



T.C.
ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ortodonti Anabilim Dalı

**FARKLI ZAMANLARDA ALINAN LATERAL
SEFALOMETRİ RADYOGRAFİLERİNİN YAPAY
ZEKA YAZILIMLARI İLE ÇAKIŞTIRILMASININ
DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

İbrahim Barış PARLAK

Doktora Tezi

Danışman

Doç Dr. Seden AKAN BAYHAN

İstanbul, 2022

**FARKLI ZAMANLARDA ALINAN LATERAL SEFALOMETRİ
RADYOGRAFİLERİNİN YAPAY ZEKA YAZILIMLARI İLE
ÇAKIŞTIRILMASININ DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

İbrahim Barış PARLAK

Ortodonti Anabilim Dalı

Doktora Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2022

“İbrahim Barış PARLAK” tarafından hazırlanmış ve 14.12.2022 tarihinde sunulmuş “FARKLI ZAMANLARDA ALINAN LATERAL SEFALOMETRİ RADYOGRAFİLERİNİN YAPAY ZEKA YAZILIMLARI İLE ÇAKIŞTIRILMASININ DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez Ortodonti Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Ortodonti Anabilim Dalı
Yeditepe Üniversitesi

Prof. Dr. Korkmaz SAYINSU

Ortodonti Anabilim Dalı
Altınbaş Üniversitesi

Prof. Dr. Buğra ÖZEN

Pedodonti Anabilim Dalı
İstanbul Sağlık ve
Teknoloji Üniversitesi

Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU

Ortodonti Anabilim Dalı
Altınbaş Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Pelin ACAR ULUTAŞ

Ortodonti Anabilim Dalı
Altınbaş Üniversitesi

Bu tezin Doktora tezi olarak bütün şartları sağladığımı beyan ederim.

Tezin Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne teslim tarihi: ____/____/____

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

İbrahim Barış PARLAK

İmzası

X

İTHAF

Canım oğlum Alper PARLAK'a ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez yazım sürecimde benden değerli tecrübelerini ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Seden Akan Bayhan'a,

Tüm doktora sürecimde verdikleri emek ve desteklerden ötürü başta anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Korkmaz Sayınsu'ya, Prof. Dr. Toros Alcan'a, Prof. Dr. S. İlhan Ramoğlu'na ve Dr. Öğr. Üyesi Pelin Acar Ulutaş'a teşekkür ederim.

Ortodonti eğitimim boyunca her zaman yanımda olan ve yardımına koşan tüm asistan arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Öğrenim sürecimde tüm fedakarlıklarla her zaman yanımda olduklarını hissettiğim aileme en içten şükranlarımı sunarım.

ÖZET

FARKLI ZAMANLARDA ALINAN LATERAL SEFALOMETRİ RADYOGRAFİLERİNİN YAPAY ZEKA YAZILIMLARI İLE ÇAKIŞTIRILMASININ DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

PARLAK, İbrahim Barış

Doktora Programı, Ortodonti Anabilim Dalı, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Tarih: Aralık/2022

Sayfa sayısı: 84

AMAÇ: Bu çalışmanın amacı, tam otomatik yapay zeka yazılımından faydalanılarak landmarkların otomatik tespitini sağlayan dijital sefalometrik çizim programları (Facad ve WebCeph) ile yapılan tedavi başı-sonu çakıştırmalarının, landmarkların el çizimi olarak belirlendiği yarı otomatik yazılım programı (Dolphin Imaging) çakıştırmaları ile uyumluluğunun değerlendirilmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEM: Yirmi olgunun tedavi başı ve bir yıl sonrasında alınan lateral sefalometrik radyografları kullanılmıştır. 20 sefalometrik landmark Dolphin programında aynı araştırmacı tarafından belirlenirken, Facad ve WebCeph programlarında ise yapay zeka tarafından belirlenmiştir. Sella-Nasion (SN) ve Porion-Orbitale (POr) düzlemleri referans alınarak üç program ile aynı araştırmacı tarafından sefalometrik çakıştırmalar yapılmıştır. Kullanılan referans noktalarının X ve Y koordinatlarına uzaklıkları Image J programı üzerinde ölçülmüştür. İstatistiksel analizde Friedman testi, Wilcoxon işaret testi ve Sınıf içi Korelasyon katsayısı kullanılmıştır.

BULGULAR: SN ve POr düzlemlerinde yapılan ölçümlerde; tüm noktalarda Dolphin, Facad ve WebCeph yöntemleri ile yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). X ve Y koordinatlarında yapılan ölçümlerde; Dolphin ile Facad programları arasında SN düzleminde 10, POr düzleminde 34 noktada; Dolphin ile WebCeph programları arasında SN düzleminde 13, POr düzleminde 1 noktada; Facad ile WebCeph programları arasında ise SN düzleminde 5, POr düzleminde 4 noktada pozitif yönlü, orta ve iyi düzeyli istatistiksel olarak anlamlı uyum bulunmuştur($p\leq 0,05$).

SONUÇ: Çalışmanın sonuçlarına göre, Facad ve WebCeph yapay zeka programları ile yapılan çakıştırmaların X ve Y koordinatlarına göre uzaklıklarında, Dolphin programı kullanılarak yapılan el çizimi ölçümlere göre istatistiksel olarak farklılık bulunmamasına rağmen; Facad programı hem SN hem de POr düzlemlerinde WebCeph'e göre Dolphin sefalometrik çakıştırmalarına fazla noktada anlamlı uyum göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Sefalometri, Yapay Zeka, Çakıştırma

ABSTRACT

**COMPATIBILITY OF THE SUPERIMPOSITIONS OF
CEPHALOMETRIC RADIOGRAPHS MADE BY ARTIFICIAL
INTELLIGENCE SOFTWARE**

PARLAK, İbrahim Barış

PhD, Department of Orthodontics, Altinbas University

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Date: December/2022

Pages: 84

AIM: The aim of this study was to evaluate the compatibility of superimpositions of before and after orthodontic treatment, made with digital cephalometric tracing programs (Facad and WebCeph) that provide automatic detection of landmarks by using fully automatic artificial intelligence software, with semi-automatic software program (Dolphin Imaging) superimpositions in which landmarks are determined manually.

MATERIALS AND METHOD: Lateral cephalometric radiographs of 20 patients were taken one year apart. While 20 cephalometric landmarks were determined by the researcher in the Dolphin program, they were determined by artificial intelligence in the Facad and WebCeph programs. Sella-Nasion and Porion-Orbitale planes were taken as reference for cephalometric superimpositions with three software programs. The distances between the reference points to the X and Y coordinates were measured on the Image-J program. Friedman test, Wilcoxon sign test and Intraclass Correlation Coefficient were used for statistical analysis.

RESULTS: In the measurements made on the SN and POr planes; there wasn't statistically significant difference between the measurements made with Dolphin, Facad and WebCeph methods at all points ($p>0,05$). In the measurements made in X and Y coordinates a positive directional, moderate and good compatibility was found; between Dolphin and Facad

programs, at 10 points in the SN plane and 34 points in the POr plane; between Dolphin and WebCeph programs, 13 points in the SN plane, 1 point in the POr plane; between Facad and WebCeph programs at 5 points on the SN plane and 4 points on the POr plane ($p \leq 0,05$).

CONCLUSION: Although there isn't statistical difference in the distances of the superimpositions to the X and Y coordinates made with Facad and WebCeph artificial intelligence programs compared to the manual measurements made using the Dolphin program; The Facad program showed significant compatibility with Dolphin cephalometric registrations in both SN and POr planes compared to WebCeph.

Keywords: Cephalometry, Artificial Intelligence, Superimposition



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TABLO LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1 LATERAL SEFALOMETRİK RADYOGRAFİLER.....	3
2.1.1 El Çizimi Lateral Sefalometrik Radyografiler.....	6
2.1.2 Dijital Lateral Sefalometrik Radyografiler.....	6
2.1.3 Anatomik Landmarklar.....	7
2.2 ÇAKIŞTIRMA	7
2.2.1 El Çizimi Yapılan Çakıştırmalar	10
2.2.2 Dijital Ortamda Yapılan Çakıştırmalar.....	10
2.2.2.1 Dolphin Imaging Premium Version 11.95	10
2.2.3 Çakıştırma Teknikleri.....	11
2.3 YAPAY ZEKA.....	15
2.3.1 Güçlü Yapay Zeka	15
2.3.2 Zayıf Yapay Zeka	16
2.3.3 Makine Öğrenimi.....	16
2.3.4 Yapay Zekanın Tarihçesi.....	17
2.3.5 Yıllar Boyunca Turing Makinesi.....	17
2.3.6 Sinir Ağları	18
2.3.7 Derin Öğrenme ve Bilişsel Bilim	19
2.3.8 Günlük Hayatta Yapay Zeka	20
2.3.9 Yapay Zeka ile Doğal Zeka Arasındaki Farklar	20
2.3.10 Yapay Zeka Algoritmaları	21
2.3.11 Uzman Sistemler	21
2.3.12 Genetik Algoritmalar	22
2.3.13 Tıp Alanında ve Diş Hekimliğinde Yapay Zekanın Şansı	22
2.3.14 Yapay Zekanın Diş Hekimleri Üzerindeki Etkisi.....	23
2.3.15 Kullanılan Yapay Zeka Programları.....	27

3. GEREÇ VE YÖNTEM	30
3.1 SEFALOMETRİK RADYOGRAFİLER ÜZERİNDE KULLANILAN NOKTALAR VE DÜZLEMLER:	31
3.2 LATERAL SEFALOMETRİK RADYOGRAFİLER ÜZERİNDE YAPILAN ÇAKIŞTIRMALAR:	32
3.3 ÖLÇÜMLERİN STANDARDİZASYONU	39
3.4 İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	39
4.BULGULAR	41
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	51
REFERANSLAR	61
EKLER.....	74



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: SN düzleminde ölçülen noktaların yöntemler arası değerlendirilmesi.....	41
Tablo 4.2: SN düzleminde Dolphin yöntemi ile Facad ve WebCeph yöntemleri arasındaki uyumun değerlendirilmesi.....	43
Tablo 4.3: SN düzleminde Facad ve WebCeph yöntemleri arasındaki uyumun değerlendirilmesi.....	44
Tablo 4.4: POr düzleminde ölçülen noktaların yöntemler arası değerlendirilmesi.....	46
Tablo 4.5: POr düzleminde Dolphin yöntemi ile Facad ve WebCeph yöntemleri arasındaki uyumun değerlendirilmesi.....	48
Tablo 4.6: POr düzleminde Facad ve WebCeph yöntemleri arasındaki uyumun değerlendirilmesi.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: a. Kranyostat, b. Sefalometrik Radyografi Cihazı (Broadbent, 1931).....	3
Şekil 2.2: Çakıştırma (Broadbent, 1931).....	8
Şekil 2.3: Björk'ün çakıştırma yöntemi. (Björk, 1963).....	12
Şekil 2.4: Ricketts'in çakıştırma yöntemi. (a) Pozisyon I. (b) Pozisyon II. (c) Pozisyon III . (d) Pozisyon IV (Ricketts, 1975).....	13
Şekil 2.5: Pancherz'in çakıştırma yöntemi (Pancherz, 1982).....	14
Şekil 2.6: Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı (Maltarollo ve diğerleri, 2013).....	18
Şekil 3.1:Anatomik Landmarklar(Wang ve diğerleri, 2015).....	32
Şekil 3.2: Sella ve Porion noktalarına göre çakıştırma (Broadbent,1931).....	32
Şekil 3.3: Dolphin Programıyla Yapılan Ölçümler.....	35
Şekil 3.4: Dolphin Programıyla Yapılan Çakıştırmalar.....	36
Şekil 3.5: Facad Programıyla Yapılan Çakıştırmalar.....	37
Şekil 3.6: WebCeph Programıyla Yapılan Çakıştırmalar.....	38
Şekil 3.7: Image J programıyla ölçüm yapılması.....	39

