.
46. Bayındır, F. & Albayrak, B. (2019). DİJİTAL DENTAL FOTOĞRAFÇILIK-II . Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi , 29 (1) , 143-149 . DOI: 10.17567/ataunidfd.523084
47. Bozdemir E. , Yarbaşı Ö. Tanıda sadece panoramik radyografi ne kadar güvenli?. *Selcuk Dental Journal*. 2019; 6(4): 100-103.
48. White, S. C., & Pharoah, M. J. (2018). *White and Pharoah's Oral Radiology: Principles and Interpretation*. Elsevier Health Sciences.
49. Obwegeser HL, Makek MS. Hemimandibular hyperplasia–hemimandibular elongation. *J Maxillofac Surg*. 1986;14(4):183–208.)

50. Jacobs SG. Radiographic localization of unerupted teeth: further findings about the vertical tube shift method and other localization techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000;118(4):439–447.)
51. Finlay LM. Craniometry and cephalometry: a history prior to the advent of radiography. *Angle Orthod*. 1980 Oct;50(4):312-21. doi: 10.1043/0003-3219(1980)050<0312:CACAHP>2.0.CO;2. PMID: 7006468.
52. Wahl N. Orthodontics in 3 millennia. Chapter 7: Facial analysis before the advent of the cephalometer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 Feb;129(2):293-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.12.011. PMID: 16473724.
53. Hans MG, Palomo JM, Valiathan M. History of imaging in orthodontics from Broadbent to cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 Dec;148(6):914-21. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.09.007. PMID: 26672697.
54. Meigs JA. On the mensuration of the human skull. Philadelphia: J. B. Lippincott; 1861
55. Trenmouth MJ. Petrus Camper (1722-1789): originator of cephalometrics. *Dent Hist*. 2003 Apr;(40):3-14. PMID: 14603754.
56. Broadbent B.H. The face of the normal child. *Angle Orthod*, 7 (1937), pp. 183-208
57. Dinesh, A., Mutalik, S., Feldman, J., & Tadinada, A. (2020). Value-addition of lateral cephalometric radiographs in orthodontic diagnosis and treatment planning. *The Angle orthodontist*, 90(5), 665–671. <https://doi.org/10.2319/062319-425.1>
58. Jacobson A. (1995). *Radiographic Cephalometry*. Quintessence Publishing
59. Devereux, L., Moles, D., Cunningham, S. J., & McKnight, M. (2011). How important are lateral cephalometric radiographs in orthodontic treatment planning?. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 139(2),

e175–e181. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.09.021>

60. Naragond, Dr. (2012). Diagnostic Limitations of Cephalometrics in Orthodontics-A Review. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences. 3. 30-35. 10.9790/0853-0313035.

61. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, Sarode SC, Bhandi S. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - A systematic review. J Dent Sci. 2021 Jan;16(1):508-522. doi: 10.1016/j.jds.2020.06.019. Epub 2020 Jun 30. PMID: 33384840; PMCID: PMC7770297.

62. Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine. Metabolism. 2017 Apr;69S:S36-S40. doi: 10.1016/j.metabol.2017.01.011. Epub 2017 Jan 11. PMID: 28126242.

63. Mohammad-Rahimi H, Nadimi M, Rohban MH, Shamsoddin E, Lee VY, Motamedian SR. Machine learning and orthodontics, current trends and the future opportunities: A scoping review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2021 Aug;160(2):170-192.e4. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.02.013. Epub 2021 Jun 5. PMID: 34103190.

64. Faber, J., Faber, C., Faber, P., 2019. Artificial intelligence in orthodontics. APOS Trends Orthod. 9, 201–205.

65. Choi RY, Coyner AS, Kalpathy-Cramer J, Chiang MF, Campbell JP. Introduction to Machine Learning, Neural Networks, and Deep Learning. Transl Vis Sci Technol. 2020 Feb 27;9(2):14. doi: 10.1167/tvst.9.2.14. PMID: 32704420; PMCID: PMC7347027.

66. Albahra S, Gorbett T, Robertson S, D'Aleo G, Kumar SVS, Ockunzzi S, Lallo D, Hu B, Rashidi HH. Artificial intelligence and machine learning overview in pathology & laboratory medicine: A general review of data preprocessing and basic supervised concepts. Semin Diagn Pathol. 2023 Mar;40(2):71-87. doi: 10.1053/j.semdp.2023.02.002. Epub 2023 Feb 16. PMID: 36870825.