KISALTMALAR

S	: Sella
N	: Nasion
P	: Porion
Or	: Orbitale
Pog	: Pogonion
Pog'	: Pogonion yumuşak doku
Ba	: Basion
Go	: Gonion
Me	: Menton
Me'	: Menton yumuşak doku
Pt	: Pterygoid
ANS	: Anterior Nasal Spine
PNS	: Posterior Nasal Spine
SN	: Sella Nasion Doğrusu
POr	: Porion Orbitale Doğrusu
BaN	: Basion Nasion Doğrusu
DPI	: Dots Per Inch
ABO	: Amerikan Ortodonti Kurulu
CC	: Centre of Cranium
PP	: Platal Plane
Pm	: Protuberance menti
OL	: Oklüzal Düzlem
OLp	: Oklüzal Dik Düzlem
FH	: Frankfort Horizontal Doğrusu
AI	: Artificial Intelligence
WHO	: World Health Organisation
MST	: Ortalama Dayanım Süresi
ML	: Machine Learning
A	: A noktası
A'	: A noktası yumuşak doku

B	: B noktası
B'	: B noktası yumuşak doku
U1i	: Üst çene kesici diş kesici kenar
U1r	: Üst çene kesici diş kök ucu
L1i	: Alt çene kesici diş kesici kenar
L1r	: Alt çene kesici diş kök ucu
U6m	: Üst çene 1. Büyük azı dişi mesial kenar
ULd	: Üst çene 1. Büyük azı dişi distal kenar
L6m	: Alt çene 1. Büyük azı dişi mesial kenar
L6d	: Alt çene 1. Büyük azı dişi distal kenar
UL	: Üst dudak
LL	: Alt dudak
ICC	: Intraclass Correlation Coefficient
T1	: Tedavi Öncesi
T2	: Tedavi Sonrası
CNN	: Convolutional Neural Networks
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş hekimliği ve ortodonti alanında teknolojik gelişmeler gün geçtikçe hız kazanmaktadır. Teşhis, tedavi planlaması ve tedavinin prognozu için kullanılan enstrümanlardan bir tanesi radyografilerdir. Periapikal, panoramik, anteroposterior, bite-wing ve lateral sefalometrik radyografiler bunlardan bazılarıdır. Panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler ortodontide en sık kullanılan görüntüleme yöntemleridir. Kraniofasial bölgenin görüntüleri ortodontik tedavi gören hastaların kaydının çok önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Anatomik yapının doğru olarak tekrarlanabilmesi ya da tanımlanabilmesi, ortodontik kayıtlarda ulaşılmaya çalışılan altın standarttır. Anatomik olarak doğruluk ise 3 boyutlu (3B) anatominin canlıda statik ve fonksiyon halinde bulunduğu gibi aktarılabilmesidir. Görüntüleme aygıtları, artikülatörler, çenelerin incelenmesi ve fonksiyonel analizler gibi birçok yöntem anatomik olarak doğruyu gösterebilmek için ortodontik kayıt amaçlı kullanılmaktadırlar. Görüntüleme yöntemi, kraniofasial bölgenin yapısının ölçümü ve kaydı için ortodontistler tarafından en çok kullanılan araçlardan biridir. Geleneksel olarak, ortodontistler arasında, anatomik yapının o anki durumunun kayıt altına alınmasında tercih edilmektedirler. Teknolojik olarak birçok görüntüleme tekniği olmasına rağmen şu an pratikte kullanılan görüntüleme tipi ve standartları, hastaların yararına, ekonomik duruma ve mevcut risklere göre belirlenmektedir. Bu değerlendirmelerden dolayı ortodontistler kraniofasial bölgenin 3B anatomisinin kaydı için rutin olarak bir dizi 2 boyutlu (2B) statik görüntüleme teknikleri kullanırlar. Belirli bölgelerin anatomisinin görüntülenebilmesi için; diş ve çene bölgesinde periapikal ve panoramik röntgenler ve fotoğraflar, temporomandibular eklem bölgesinde tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme, fasiyal iskelet için lateral sefalometrik radyografiler örnek gösterilebilmektedir(Yılmaz ve diğerleri, 2016).

Lateral sefalometrik radyografiler, dişsel veya iskeletsel malformasyon teşhis ve tedavisinden, büyüme ve gelişim tayinlerine kadar birçok alanda ortodontistlere yol gösteren tanı araçlarından bir tanesidir. Farklı zamanlarda alınan lateral sefalometrik radyografilerle, görüntüler üst üste bindirilerek karşılaştırma yapılabilir. Karşılaştırma, tedavinin prognozu açısından ortodontisti yönlendirebildiği gibi, tedavi sonrasıyla alakalı olarak da bilgi verebilmektedir. Sefalometrik karşılaştırma; ortodontik tedaviyle elde edilen değişimlerin

değerlendirilmesi, büyüme yönü tahmini ve takibi ile nüksün değerlendirilmesinde değerli bilgiler sunan bir yöntemdir. Çakıştırmalar total ve lokal (mandibular ve maksiller) olarak değerlendirilmektedir(Rahmanimirshekarlou ve diğerleri,2022).

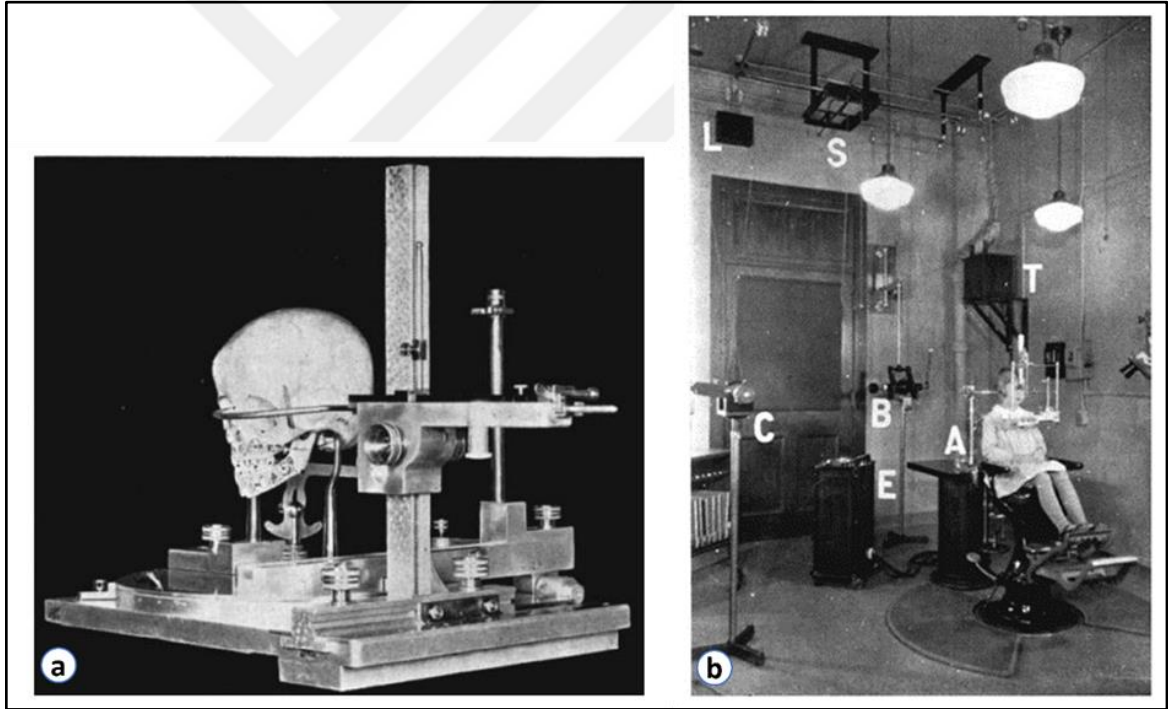
Yapay zeka, teknolojideki son gelişmelerle birlikte hayatın birçok alanında kullanılmaya başlanmış ve kullanımı artacak olan bir kavram haline gelmektedir. Son yıllarda, lateral sefalometrik radyografi çakıştırmalarında da yapay zeka programları kullanılmaya başlanmıştır. Ortodontide lateral sefalometrik radyografiler üzerinde yapay zekâ programlarının kullanılması ortodontistlere radyografik çizimlerin, analizlerin ve çakıştırmaların daha hızlı yapılabilmesine imkan sağlamıştır.

Lateral sefalometrik radyografilerdeki ölçümler; el çizimiyle yapılan ve dijital olarak uygulananlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. El çizimiyle ölçüm yapmak gerek çizim gerekse analiz yapma süreci bakımından oldukça zaman alan bir yöntemdir. Dijital uygulamalar ile ölçüm yapmak ise radyografiler üzerinde yapılan çizim ve analiz işlemlerini hızlandıran bir yöntemdir. Yapılan çalışmalarda daha çok el çizimi ve dijital uygulamalar arasında karşılaştırmalara bakılmıştır (Mahto ve diğerleri, 2022; Saidagzamovich ve diğerleri, 2018). Yapılan literatür araştırmasında yarı otomatik bilgisayar destekli programı ve yapay zeka programları ile yapılan çakıştırmalarının karşılaştırılmasının yapıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasının sıfır hipotezi; WebCeph ve Facad tam otomatik yapay zeka programlarıyla yapılan lateral sefalometrik radyografilerin çakıştırmalarının doğruluğu Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programıyla örtüşmektedir şeklinde belirlenerek literatürdeki çalışma eksikliğinin giderilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 LATERAL SEFALOMETRİK RADYOGRAFİLER

Kafa ve yüzün gelişimi ve araştırılması antropoloji ve anatomi uzmanlarınca kafatasında analizler yapılmasıyla başlamıştır. Kafatasında kemikler üstünde noktalar belirlenerek yapılan analizlere ‘kranyometri’ denilmektedir. Kranyometri için kullanılan alete ‘kranyostat’ denilmektedir (Şekil 2.1.a). Canlı kafatası üstünde palpasyonla oluşturulan kemik noktalarıyla yapılan analize ise ‘sefalometri’ denilmektedir (Athanasίου, 1997). Sefalometri için kullanılan cihaza ‘sefalometrik radyografi cihazı’ denilmektedir (Şekil 2.1.b). Ortodontide ise sefalometri, analitik geometriden faydalanılarak kafatasının anatomik kısımlarının incelenmesi ve tedavinin analizlerinin yapılması olarak tanımlanmıştır (Ricketts ve diğerleri, 1972).



Şekil 2.1: a. Kranyostat (96), b. Sefalometrik Radyografi Cihazı (103) [Broadbent, 1931]

Sefalometrik radyografiler ikiye ayrılmaktadır: i-Lateral sefalometrik ii-Posteroanterior sefalometrik. Kullanım amaçları arasında; morfoloji ve gelişimin tayini, anomalilerin tanısı, maloklüzyon kaynağının dişsel mi, iskeletsel mi olduğunun belirlenmesi, tedavi planlaması

ve sonucunun değeriendirilmesi, dişsel ve kraniyal bölgeler arasındaki ilişkinin gösterilmesi bulunmaktadır(Athanasiou, 1997; Junqueira ve diğeri, 2015; Moyers ve diğeri, 1979).

Posteroanterior sefalometrik radyografiler; transversal planda diş arklarının kemik tabanlarının genişlik yönünden ve açısal yönden ilişkisini, mandibula ve maksillanın genişliğini ve transversal pozisyonunu, bilateral osseoz yapıyı, dişsel yapıların dikey boyutta ilişkilerini analiz etme ve ayrıca dikey ve transversal yüz asimetritlerinin analizini sağlamaktadır (Cortella ve diğeri, 1997; Ricketts, 1981).

Lateral sefalometrik radyografilerle kraniyofasiyal oluşumların ön arka ve dikey yön büyümesi, gelişimi ve tedavilerle oluşan değışiklikler değeriendirilebilmektedir. Alınan lateral sefalometrik radyografilerde anatomik oluşumlardan faydalanılarak noktalar, doğrular ve açılar oluşturulmaktadır. Bu analizler; hastanın ortodontik açıdan tedavi planlaması, tedavi sürecindeki değışimler ve tedavi sonunda çıkan sonuçlar hakkında bilgi vermektedir (Brodie, 1941; McWilliam ve diğeri, 1978; Ricketts, 1981; Shahidi ve diğeri, 2013).

1931'de Broadbent tarafından sefalometrinin piyasaya sürölmesinden bu yana, ortodontik tanı ve tedavi planlamasında ve tedavi ve büyüme değışikliklerinin izlenmesinde rolü hayati olmuştur.(Broadbent, 1931)

Sefalometrinin 1931'de ortodonti literatürüne dahil edilmesinden sonra peş peşe analiz teknikleri geliştirilmiştir. Araştırmacılar kendi isimleriyle anılan sefalometrik analiz tekniklerini oluşturmuşlardır (McNamara, 1984; Sassouni, 1958.; Broadbent, 1931; Downs, 1948; Ricketts, 1960; Steiner, 1953; Tweed, 1946). Sefalometrik ölçümlerle herhangi bir ortodontik anomalinin dişsel mi iskeletsel mi olduğı tespit edilebilmektedir. Sefalometri çoğunlukla subjektif bir klinik muayenenin tersine objektif bir yöntemdir (Cutrera ve diğeri, 2015).Sefalometrinin özelliklerini Ricketts şu şekilde ifade etmektedir;

- i. Maloklüzyonun patolojik, fizyolojik veya anatomik olup olmadığını morfolojik tanımlamayla karakterize etmektedir.
- ii. Farklı hastalarda ya da aynı hastanın farklı yaşlarında (longitudinal veya sectional) kıyaslama yapma olanağı sağlamaktadır.

- iii. Dişsel ve iskeletsel olarak çene, alveol veya dişler düzeyinde farklı anatomik lokasyonları sınıflandırmaktadır.
- iv. Hastaya, hastanın anne babasına ya da diğer hekimlere klinikte belirlenen durumu iletmektedir (Ricketts, 1960; Turhan, 2009.).

Birkaç araştırmacı, lateral sefalometrik radyografiler için analizler tasarlamış ve çeşitli yüz tipleri ve ırklar için sayısal normlar oluşturmuştur.(Ricketts ve diğerleri, 1972; Ricketts, 1981) Bu analizler, her bir lateral sefalometrik radyografide bir dizi landmark ve anatomik düzlem çizilerek oluşturulmaktadır. Açısal ölçümler, belirli düzlemler birleştirilerek ve işaretler arasında doğrular oluşturularak yapılmaktadır. Çakıştırmalar için de kullanılan sefalometrik landmarklar, kullanılan analizin türüne bağlı olarak değişmektedir.

Sefalometrik analizdeki belli başlı hata nedenleri arasında radyografik film magnifikasyonu, çizim ve ölçme hataları, kayıt ve landmark tanımlaması bulunmaktadır. Önceki çalışmalar, landmark tanımlamadaki tutarsızlığın geleneksel sefalometride önemli bir hata kaynağı olduğunu ortaya koymuştur.(Baumrind ve diğerleri, 1971; Cohen , 1986; Houston, 1986)

Bilgisayar bilimindeki hızlı ilerlemeler, sefalometride geniş uygulama alanları sağlamaktadır. Bilgisayar destekli sefalometrik analiz ile veri toplama geleneksel yöntemlere göre daha hızlı olmaktadır. Landmarkları sayısallaştırarak bilgisayar destekli sefalometrik analiz yapmak için birçok sefalometrik program geliştirilmiştir.(Chen ve diğerleri, 2000; Petersson ve diğerleri, 1998)

Lateral sefalometrik radyografilerin ölçümleri birkaç şekilde kullanılabilir:

- i. Olguları türlerine göre sınıflandırmak. (Ör., "high angle" veya "6 derece ANB açısı olan bir olgu vb.").
- ii. Gözlemlenen bir olgunun kabul edilen bazı normlardan ne ölçüde ayrıldığını belirlemek. (Ör., gözlemlenen olgudaki değerlerin Downs, Steiner veya Tweed normlarıyla karşılaştırılması).
- iii. Tedavi sırasında meydana gelen değişikliklerin derecesini belirtmek için (Ör., "mandibular düzlem açısının 3 derece açılması" veya "ANB açısı 4 derece azalması").(Baumrind ve diğerleri, 1971)

2.1.1 El Çizimi Lateral Sefalometrik Radyografiler

Lateral sefalometrik radyografi, kantitatif çalışmalarda ve ortodontik tedavinin etkilerinin kantitatif değeriendirilmesinde en yaygın kullanılan radyografik kayıt türüdür.(Baumrind ve diğeri, 1976)

Ortodontik tedavinin sonraki aşamalarında da lateral sefalometrik radyografiler alınarak tedavinin seyri, final ve tedavi sonrası değeriendirilebilir.(Baumrind ve diğeri, 1976)

2.1.2 Dijital Lateral Sefalometrik Radyografiler

Çeşitli araştırmacılar bilgisayar destekli sefalometrik analiz kullanımını ve lateral sefalometrik radyografilerin dijitalize etme sürecini değeriendirmişlerdir.(Chen ve diğeri, 2000; Geelen ve diğeri, 1998; Macri ve diğeri, 1993; Nimkarn ve diğeri, 1995; Oliver, 1991)

İzlenen adımlar şu şekildedir: X-ray pozı, X-ray pozı yansıtılan bir fotoğraf kağıdı/sefalometrik radyografi, bir fosfor plak veya bir sensör ile ilk adımı oluşturmaktadır. Bir sonraki adım, görüntünün dijital bir resme dönüştürülmesidir. Lateral sefalometrik radyografi bir tarayıcı, bir video veya başka bir cihazla taranır; fosfor plak özel bir tarayıcıyla taranır, dijital bir lateral sefalometrik radyografi ise doğrudan sensör tarafından üretilmektedir. Üçüncü adım, dijital resmi bilgisayara kaydetmektir. Aynı zamanda, inç başına nokta sayısı (DPI, çözünürlük), bitler (gri gölgeler) ve format (kaydetme için kullanılan teknik) gibi farklı parametrelerin belirtilmesi gerekmektedir. Fosfor plak sistemi içinde, çözünürlüğün taramadan ve kaydetmeden önce iki kez belirlenmesi gerekmektedir. Dijital resmin iyileştirilmesi için özel yazılımlar kullanılabilir. Bu son adımdan sonra doğrudan ekrandaki dijital resim üzerinde sefalometrik analiz yapmak veya dijital resmi yazdırarak tekrar analog lateral sefalometrik radyografiye dönüştürmek mümkündür (Chen ve diğeri, 2000; Geelen ve diğeri, 1998; Macri ve diğeri, 1993; Nimkarn ve diğeri, 1995; Oliver, 1991; Ongkosuwito ve diğeri, 2002).

2.1.3 Anatomik Landmarklar

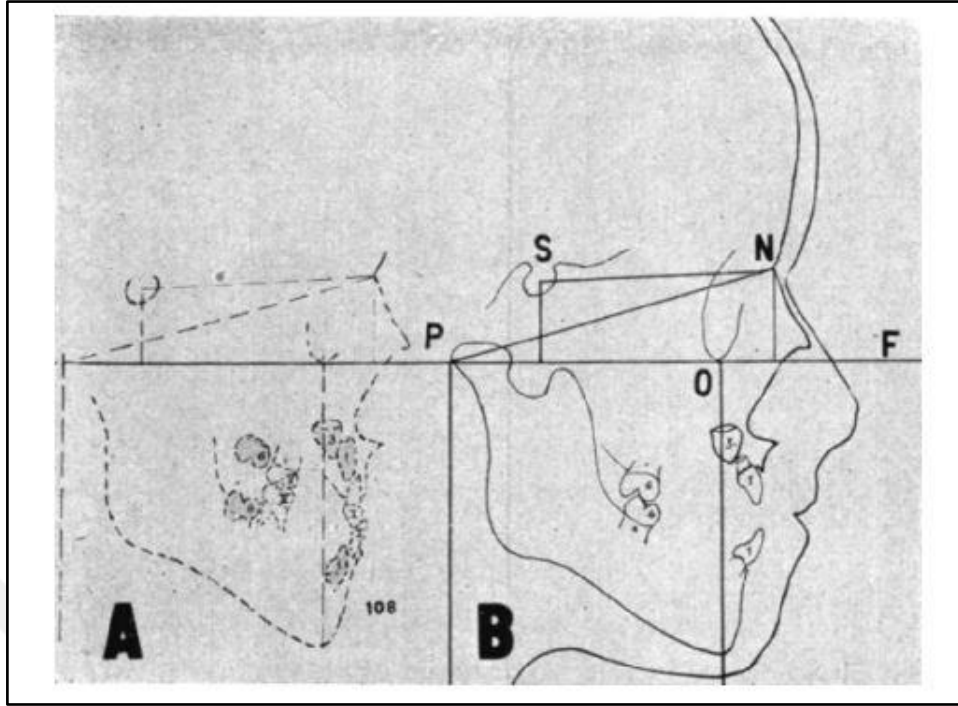
Lateral sefalometrik radyografilerin gelişimiyle birlikte, ölçümler ve analizler için seri bir çalışmada radyografilerin çakıştırması amaçlı landmark olarak kullanılabilecek bir dizi nokta, düzlem ve çizginin tanımlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır.(Salzmann, 1966)

Çok sayıda anteroposterior çizgi ve düzlem tanımlanmıştır. Bunların çoğu, ya ölçümler için temel çizgiler olarak kullanılan ya da çakıştırması yapılan radyografilerin kaydı için uygun olan geometrik yapılardır; diğerleri anatomik ana hatlardır ve yalnızca çakıştırma için kullanılabilmektedir.(Salzmann, 1966)

2.2 ÇAKIŞTIRMA

Lateral sefalometrik radyografi sadece tanı için değil ortodontik tedavinin değerlendirilmesi için de önemlidir. Çoğu durumda, lateral sefalometrik radyografi olmadan da yeterli ortodontik tanı konulabilmektedir. Bununla birlikte, bir hastanın tedaviye ve / veya büyüme değişikliklerine tepkisini seri lateral sefalometrik radyografiler ile karşılaştırmadan doğru bir şekilde değerlendirmek pratik olarak imkansızdır.(You ve diğerleri, 1999)

Tedavi yanıtı ve / veya büyüme değişiklikleri, göreceli sabit landmarklar veya bölgesel konturlar üzerinde seri çizimlerin çakıştırması ile ölçülmektedir.(You ve diğerleri, 1999)Graber, 1994) (Şekil 2.2.)