67. Keskenler, M. F. & Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi . Takvim-i Vekayi , 5 (2) , 8-18 .Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/takvim/issue/33375/346279>
68. Gönül Y, Ulu S, Bucak A, Bilir A. (2015). Yapay sinir ağları ve klinik araştırmalarda kullanımı. Genel Tip Dergisi. 25. 10-10. 10.15321/GenelTipDer.2015313147.
- 69.Ümran Ünsal. (2022) Diş Görüntüleri Üzerinde Görüntü İşleme ve Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Çürük Seviyelerinin Sınıflandırılması (Yüksek Lisans Tezi). Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı, Aksaray.
70. Fırıldak K, Talu MF. (2019). Evrişimsel Sinir Ağlarında Kullanılan Transfer Öğrenme Yaklaşımlarının İncelenmesi . Computer Science , 4 (2) , 88-95 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bbd/issue/49546/527863>
- 71.Samtaş G, Gülesin M. (2012). Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları . Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges) , 2 (1) , 85-97 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ejovoc/issue/5394/73162>
72. Akdeniz S. , Tosun M. E. A review of the use of artificial intelligence in orthodontics. Journal of Experimental and Clinical Medicine. 2021; 38(3s): 157-162.
73. Schwendicke, F., Chaurasia, A., Arsiwala, L., Lee, J. H., Elhennawy, K., Jost-Brinkmann, P. G., Demarco, F., & Krois, J. (2021). Deep learning for cephalometric landmark detection: systematic review and meta-analysis. *Clinical oral investigations*, 25(7), 4299–4309. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03990-w>
75. GRABER T. M. (1956). Problems and limitations of cephalometric analysis in orthodontics. *Journal of the American Dental Association* (1939), 53(4), 439–454. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1956.0204>
76. Silling G, Rauch M, Pentel L, Garfinkel L, Halberstadt G. The significance of cephalometrics in treatment planning. *Angle Orthod* 1979;49:259-62.

77. Han UK, Vig KW, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:212-9.
78. Bruks A, Enberg K, Nordqvist I, Hansson A, Jansson L, Svenson B. Radiographic examinations as an aid to orthodontic diagnosis and treatment planning. *Swed Dent J* 1999;23:77-85.
79. Pae EK, McKenna GA, Sheehan TJ, Garcia R, Kuhlberg A, Nanda R. Role of lateral cephalograms in assessing severity and difficulty of orthodontic cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120: 254-62.
80. Yassir, Y. A., Salman, A. R., & Nabbat, S. A. (2021). The accuracy and reliability of WebCeph for cephalometric analysis. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 17(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2021.08.010>
81. Nouri, M., Hosseini, S. K., Asefi, S., Abdi, A. H., & Bagheban, A. A. (2019). Three-dimensional measurement of tooth inclination: A longitudinal study. *Dental research journal*, 16(4), 225–232.
82. Zataráin, B., Avila, J., Moyaho, A., Carrasco, R., & Velasco, C. (2016). Lower incisor inclination regarding different reference planes. *Inclinación del incisivo inferior respecto a diferentes planos de referencia. Acta odontologica latinoamericana : AOL*, 29(2), 115–122.
83. Tweed CH. The Frankfortmadibular plane Angle in orthodontic diagnosis, Classification, Treatment Planning and Prognosis. *Am J Orthod and Oral Surg* 1946; 32: 175221
84. Downs WB. Analysis of the Dentofacial Profile. *Angle Orthod* 1956; 26: 191212.
85. Schudy F. Cant of the occlusal Plane and Axial Inclinations of Teeth. *Angle Orthod* 1963; 33: 6982.

86. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953; 39: 729755
87. Ferrario, V. F., Sforza, C., Colombo, A., Ciusa, V., & Serrao, G. (2001). Three-dimensional inclination of the dental axes in healthy permanent dentitions--A cross-sectional study in a normal population. *The Angle orthodontist*, 71(4), 257–264. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2001\)071<0257:TDIOTD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2001)071<0257:TDIOTD>2.0.CO;2)
88. Zawawi, K. H., & Al-Zahrani, M. S. (2014). Gingival biotype in relation to incisors' inclination and position. *Saudi medical journal*, 35(11), 1378
89. Brezniak, N., Turgeman, R., & Redlich, M. (2010). Incisor inclination determined by the light reflection zone on the tooth's surface. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*, 41(1), 27–34.
90. Jackson, T. H., Kirk, C. J., Phillips, C., & Koroluk, L. D. (2019). Diagnostic accuracy of intraoral photographic orthodontic records. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 31(1), 64–71. <https://doi.org/10.1111/jerd.12426>
91. Ryu, J., Lee, Y. S., Mo, S. P., Lim, K., Jung, S. K., & Kim, T. W. (2022). Application of deep learning artificial intelligence technique to the classification of clinical orthodontic photos. *BMC oral health*, 22(1), 454. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02466-x>
92. Zhou, Y., Jiang, F., Cheng, F. *et al.* Detecting representative characteristics of different genders using intraoral photographs: a deep learning model with interpretation of gradient-weighted class activation mapping. *BMC Oral Health* 23, 327 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03033-8>
93. Hwang, J. J., Jung, Y. H., Cho, B. H., & Heo, M. S. (2019). An overview of deep learning in the field of dentistry. *Imaging science in dentistry*, 49(1), 1–7. <https://doi.org/10.5624/isd.2019.49.1.1>