Şekil 2.2: Çakıştırma (109) [Broadbent, 1931]

Büyüme ve mekanoterapi, ortodontik tedavinin sonucuna farklı derecelerde katkıda bulunmaktadır. Ortodontik tedavinin neden olduğu dentofasiyal değişiklikleri, büyümekte olan bir hastada; büyüme ve gelişim sonucunda olan değişikliklerden ayırt etmek, mevcut teknolojiler kullanılarak neredeyse imkansızdır. Sefalometrik çakıştırmalar, büyüme ve mekanoterapinin kombine etkilerini göstermektedir. Birinin veya diğerinin herhangi bir olası katkısını ayırt etmek mümkün değildir, ancak mantıklı sonuçlar, belirli koşullar altında büyüme ve ortodontik tedavi potansiyeli hakkındaki genel bilgilere ulaşmamızı sağlamaktadır.

Rejyonel sefalometrik çakıştırmalar iskeletsel ve dentoalveolar gelişimin üç temel bileşenini değerlendirmek için gerçekleştirilmektedir:

- i. Maksiller yüz değişiklikleri,
- ii. Mandibular yüz değişiklikleri,
- iii. Genel yüz değişiklikleri.

Bu amaçla, çakıştırma yöntemlerinde, konumsal değişiklikleri değerlendirmek için kraniyal taban, maksilla ve mandibulada yer alan nispeten stabil yapılar kullanılmaktadır. Tedavi sonrası değerlendirmenin evrensel rejimi aşağıdakileri içermektedir:

- i. Kabul edilen birkaç yöntemden birini izleyerek kraniyal tabanda çakıştırma, yüz kemiklerinin kraniyal yapılardan uzağa hareketi hakkında bilgi vermektedir. n kraniyal tabanın üzerine yapılabilen en uygun çakıştırma tekniği, bu anatomiye çizgiler halinde basitleştiren diğer yöntemlerin aksine (sella nasion (SN), basion nasion (BaN)), kolaylıkla tanımlanabilen anatomik yapıları kullanılmaktadır. Bu noktaları birbirine bağlayan çizgiler, (zellikle nasion (N) ve basionu (B) birbirine bağlayan) belirli landmarkların yeniden retilbilirliği, tanımlama hatası ve büyümenin etkisinden etkilenmektedir.
- ii. Maksiller yapılar üzerinde yapılan çakıştırma, ortodontik tedavi ve büyüme sırasında maksiller dentoalveolar kompleksteki değişiklikleri değerlendirmek için kullanılabilmektedir.
- iii. Nispeten stabil anatomik yapılar üzerindeki mandibular çakıştırma, dentoalveolar değişiklikleri değerlendirmek için kullanılabilmektedir.(Efstratiadis ve diğerleri, 1999)

Amerikan Ortodonti Kurulu (ABO), board sertifikasyonunun III. aşaması da benzer çakıştırma gerekliliklerini içermektedir. (ABO 2004) Adayın el kitabı, aşağıdaki 3 kompozit çizimin yapılması gerektiğini belirtmektedir.

- i. Kraniyofasiyal kompozit: Genel büyümeyi ve tedavi değişikliklerini değerlendirmek için n kraniyal taban kemik yapılarına (planum sfenoidum, cribriform plaka, sfenoid kemiğin büyük kanadı) en iyi uyan sella noktası (S) zerine kayıt yapılmaktadır.
- ii. Maksiller kompozit: Damağın lingual kurvatrn ve maksiller diş hareketini değerlendirmek için maksiller kemik yapılarına en iyi uyum kaydedilmektedir.
- iii. Mandibular kompozit: Mandibular diş hareketini ve mandibulanın artan büyümesini değerlendirmek için mandibular kanala en iyi uyan simfizinin internal kortikal hatlarına kayıt yapılmaktadır.(Roden-Johnson ve diğerleri, 2008)

2.2.1 El Çizimi Yapılan Çakıştırmalar

Hata, çizimlerin çakıştırması ile ilişkilidir ve bu hata öncelikle çizimi yapan ortodontistin stabil yapılar üzerine çakıştırma yeteneği ile ilgilidir. Çakıştırmanın en doğru yolu Björk tarafından tanımlanan implant yöntemidir.(Björk, 1955; Björk, 1963) Björk maksilla ve mandibula yüzeyindeki modelleme ve yeniden modelleme değişikliklerine göre stabil olan referans ölçüm çerçeveleri oluşturmak için, büyüme ve gelişimi devam eden hastaların çenelerine işaretleyici olarak metal implant yerleştirme yöntemine öncülük etmiştir. Bu markerların birbirleriyle sürekli bir ilişkiyi sürdürdükleri ölçüde, çenelerin birbirini izleyen zamanlarda radyografik görüntülerinin çakıştırmaları yapılmaktadır, böylece gelişimsel veya tedavi değişikliklerinin sürekli değişen kemik yüzeyine referans olmadan ölçülmesine izin verilmektedir. Bu tür bir ölçüm, araştırmada çok değerlidir ancak ortodontistlerin klinikte hastaların büyümesini veya tedavisini izlemek için kullanması pratik değildir.

2.2.2 Dijital Ortamda Yapılan Çakıştırmalar

Radyografik teknolojiye son gelişmeler, güvenilir dijital lateral sefalometrik radyografi ve panoramik radyografilerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu yöntemin ortodontist ve hasta bakımından birçok avantajı vardır. Bunlar arasında iletim, depolama, görüntülerin iyileştirilmesi, hastalar için daha az radyasyon maruziyeti ve otomatik sefalometrik analiz potansiyeli bulunmaktadır. Teleradyoloji, birkaç klinikte çalışan ortodontiste fayda sağlar çünkü bu teknoloji, internet aracılığıyla herhangi bir noktadan radyografilere erişime izin vermektedir. Dijital görüntüler lateral sefalometrik radyografilerin daha verimli arşivlenmesine izin verir çünkü fiziksel olarak depolanmaları gerekmemektedir. Bununla birlikte, dijital görüntüler çok fazla dijital bellek kullanır, bu nedenle bu görev için belirlenen bilgisayar daha yüksek kapasiteli bir hard disk kullanımı gerektirmektedir.(Forsyth ve diğerleri, 1996)

Dijital ortamda çakıştırma yapan Dolphin programı bu çalışmada kullanılmıştır.

2.2.2.1 Dolphin Imaging Premium Version 11.95

Dr. Marc Lemchen öncülüğünde kurulan Dolphin şirketi 1995 yılında sefalometrik çizim yazılımını sunmuştur ve bu yazılım belirli aralıklarla yapılan güncellemelerle geliştirilerek 2019 yılında Dolphin Imaging Premium 11.95 sürümü kullanılmaya başlanmıştır ([Dolphin

Imaging&Management Solutions], n.d.)(“Dolphin İmaging”, t.y.). Bu yazılım ile lateral sefalometrik radyografiler analiz edilebilmekte ve tedavi sürecinin akıştırılmaları el çizimiyle yapılan akıştırılmalara nazaran hızlı ve doğru bir şekilde yapılabilir. Lateral analizler; Ricketts. McNamara, Steiner (Tweed), Jarabak, Roth, Sassouni, McLaughlin, DownSNorthwestern, Björk, Alexander (Vari-Simplex), Holdaway, Alabama, Burstone, Gerety ve diğer birçok varyasyonu içermektedir. Frontal analizler; Ricketts, Van Arsdale, Grummons ve Basitleştirilmiş Grummons’u içermektedir. Ark analizi, Bolton ve Schwarz analizlerinden oluşmaktadır.

Bu yazılım ile hastanın lateral fotoğrafının veya radyografik görüntülerinin üzerinde noktalar kolayca belirlenebilmektedir. S’da SN, P’da Frankfort, ANS-PNS’de N-Pg, Centre of cranium (CC)’da N-Ba, ANS’de ANS-PNS, ANS’de Go-Me gibi standart st üste çakıştırma referanslarıyla farklı zamanlarda Çakıştırmalar yapılabilir. Çoklu akıştırmalar, 5 parçalı Ricketts akıştırması ve serbest formlu çakıştırma yapılabilir. ([Dolphin Ceph Tracing], n.d.)(“Dolphin Tracing”, t.y.).

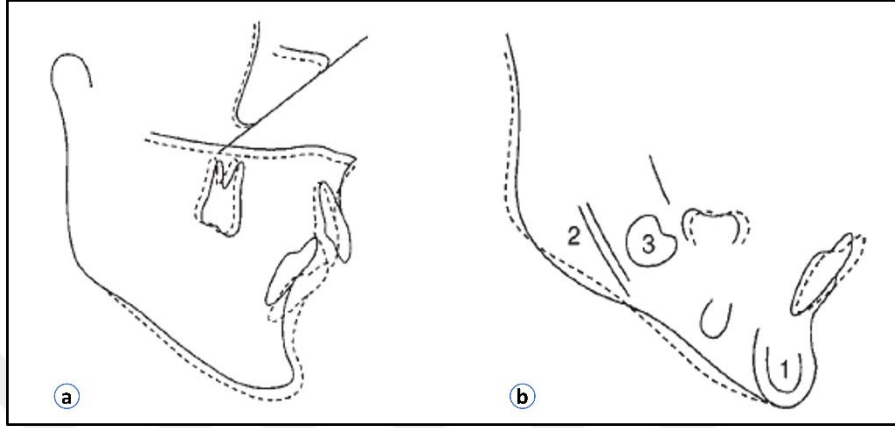
2.2.3 akıştırma Teknikleri

Hem büyüme hem de ortodontik ortopedik tedavilerle ilgili değişiklikler, kafa tabanında seri sefalometrik radyografilerin çakıştırması ile değerlendirilmektedir. Kafa tabanının anatomik yapıları üzerindeki Çakıştırmalar oldukça güvenilirdir.(Baumrind ve diğerleri, 1976.; Bjork ve diğerleri, 1983; Buschang ve diğerleri, 1986; Ghafari ve diğerleri, 1987; Steuer ve diğerleri, 1972)

Bununla birlikte, bu tür çakıştırma için yüksek kaliteli filmler gereklidir ve bu, yapısal yöntemin uygulanmasını sınırlamaktadır. Bu nedenle, Steiner(Steiner, 1959) ve Ricketts (Jacobson, 1995)tarafından önerilenler gibi geleneksel çakıştırma yöntemleri hala kullanılmaktadır.

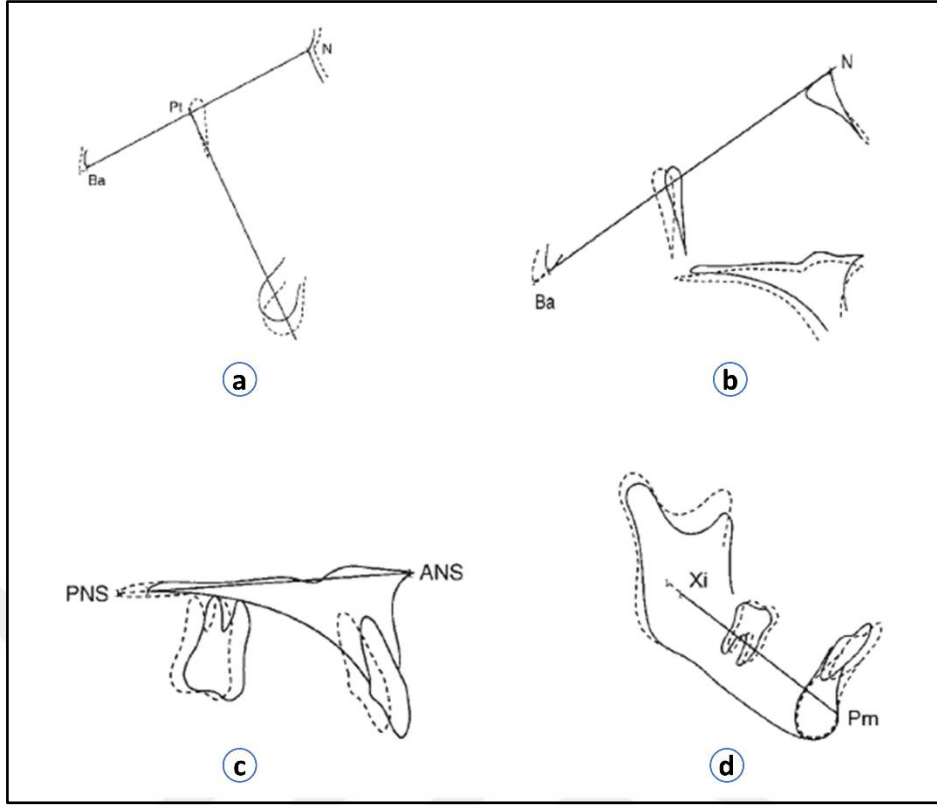
Björk’n yöntemi (Björk ve diğerleri, 1977; Björk, 1963) bir dizi implant çalışmasının sonuçlarına dayanmaktadır. Björk ve diğerleri (1977), zigomatik çıkıntının n yüzeyinin büyüme sırasında değişmeden kaldığı sonucuna varmıştır. Bu yapı üzerinde iskeletin yeniden şekillenmesi ile maksiller iskelet, diş ve mandibular iskelet değişikliklerini tespit etmek için kullanılabilmektedir (şekil 2.3.a.). Başka bir çalışmada (Björk, 1963),

mandibular diş değişikliklerinin, lateral sefalometrik radyografilerin kararlı doğal referans yapıları üzerine bindirilmesiyle daha iyi saptandığı sonucuna varmıştır: (i) simfizinin alt sınırının iç kortikal yapısı; (ii) mandibular kanalın detaylı yapıları; (iii) kök gelişimi başlamadan önce üçüncü molar diş tomurcuğunun alt konturu (Şekil 2.3.b.).



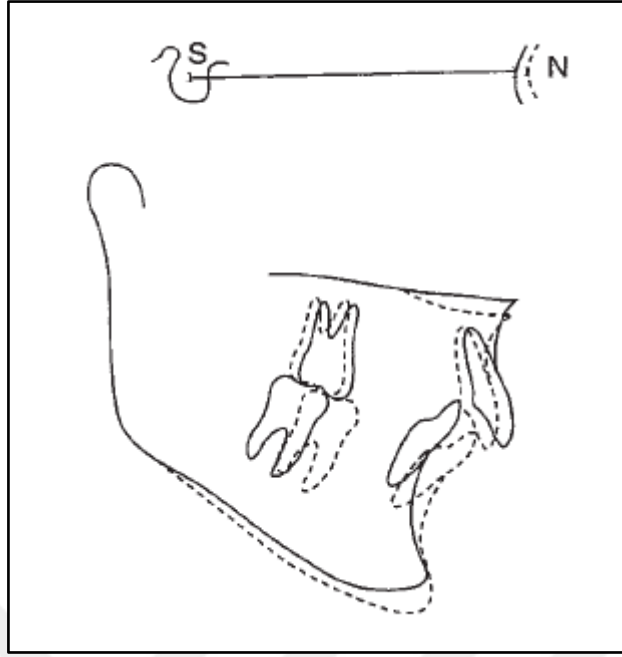
Şekil 2.3: Björk'ün çakıştırma yöntemi. [Björk, 1963]

Ricketts' yöntemi (Ricketts, 1975) ortodontik tedaviyi değerlendirmek için dört adımdan oluşmaktadır. Pozisyon I ve II, mandibular ve maksiller iskelet değişikliklerini göstermek için kullanılır, lateral sefalometrik radyografiler sırasıyla Pt ve N'de BaN üzerine bindirilir (Şekil 2.4. a,b) Pozisyon III ve IV, maksiller ve mandibular dental değişiklikleri göstermek için kullanılır, sırasıyla ANS, PP ve Pm'de korpus ekseninde çakıştırmalar yapılır (Şekil 2.4. c,d)



Şekil 2.4: Ricketts'in karşılaştırma yöntemi. (a) Pozisyon I. (b) Pozisyon II. (c) Pozisyon III (d) Pozisyon IV [Ricketts, 1975]

Pancherz'in yöntemi (Pancherz, 1982) sagittal iskelet ve diş değişikliklerini kantitatif olarak değerlendirmek için kullanılabilmektedir. Oklüzal düzlem (OL) ve dik düzlemi (OLp) ile ilk lateral sefalometrik radyografideki S noktası aracılığıyla bir referans düzlemi oluşturulur. S'de SN (Şekil 2.5.). Maksiller ve mandibular iskelet değişiklikleri, ilk OL düzlemi boyunca temsili yer işaretlerinin OLp'ye hareketinden ölçülür. Maksiller ve mandibular diş değişiklikleri, diş işaretlerinin OL düzlemi boyunca ilgili iskelet temellerinin hareketini çıkararak OLp'ye hareketinden elde edilir.



Şekil 2.5: Pancherz'in çakıştırma yöntemi [Pancherz, 1982]

Bjork'un yapısal çakıştırma yöntemi (yöntem A)- Lateral sefalometrik radyografilerin çakıştırmasında kraniyal taban referans yapıları kullanılmıştır. Bu anatomik referans yapıları; sella tursica ön duvarının konturları, medyan kraniyal fossanın ön konturları, S'nin ön konturunun kesişimi ve tuberculum sella, frontal kemiğin iç yüzeyi, cribriform plakanın konturları, bilateral frontoetmoidal kreterin konturları ve orbital tavanların serebral yüzeylerinin medyan sınırının konturu. Björk ve Skieller tarafından açıklanan çakıştırmayı kontrol etmek için frontoparietal sütür, oksipital kemik ve pterygomaksiller noktaların değişiklikleri kontrol edilmiştir.

Steiner yöntemi (yöntem B)- Tüm dentofasiyal yüzey değişikliğini değerlendirmenin en yaygın kabul gören ve en geleneksel yöntemi, SN hattında iki seri çizimin S noktası üzerinde çakıştırmasını içermektedir.(Steiner, 1959)

Ricketts yöntemi (yöntem C)- Ricketts'e göre, yüz büyümesindeki genel değişiklikler, pterygomaksiller fissür (Pt) ün posterosuperior tarafında BaN çizgisi boyunca çakıştırmada gözlemlenebilmektedir.(Jacobson, 1995)

2.3 YAPAY ZEKA

Yapay zeka (Artificial Intelligence, AI); problem çözme, nesne ve kelime tanıma ve karar verme gibi fonksiyonları, neden verme ve gerçekleştirme yeteneğini veren algoritmaların incelenmesi olarak tanımlanmıştır.(Hashimoto ve diğerleri, 2020)

Yapay zeka, akıllı ajanlar tasarlama çalışmasıyla ilgili bilgisayar biliminin bir alt alanıdır. Farklı tipte sensörler çevreyi algılar ve akıllı ajan, hareketi yönlendiren makine bileşenleri olan aktüatörlerle bu algılar üzerinde hareket etmektedir. Akıllı araçta yerleşik olarak bulunan performans ölçüleri, belirli bir algı için mümkün olan en iyi hareket tarzını belirlemesine izin vermektedir. Bir makine, ardışık yinelenmelerde öğrenme ve performansı artırma yeteneği aracılığıyla zekayı göstermektedir (Pethani, 2021).

2.3.1 Güçlü Yapay Zeka

Şu anda terimin kapsadığı tüm anlam aralığını bölen iki alt kavram vardır.

Güçlü ve zayıf AI kavramlarının bir arada bulunması, ilk etapta AI tanımlarına hakim olan matematik ve mühendislik kavramlarının sınırlarının tanınmasının bir sonucu olarak görülebilmektedir.

AI terimi ortaya çıktığında, doğal olmayan, yapay donanım ve güçlü AI anlamına gelen yazılım yapıları aracılığıyla insan zekasıyla aynı şekilde çalışan bir sistem anlamına gelmekteydi.

Güçlü AI Kavramı, önce zeka tanımının ayarlanması/değiştirilmesini gerektirmektedir. Burada zeka, "belirsiz bir ortamda uygun şekilde hareket edebilen bir sistemin kapasitesi" olarak tanımlanmaktadır.(Albus, 1991)

Bu tanımın bakış açısına göre; insan zekası bazen kusurludur, ancak genel olarak, doğal zekanın en yaygın, belirsiz ortamlarla başa çıkma yeteneğine sahiptir. AI, aynı zamanda yapay genel zeka olarak da adlandırılır; burada "genel", belirsiz bir ortamla başa çıkmak için evrensel bir yeteneğe sahip zekayı belirtmektedir. İnsan zekası gibi işleyebilmek ve insan aklının yerine geçebilmek için bir öncül gerekmektedir. Buradaki öncül, insan zekasının tamamen bilgisayar ortamında sayısallaştırılabilen bir yapıya sahip olmasıdır.(Zackova, 2015)

Bir kişinin her düşüncesi, açık bir şekilde sentezlenmiş koşullu ve önermeli mantıklı bir şekilde uygulanıyorsa o zaman, prensipte bir bilgisayar, bir kişinin zihnini tamamen değiştirme potansiyeline sahiptir. Başka bir deyişle, bilgisayar makinesi nesneyi özerk ve aktif bir şekilde tanıma ve "anlama" aşamasına bilinçli olarak ulaşabilmektedir.(Hung ve diğerleri, 2020)

2.3.2 Zayıf Yapay Zeka

Zayıf yapay zeka ise, güçlü zeka tarafından beklenen ve amaçlanan insan zekasının mantıksız küçültme ve yeniden üretme girişimini reddeden, hesaplamanın doğasında bulunan bilişsel ve yargılayıcı bir sistem inşa etmeyi amaçlayan bir kavramdır.

Zayıf AI, zekanın bir insanın gerçekleştirebileceği entelektüel faaliyetleri verimli bir şekilde yürütmek için çalıştığı bazı tıbbi ve mantıksal mekanizmalardan yararlandığı bir sistem anlamına gelmektedir.(Zackova, 2015)

Zayıf yapay zekanın tanımı, bilgi işlem uygulamasının temelden farklı olduğu kabul edilerek gerçekleştirilmektedir. Bir kişinin zekası, istenen işlevsel bir sistemi elde etmek için kapsamlı insan zekasını uygulamak için gerekli olmayan zayıf AI gelişimine öncülük edenlerin temel bir kuralıdır. İlk etapta, güçlü AI kavramına dayalı olarak AI uygulama girişimleri başlamıştır. Bu, İngiliz matematikçi Alan Turing'in 1936'da önerdiği evrensel Turing makinesinin kavramsal projesinden türetilmiştir.(Copeland ve diğerleri, 1999) Evrensel Turing makinesi, matematiksel olarak çözülebilen tüm problemleri çözebilen sanal bir makinedir.