94. 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. <https://doi.org/10.1177/0022034520901715>
95. Ryu, J., Kim, Y. H., Kim, T. W., & Jung, S. K. (2023). Evaluation of artificial intelligence model for crowding categorization and extraction diagnosis using intraoral photographs. *Scientific reports*, 13(1), 5177. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32514-7>
96. Cejudo Grano de Oro, J. E., Koch, P. J., Krois, J., Garcia Cantu Ros, A., Patel, J., Meyer-Lueckel, H., & Schwendicke, F. (2022). Hyperparameter Tuning and Automatic Image Augmentation for Deep Learning-Based Angle Classification on Intraoral Photographs-A Retrospective Study. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(7), 1526. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12071526>
97. Alalharith, D. M., Alharthi, H. M., Alghamdi, W. M., Alsenbel, Y. M., Aslam, N., Khan, I. U., Shahin, S. Y., Dianišková, S., Alhareky, M. S., & Barouch, K. K. (2020). A Deep Learning-Based Approach for the Detection of Early Signs of Gingivitis in Orthodontic Patients Using Faster Region-Based Convolutional Neural Networks. *International journal of environmental research and public health*, 17(22), 8447. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228447>
98. Andrade, K. M., Silva, B. P. M., de Oliveira, L. R., & Cury, P. R. (2023). Automatic dental biofilm detection based on deep learning. *Journal of clinical periodontology*, 50(5), 571–581. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13774>
99. Schönewolf, J., Meyer, O., Engels, P., Schlickerrieder, A., Hickel, R., Gruhn, V., Hesenius, M., & Kühnisch, J. (2022). Artificial intelligence-based diagnostics of molar-incisor-hypomineralization (MIH) on intraoral photographs. *Clinical oral investigations*, 26(9), 5923–5930. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04552-4>
100. Kühnisch, J., Meyer, O., Hesenius, M., Hickel, R., & Gruhn, V. (2022). Caries Detection on Intraoral Images Using Artificial Intelligence. *Journal of dental research*, 101(2), 158–165. <https://doi.org/10.1177/00220345211032524>

101. Zhang, X., Liang, Y., Li, W., Liu, C., Gu, D., Sun, W., & Miao, L. (2022). Development and evaluation of deep learning for screening dental caries from oral photographs. *Oral diseases*, 28(1), 173–181. <https://doi.org/10.1111/odi.13735>
102. Engels, P., Meyer, O., Schönewolf, J., Schlickerrieder, A., Hickel, R., Hesenius, M., Gruhn, V., & Kühnisch, J. (2022). Automated detection of posterior restorations in permanent teeth using artificial intelligence on intraoral photographs. *Journal of dentistry*, 121, 104124. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104124>
103. Ragodos, R., Wang, T., Padilla, C., Hecht, J. T., Poletta, F. A., Orioli, I. M., Buxó, C. J., Butali, A., Valencia-Ramirez, C., Restrepo Muñeton, C., Wehby, G. L., Weinberg, S. M., Marazita, M. L., Moreno Uribe, L. M., & Howe, B. J. (2022). Dental anomaly detection using intraoral photos via deep learning. *Scientific reports*, 12(1), 11577. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15788-1>
104. Flügge, T., Gaudin, R., Sabatakakis, A., Tröltzsch, D., Heiland, M., van Nistelrooij, N., & Vinayahalingam, S. (2023). Detection of oral squamous cell carcinoma in clinical photographs using a vision transformer. *Scientific reports*, 13(1), 2296. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29204-9>
105. Fu, Q., Chen, Y., Li, Z., Jing, Q., Hu, C., Liu, H., Bao, J., Hong, Y., Shi, T., Li, K., Zou, H., Song, Y., Wang, H., Wang, X., Wang, Y., Liu, J., Liu, H., Chen, S., Chen, R., Zhang, M., ... Xiong, X. (2020). A deep learning algorithm for detection of oral cavity squamous cell carcinoma from photographic images: A retrospective study. *EClinicalMedicine*, 27, 100558. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100558>
106. Lin, H., Chen, H., Weng, L., Shao, J., & Lin, J. (2021). Automatic detection of oral cancer in smartphone-based images using deep learning for early diagnosis. *Journal of biomedical optics*, 26(8), 086007. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.8.086007>
107. Deng, L., Suo, H., & Li, D. (2022). Deepfake Video Detection Based on EfficientNet-V2 Network. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022, 3441549. <https://doi.org/10.1155/2022/3441549>

108. Kolekar, S., Gite, S., Pradhan, B., & Alamri, A. (2022). Explainable AI in Scene Understanding for Autonomous Vehicles in Unstructured Traffic Environments on Indian Roads Using the Inception U-Net Model with Grad-CAM Visualization. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(24), 9677. <https://doi.org/10.3390/s22249677>