Tüm problem çözme süreçleri, matematiksel formüllere dahil edilebilecek bir forma indirgenebilirse, nispeten basit hesaplama biçimlerini gerçekleştirebilen bir bilgisayar makinesi bile tüm problemleri uygun davranışsal komutlarla çözebilir. İhtiyaç duyulan şey, son derece karmaşık problemler için bile, analiz edilecek ve çeşitli basitleştirilmiş davranışsal komutlarla doldurulacak sonsuz miktarda depolamadır.(Pradhan, 2015)

2.3.3 Makine Öğrenimi

Makine öğreniminin temel kavramı aynı zamanda, güçlü AI uygulama olarak benimsenen zeka tanımına da dayanmaktadır. Yapay sinir ağlarının ve makine öğreniminin

kavramsallaştırılmasında, bunların Kantçı aşkınlık kavramı temelinde planlandığını belirtmek önemlidir. Kant'a göre insan zekası, öncelik verdiği kategorilerle elde edilen duyuşsal verileri sentezleme yeteneğine sahiptir.(Kant, 1956) Bunun, bir yapay sinir ağına hazırlık olarak önceden belirlenmiş bir problem çözme ve öğrenme algoritmasına göre, belirli bir tanıma sensörü veya giriş aracı aracılığıyla elde edilen verileri işleme yeteneğine karşılık geldiği söylenebilir.(Park, 2018)

2.3.4 Yapay Zekanın Tarihçesi

Yapay zekanın formülasyon, araştırma ve geliştirme tarihinde birçok iç kaynak vardır. Burada birincil endişe, aralarında güçlü AI ve zayıf AI'nın tarihi olan iki tarihsel koldur. Her ne kadar iki tarihi kol gerçekten ayrılmaz bir şekilde ilişkili olsa da aralarındaki ayrıma odaklanan bir tarihsel incelemenin AI'nın genel tarihini daha sistematik bir şekilde yansıtmada faydalı olacağına inanılmaktadır. Aristoteles, insan düşüncesinin yerini alabilecek makinelerin ortaya çıkışına ilişkin doğrudan bir görüş önermemiştir. Bununla birlikte, insanın düşünme yöntemini kıyas merkezli bir mantık biçimi olarak tanımlama girişimi, o zamandan beri bilgisayarın insan düşünce mekanizmalarının yerini tamamen alabileceğine dair bir inanç kaynağı haline gelmiştir.(Perlovsky, 2010)

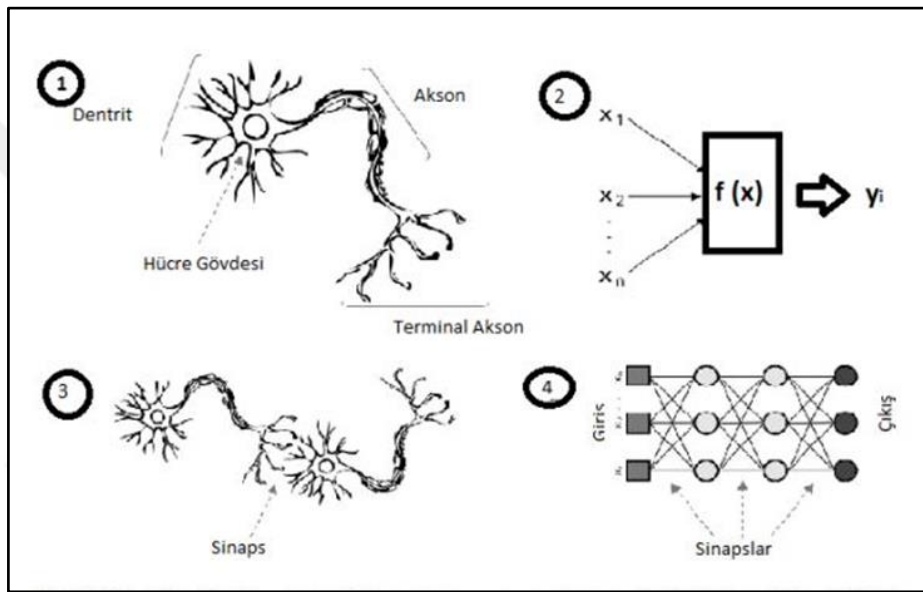
2.3.5 Yıllar Boyunca Turing Makinesi

Evrensel Turing makinesi projesi, modern AI konseptinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Turing, 1950'de taklit oyunu veya Turing Testi kavramını tanıtmıştır.(Turing, 2009) Bir kişi, temasının AI olduğunu bilmiyorsa ve bir konuşma yaparken başka biriyle mi yoksa AI ile mi konuştuğunu bilmiyorsa, AI kişinin zeka seviyesine ulaşmıştır. Taklit oyununun anlamı budur denmektedir. Ağustos 1955'te, "AI" kişisi terimi, esas olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde çağdaş AI üzerine yapılan çalışmalarda öncü rol oynayan personel tarafından benimsenmiş ve kullanılmıştır. Dartmouth Üniversitesi'nden John McCarthy, Harvard Üniversitesi'nden Marvin Minsky, IBM'den Nathaniel Rochester ve Bell Telefon Enstitüsü'nden Claude Shannon, atölye çalışmaları aracılığıyla bu terimi tanıtmıştır. 1956 yılının Temmuz ve Ağustos aylarında düzenledikleri ve ertesi yıl düzenledikleri çalıştaylar, kavramsal projenin ciddi anlamda tek bir akademik alan olarak geliştirildiği etkinlikler olarak kabul edilmektedir. (Kline, 2010) Şu anda, bilim adamlarının çoğu AI'yı güçlü AI olarak düşünmektedir. Bununla birlikte AI'nın öncülerinden bazıları,

Turing evrensel makinelerinin aradığı şeyle ilgili ideallerdeki zayıf noktaların farkına varmış ve ilk günlerden itibaren zayıf AI'ı uygulamaya yönelik araştırmalar yürütmüştür.(Park, 2018)

2.3.6 Sinir Ağları

1943'te Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından, insan beynini taklit etmenin bir yolu olarak sinir ağlarını öneren bir makale yayınlanmıştır.(Mcculloch ve diğerleri, 1990).(Şekil2.6.)



Şekil 2.6: Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı (28) [Maltarollo ve diğerleri, 2013]

1951'de Minsky ve Dean Edmunds, tarihteki ilk sinir ağı olarak kabul edilen stokastik sinirsel analog güçlendirme hesaplayıcısını geliştirmiştir.(Poulton, 2001) 1955'te Allen Newell ve Herbert Simon, tarihteki ilk yapay zeka programlarını geliştirmiştir.(Newell ve diğerleri, 1976) Logic Theorist adlı program, Whitehead ve Russell'ın birlikte yazdığı bir çalışma olan Principia Mathematica'nın ilk 52 aksiyomunun 38'ini kanıtlamıştır.(Nilsson, 2010)

Güçlü yapay zekanın uygulanmasına yönelik beklentiler belirsiz olsa da yapay sinir ağı inşası yoluyla zayıf yapay zekanın evrimi devam etmiştir. 1959'da Arthur Samuel, "makine öğrenimi" terimini tanıtarak zayıf yapay zeka geliştiricilerini hızlandırmıştır.(Bowling ve diğerleri, 2006)

1965'te, güçlü yapay zekanın temel sorunlarına işaret etmek için art arda anlamlı araştırmalar yapılmıştır. Hubert Dreyfus kitabında, insanın zihninde bilgisayarların ulaşamayacağı şekilde çalışan bir alan olduğunu vurgulamıştır. (Dreyfus, 1965) Joseph Weizenbaum, Turing'in taklit oyununun yanılsamasını ortaya çıkaran ELIZA adlı bir yapay zeka programı geliştirmiştir.(Bierstedt, 1976) ELIZA, insanların makinelerle İngilizce iletişim kurmasını sağlayan bir yapay zeka programıdır. Programın çalışmasıyla ilgili deneyler yoluyla makinenin, iletişimdeki kişi hakkında herhangi bir özel bilinç veya derin anlayış olmaksızın insanlarla yüzeysel bir düzeyde iletişim kurmak için kullanılabileceği gösterilmiştir. Bir taklit oyununun kurulabilmesinin nedeninin, tüm insan zihninin bilgisayarla aynı şekilde gerçekleştirilmesi değil, oyuna katılanların zihinlerinin diyalog halinde makine ile duygusal olarak özümsemesi olduğu öne sürülmüştür.(Weizenbaum, 1966)

2.3.7 Derin Öğrenme ve Bilişsel Bilim

O zamandan beri, araştırma ve geliştirmenin hakimiyeti zayıf yapay zekayı uygulamaya odaklanmış ve bu eğilim 1969'da geri yayılım algoritmasını geliştirerek, günümüzün derin öğrenmesinin uygulanmasına belirleyici bir katkı sağlayan Arthur Bryson ve Yu-Chi Ho tarafından hızlandırılmıştır.(Ho ve diğerleri, 1965) Bu geri yayılım algoritması, önermesel ve sembolik bir şekilde uygulanan ve yapay zekanın kendi kendini yürütme algoritmasını geliştirmek için tasarlanan yapay zeka yürütme sonucunu iyileştirmek için kısmi bir türev yaklaşımı kullanmaktadır.(Bryson ve diğerleri, 1975) Yapay zeka, makine öğrenimi kavramı aracılığıyla Turing testi uygulaması ve matematiksel ve mantıksal doğrulama için kullanılan aşamadan gerçek hayattaki kullanımın üst düzeyine geçmektedir.(Park, 2018)

1972'de, uzman olmayanların belirli bir alandaki uzman bilgilerini düzenleyerek ve işleyerek bilgiyi kullanmalarını sağlayan bir sistem olan erken uzman sistem ortaya çıkmıştır.(Jackson, 1986) Geliştirilen uzman sistem MYCIN, Stanford Üniversitesi'nde geliştirilmiş olup, ciddi enfeksiyonlara neden olan bakterileri tespit etmek ve bunlara uygun antibiyotikler sunmak amacıyla tasarlanmıştır.(Shortliffe ve diğerleri, 1975a, 1975b) İlk uzman sistemin uygulamasının tıp alanına odaklanmış olması, tıp alanında yapay zekanın yüksek kullanımını yansıtmaktadır.(Zhu ve diğerleri, 2018)

Güçlü yapay zeka uygulama beklentileri tamamen ortadan kalkmamış olsa da yapay zeka araştırmaları artık yalnızca zayıf yapay zeka ile önemli bir performans seviyesi kazanmakta

ve baskın beklenti, bu durumun öngörülebilir gelecekte devam edeceği yönünde olmuştur.(Bowling ve diğerleri, 2006)

Bununla birlikte, insanları taklit etmeyi amaçlayan yapay zeka araştırması, bilişsel bilimin yeni disiplinlerinin öncülüğünü teşvik etmeye büyük katkıda bulunmuştur. Bilişsel bilim, mevcut felsefi epistemolojiye ve psikolojinin yansımasına dayalı olarak ve yapay zeka araştırması tarafından sunulan çeşitli bilgisayar dilleri ve kavramları aracılığıyla insanların zihinlerinin nasıl çalıştığını incelemektedir.(Forbus, 2010) Yapay zeka ve bilişsel bilim, akademik ilgiler açısından açık bir fark gösterse de, güçlü bir yapay zeka konusunda güçlü bir kamuoyu farkındalığı oluşturulduğunda; insan zihnini bir bilgisayar dili ve kavramı olarak açıklamaya çalışan bilişsel bilim, doğal olarak kamuoyunun dikkatini çekmektedir.(Park, 2018)

2.3.8 Günlük Hayatta Yapay Zeka

Yapay zekanın uygulanması, modern insan yaşamının her alanında yaygın olan bir gerçeklik haline gelmektedir. 21. yüzyılın ilk yıllarında, yapay zeka kullanımı bir dereceye kadar sınırlı olmuştur. Son yirmi yılda yapılan yapay zeka araştırmalarının gelişimi ise takdire şayan olmuştur. Günümüzde dijital veya mobil cihazları içeren sıradan veya profesyonel faaliyetlerde yapay zekanın hiç kullanılmadığı bir yer bulmak zor hale gelmiştir. Bunun mümkün olabilmesi için de makine yürütümü kesinlikle gerekmektedir. Bu nedenle, yapay zekanın genel eğilimi göz önüne alındığında, yapay zekanın günlük yaşamda kullanımını anlamak faydalı olacaktır.(Park, 2018)

2.3.9 Yapay Zeka ile Doğal Zeka Arasındaki Farklar

- a. Yapay zeka sistemleri insanları taklit edebilir, fakat insanı tümüyle taklit etmede yeterli olamamaktadır. Bu sebeple, sorunla karşılaşıldığında verdiği tepkiler tutarlıdır. Doğal zekaysa karşılaştığı durum ve çevre şartları neyse ona göre karar vermektedir. Verdiği tepkiler, sorunlar aynı olsa bile farklı olabilmektedir.
- b. Yapay zekanın kalıcılığı daha fazladır, bilgiler bilgisayarın hafızasından silinmediği sürece unutulmamaktadır. Doğal zekada ise süreç içinde kişiden kişiye değişebilir veya kişilerin bilgi birikimleri değişkendir ve aynı zamanda unutulabilmektedir.

- c. Yapay zeka sistemlerinde bilgilerin kopyalanıp fazla sayıda insana aktarılması daha kolay olmaktadır. Doğal zekada ise bilgilerin kişiler arasında yayılması için daha uzun bir süreç gerektirmektedir.
- d. Yapay zeka düşük maliyetlidir. Bilgisayarların kullanılması, kişilerin eğitilmesinden daha ucuza mal olmaktadır.
- e. Yapay zeka sistemlerinde bilgiler bilgisayarlarda depolandığı için bilgilerin raporlanması ve belgelenmesi daha kolay olmaktadır. Doğal zekada ise bilgilerin tekrarı, raporlanması ve belgelenmesi çok daha zor olmaktadır.
- f. Yapay zekada sistemdeki bütün yaratıcılık kişiye bağlı olduğundan yaratıcı değildir ve gelenekseldir. Bilgiye ulaşma yeteneği insanın doğasında olan bir özelliktir. Bundan dolayı doğal zeka aktif, üretken ve yaratıcıdır.
- g. Yapay zekanın tecrübesi kendisine aktarılan ve öğretilen bilgiler kadardır. Daha önce karşılaşmayan durumlara verdiği yanıt yetersiz kalmaktadır. Doğal zekada ise, insan duyularıyla öğrendiği tecrübelerle hiç karşılaşmadığı durumlarda bile gerekli yanıt verebilmektedir. Doğal zeka; bireyin muhakeme özelliğini, problemleri çözmedeki deneyimlerini karşılaştığı duruma göre anında kullanma yeteneğidir (Cross, 1998; Nabyev, 2012; Pandl ve diğerleri, 2020; Shabbir ve diğerleri, 2018).

2.3.10 Yapay Zeka Algoritmaları

Yapay zeka, hesaplama yapma yöntemiyle psikolojiden; algılama, akıl yürütme, harekete geçme yeteneğiyle de bilgisayar bilimlerinden ayrılmaktadır. Yapay zekayla daha işlevsel ve akıl yürütme kabiliyeti olan makineler oluşmaktadır. Yapay sinir ağının yardımıyla bilimsel varsayımlar üzerinden çalışmaktadır. Çağımızda yapay zeka teknolojileri, birçok alanda pratik kullanım imkanı sunmaktadır (Pannu, 2015).

2.3.11 Uzman Sistemler

Uzman sistemler, kısıtlı bir sayıdaki uzmanın veri ile alakalı problemleri çözmedeki yeteneğini taklit eden, organize edilmiş bilgisayar yazılımlarıdır (Bahrammirzaee, 2010). Uzman sistem, bilgi tabanı ile çıkarım motorundan oluşmaktadır (Alpaydın, 2019). Uzman sistemler karar verdiğinde, o alanla ilgili yeni bilgiler ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda uzman tarafından sisteme yeni kurallar tanıtır, bu yüzden bu sistemlerin diğer adı da “kural tabanlı sistemler” veya “bilgi tabanlı sistemler” olarak adlandırılmaktadır (Warwick, 2013).

Uzman sistemlerin başarıları iki sebepten dolayı kısıtlanmaktadır; verilerden öğrenme durumunun gerçekleşmemesi ve gerçek dünyayı ifade etmedeki mantık kurma yetersizliği (Alpaydın, 2019). Uzman sistemlerin esas faydası, gerçek hayatta 33 uzmanın zor bulunduğu bir alanda problemlerle ilgili kişilerin problemi daha hızlı, etkili ve verimli bir şekilde çözmelerini sağlamaktır. (Yılmaz, 2020).

2.3.12 Genetik Algoritmalar

Uzman sistemler, yalnızca bir tane problemi çözmede etkili olmaktadır. Fakat, şartların hızlı değiştiği durumlarda devamlı yeni özelliklerin tanımlamasından doğan zorunluluk araştırmacıları değişken kuralların olduğu sistemleri tasarlamaya yönlendirmiştir. Genetik algoritmalar, problemlere doğru veya doğruya yakın çözümler bulmada, evrimden ilham alarak doğal seleksiyon ve kalıtım gibi özellikleri esas alarak gerçekleştirilen hesaplama modelidir (Mathew, 2012; Michalewicz, 1996]. Bu algoritmada, mutasyon ve çaprazlama şeklinde iki farklı temel fonksiyon vardır. Uygulanma aralığı oldukça geniş olan genetik algoritmalar, aksine fonksiyon optimize edici olarak da görülmektedir (Mathew, 2012).

2.3.13 Tıp Alanında ve Dış Hekimliğinde Yapay Zekanın Şansı

Şimdiye kadar bu teknolojilerin tıp biliminde, esas olarak bilgisayarla görme alanında önemli bir kullanımı olmuştur. Bu kullanımın birkaç nedeni belirlenmiştir (Naylor, 2018):

- i. Tanısal görüntüleme birçok sağlık hizmeti alanında merkezi bir konumdadır; yapay zeka, subjektif bireysel muayenedeki değişkenliğin üstesinden gelmek ve rutin görevleri ortadan kaldırarak maliyetleri düşürürken bakımın etkinliğini artırmak için özellikle uygun olmaktadır.
- ii. Dijital sağlık verileri her yerde toplanır ve şimdiye kadar bu veriler oldukça heterojen olsa da kuruluşlar giderek daha fazla temizlenmiş, derlenmiş ve yapılandırılmış veriler sağlamaya çalışmaktadır.
- iii. AI, örneğin tıbbi/dış tarihi, sosyodemografik ve klinik veriler, görüntü verileri, biyomoleküler veriler, sosyal ağ verileri vb. gibi farklı ve heterojen veri alanlarını entegre etmeye izin verir, böylece bu çok seviyeli verilerden en iyi şekilde yararlanılır ve etkileşimlerini kavramalarını sağlamaktadır.

- iv. Yapay zeka, geleneksel araştırma hiyerarşilerine bilgisayarda gerçekleştirilen deney seçenekleri ekleyerek, diğer araştırma düzeylerini ve mevcut modelleme stratejilerini tamamlayarak araştırmayı ve keşfi kolaylaştırmaktadır.
- v. Tartışıldığı gibi, AI rutin işleri düzene sokabilir ve doktorların/dış hekimlerinin ve hastalarının yüz yüze geçirdiği süreyi artırabilmektedir. Bu, yalnızca tanısal yardım sistemleri aracılığıyla değil, ses, konuşma ve metin tanıma ve çeviri yoluyla da gelebilir ve doktorların/dış hekimlerinin kayıt tutma süresini kısaltmasını sağlamaktadır.(Israni ve diğerleri, 2019)
- vi. AI ayrıca, özellikle hastalar verilerini aktif olarak sağlıyorsa, örneğin giyilebilir cihazlar vb. kullanıyorsa, sağlık hizmetlerini daha katılımcı hale getirmeyi vaat etmektedir. Hastalar, kendi kendini izleme ve kendi kendini yönetme ile güçlendirilecektir.
- vii. Sürekli olarak toplanan bu verilerin kullanılması, hastaların sadece birkaç dakikalığına görüldüğü, çoğu sağlık durumunun genellikle yıllar içinde kazanıldığı ve gelip gitmenin sıklığı (Topol, 2019) dezavantajlarının üstesinden gelebilmektedir. Sağlığın ve davranışın invaziv olmayan sürekli izlenmesi, sağlık ve hastalığın altında yatan itici güçlerin ve süreçlerin çok daha derin ve bireysel olarak anlaşılmasını sağlayacaktır.
- viii. Teşhis ve tedavi maliyetleri azaltılabilir, böylece giderek artan sayıda karmaşık, kronik hastalık ile yaşlanan bir toplum tarafından yüklenen sağlık sistemleri rahatlatılabilmektedir. AI ayrıca, dünyanın birçok yerinde gözlemlendiği ve devam etmesi beklendiği gibi işgücündeki eksikliklerin giderilmesine yardımcı olabilir ve böylece Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (<https://www.who.int/>) ulaşılmasına destek olabilir.

2.3.14 Yapay Zekanın Dış Hekimleri Üzerindeki Etkisi

Dış hekimliği, dijitalleştirilmiş görüntüleme ve elektronik sağlık kayıtlarının düzenli kullanımı nedeniyle sanal AI algoritmalarını uygulamak için mükemmel bir disiplindir. Yapay zekanın dış hekimliği uygulamalarında nasıl devrim yaratabileceğine dair pek çok aktif tartışma olsa da yapay zekanın sonunda dış hekimlerinin yerini alıp almayacağına dair endişeler de bulunmaktadır. Çağdaş AI, resmileştirilmiş bilgiyi kullanmada ve büyük veri kümelerinden bilgi çıkarmada mükemmeldir. Bununla birlikte, insan beyni gibi çağrışımlar

yapamaz ve klinik bir ortamda karmaşık karar vermeyi yalnızca kısmen gerçekleştirebilmektedir. Özellikle belirsiz koşullarda, fiziksel muayene yapmak, tıbbi öyküleri entegre etmek, estetik sonuçları değerlendirmek ve tartışmayı kolaylaştırmak için diş hekimlerinin uzmanlığına dayanan daha üst düzey bir anlayış gerekmektedir. Kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti ve profesyonellik sunumunun anahtarı olan klinik sezgi, tarif edilemez algı ve empati gibi konular makineler tarafından verilememektedir. Yapay duyguların duygusal robotlarla ifade edilebilmesi için empatinin algoritmalara dahil edilmesi gerekip gerekmediği konusunda yoğun tartışmalar olmasına rağmen, bir diş hekimi ile hasta arasındaki etkili iletişimin kişinin umutlarının, korkularının ve beklentilerinin sözsüz bir şekilde değerlendirilmesini içerdiğini vurgulamak önemlidir. Bu tür iletişim kanalları sezgisel ve kendiliğindendir. İnsandan insana etkileşimin en ilgi çekici boyutu, bilgisayar dilinde basitçe kopyalanamamaktadır. AI, hasta bilgilerini entegre etme ve profesyonel etkileşimleri iyileştirme gibi daha değerli görevleri yerine getirebilmeleri için diş hekimlerini geliştirmek ve zaman zaman rahatlatmak için bir güçlendirme aracı olarak görülmelidir(Recht ve diğerleri, 2017).

Diş hekimliği alanında, bunun temel bir adım olduğu açık olsa da yapay zeka uygulama teknolojisi hızla ilerlemektedir(Khanna, 2010). Klinik karar destek sistemleri de örneklerden biridir. Bunlar, sağlık profesyonellerine uzman desteği sağlamak için tasarlanmış bilgisayar programlarıdır(Khanna, 2010).

Kim ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada yapay sinir ağı analizi, diş ağrısı tahmin modeli inşa etmek amaçlı kullanılmıştır. Ayrıca diş ağrısının günlük diş fırçalama sıklığı, diş fırçalama zamanı, diş fırçalama talimatlarını uygulama deneyimi, diş ipi kullanımı, diş fırçası değiştirme döngüsü, kök yüzey temizliği yapıp yapmadığı, beslenme ve egzersiz gibi faktörler ile arasındaki ilişkiyi keşfetmek için uygulanmıştır(Kim ve diğerleri, 2009). Sonuç olarak, yaklaşık %80'lik bir uygunluğa sahip tahmin edici bir diş ağrısı gelişim modeli türetilmiştir. Bu model, doğru beslenme alışkanlıklarını, ağız hijyeni ile ilgili eğitimi ve stresin önlenmesini diş ağrılarının önlenmesinde en önemli faktörler olarak tanımlamaktadır(Kim ve diğerleri, 2009).

Gömülü maksiller kanin dişlere klinik yaklaşımı etkileyen faktörlerin Bayes ağ analizi yapılmıştır(Nieri ve diğerleri, 2010). Bu çalışmaya kombine cerrahi ve ortodontik işlem uygulanan maksiller kanin dişleri olan 168 hasta dahil edilmiştir. Veriler tedavi öncesi ve

tedavi sonrası karşılaştırılarak toplanmıştır. Hastayla ilişkili nicel değişkenler, metrik değişkenler ve nominal değişkenler toplanmış ve değişkenler arasındaki nedensel ilişkiler Bayes ağ analizi ile bulunmuştur. Başlangıçta bu çalışmada kullanılan Bayes ağ tabanlı AI'nın önceki durumla ilişkili algoritmalara sahip olmadığı göz önüne alındığında, bu çalışma yapay zekanın diş hekimliği profesyonellerine karar vermede yardımcı olmak için kullanılabileceğini ve yerine koyma olasılığının oldukça yüksek olduğunu öne sürmektedir(Nieri ve diğerleri, 2010).

Ortodontik tedaviden önce çekimin gerekliliği yapay sinir ağı kullanılarak modellenmiştir(Xie ve diğerleri, 2010). Bu çalışma özellikle ön eğitim yoluyla karar verme modelinin doğruluğunu önemli ölçüde arttırmanın bir yolunu seçmiştir. Ön eğitim, yapay sinir ağına dayalı makine öğrenimindeki girdi ve çıktı değişkenlerinin sırasıyla 0 ile 1 arasındaki değerlere dönüştürüldüğünü keşfetmeye odaklanan değişken işleme yöntemidir. Sonuçlar, ön eğitimsiz bir yapay sinir ağının %80 doğrulukla etkili olduğunu ve ön eğitimle %100 doğruluğa ulaştığını göstermiştir. Diş hekimliği profesyonellerinin kararlarından elde edilen verilere dayanan makine öğreniminin önemli performans gösterdiği kanıtlanmıştır(Xie ve diğerleri, 2010).

Restorasyonlardaki materyal farklılıkların restorasyonun ömrünün belirleyicisi olup olmadığını ortaya çıkarmak için büyük miktarda restoratif veriye dayalı veri madenciliği yapılmıştır(Käkilehto ve diğerleri, 2009). Makine öğrenimi, mevcut verilerin analitik öğrenimine dayalı tahminlerin yapılmasına yardımcı olmaya odaklanırken, veri madenciliği, mevcut verilerde var olan nedensel ilişkileri ve karşılaştırmaları bulmaya odaklanmaktadır(Alvi ve diğerleri, 2002). Amalgam restorasyonlarının oklüzal yüzey için ortalama dayanım süresi (MST) 1960 grubunda 16,8 yıl, 1970 grubunda 13,6 yıl ve 1980 grubunda 7,9 yıl olmuştur. Oklüzal yüzeydeki cam iyonomer ve kompozit reçine restorasyonunun MST'Sİ 1970 grubunda 4,9 yıl, 1980 grubunda 7,3 yıl olmuştur(Käkilehto ve diğerleri, 2009). Tüm bu gözlemler veri madenciliği ile elde edilmiştir ve araştırmacıların bu süreçteki rolü mevcut verileri toplamak ve düzenlemek ve yapay sinir ağı algoritmalarına uygulamaktır. Çalışma, uzun yıllar boyunca büyük miktarlarda belgelenmemiş bilgilerin veri madenciliği yoluyla çıkarılabileceğini ve analiz edilebileceğini açıkça göstermektedir(Käkilehto ve diğerleri, 2009).

Dijital diş kayıtlarının veri madenciliği, çürükleri teşhis ederken diş hekimleri arasındaki değişimi analiz etmek için olanaklar sağlamıştır(Korhonen ve diğerleri, 2009). Yazarlar, aynı katılımcıların başlangıç ve tekrar muayenelerinde diş çürüğü tespitindeki farkı karşılaştırmak için büyük miktarda elektronik hasta verilerini analiz etmişlerdir. Değişkenlerin girilmesi için bir koşul olarak, her sağlık merkezinde ilk kez çürük tanısı konan tüm hastalar “yeni hastalar” olarak sınıflandırılırken aynı diş hekimi tarafından tekrar teşhis edilenler “eski hastalar” olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, diş hekimlerinin ilk ziyarette hastalara tekrar muayene ziyaretlerinden daha fazla dikkat ettiklerini göstermektedir(Korhonen ve diğerleri, 2009).

Bir başka çalışmada, büyük hacimli elektronik tıbbi kayıtlara dayanarak dolaylı çekim nedenini analiz etmek için veri madenciliği uygulanmıştır.(Miladinović ve diğerleri, 2010). 5257 olguda çekimin doğrudan nedenleri diş çürüğü (%43,8), periodontal hastalıklar (%37,2), kırıklar (%6,8), protezler (%4,3), impaksiyon (%3,1), ortodonti (%2,7) ve süt dişleri (%0,3) olarak belirlenmiştir. Seçilen deneklerin elektronik tıbbi kayıtlarının belirli bir AI algoritması ile veri madenciliği sonucunda deneyiminin varlığının ve çekilen diş sayısının cinsiyet, yaş ve meslektan istatistiksel olarak etkilendiği doğrulanmıştır. Bu algoritma sadece mevcut verileri istatistiksel olarak işlemekle kalmamış, aynı zamanda nedensel ilişkilere dayalı çekim adaylarını etkileyen önemli nedensel faktörleri de ortaya çıkartmıştır. Çekimin yaş ve meslek grubuna göre tahmini sonuç sayısı, gerçek yaşa göre sonuç sayısına yakın bulunmuştur(Miladinović ve diğerleri, 2010).

Yukarıda belirtilen örnekler, yapay zekanın mevcut diş hekimliği alanında, büyük miktarlarda tıbbi kayıtlardan anlamlı bilgilerin çıkarılması yoluyla teşhis ve tahminlerde bulunmak için makine öğreniminin kullanıldığını göstermektedir. Bu, esas olarak diş hekimliği uzmanlarının karar vermelerine yardımcı olmak ve hastaların hastalıklarını anlamalarına yardımcı olmak için uzman sistemler oluşturmaya odaklanmıştır(Park, 2018).

Başarı önemsiz olmasada, özerk ve aktif tıbbi tedavi ve tedavinin tıp alanında yapay zeka kullanmanın nihai hedefleri olduğu göz önüne alındığında, mevcut araştırma sonuçları sadece başlangıç aşamasındadır. Bugüne kadar diş hekimliği alanında kullanılan makine öğrenimi ve veri madenciliği ve uzman sistemlerin kurulması, diş hekimliği teşhisi, tedavisi ve mesleki yargı ile ilgili metin ve sayılara dönüştürülen önceki verilere dayanmaktadır. Başka bir deyişle, gerçek klinik yargı ve tedavi, diş hekimi tarafından sürekli olarak

gerçekleştirilir ve yapay zeka bu tür yargı ve tedaviye yardımcı olmak için bir rol oynamaktadır(Park, 2018).

"Yapay zeka" terimi 1950'lerde ortaya çıkmış ve normalde insanlar tarafından gerçekleştirilen görevleri yerine getirebilen makineler yapma fikrine atıfta bulunmuştur.(Schwendicke ve diğerleri, 2020)

Yapay zeka (AI), pazarlama ve eğlenceden tıba kadar birçok alanda kullanımında verimli olmuş bir bilgisayar bilimi dalıdır. AI'nın genel anlayışı, makinelerin insanlar gibi çalışıp tepki verebileceğidir. Otomatik ışık zamanlayıcılarından satranç oynamayı bilen bir bilgisayar programına kadar uygulamaları kapsayan çok geniş bir alandır. Bu tür uygulamalar arasında, son zamanlarda yaygın olarak tartışılan bir AI alanı makine öğrenimidir (ML)(Carlson ve diğerleri, 1989).

Yapay zeka (AI), günlük yaşamın birçok alanında kullanılmaktadır. Günümüzde, AI tabanlı algoritmalar günlük teknolojiye dahil edilmiştir ve internet arama motorlarında, elektronik maillerin gereklilik filtrelemesinde veya konuşma ve hatta sosyal medya platformlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

AI'nın kendisi, insan zekasını taklit eden bilgisayarları tanımlayan genel bir terimdir. Daha doğrusu, yapay zekanın bir alt kümesi olarak "makine öğrenimi", makinelerin kendi kendini uyarlayan algoritmalar kullanarak yeteneklerini geliştirmesini sağlayan matematiksel ve istatistiksel tekniklerle karakterize edilmektedir(Kunz ve diğerleri, 2020).

Örnek verilere (= eğitim verileri) dayalı olarak, makine öğrenimi algoritmaları, bu özel görevi gerçekleştirmek için açıkça programlanmadan kararları tahmin etmek için belirli kalıpları genelleştiren matematiksel modeller üretmektedir(Yasaka ve diğerleri, 2018).

2.3.15 Kullanılan Yapay Zeka Programları

DentalIQ Ortho (Cellmatiq GmbH, Hamburg, Almanya), OrisCeph Rx CE (Orisline, Milan, İtalya), CephX (ORCA Dental AI, Herzliya, İsrail), Romexis (Planmeca, Helsinki, Finlandiya), AudaxCeph (Audax, Ljubljana, Slovenya), Tops CephMate (Tops, Giorgia, ABD), Quickceph 2000 (Quick Ceph Systems Inc, Kaliforniya, ABD), NemoCeph

(Nemotec, Madrid, İspanya), AutoCAD (AutoDesk, Kaliforniya, ABD), OrthoDx (Phimentum, Boston, ABD).

Yapay zeka ile sefalometrik analiz yapan programlardan bazıları şunlardır:

2.3.15.1 WebCeph Version 1.0.0

WebCeph AssembleCircle şirketi tarafından 2020 yılında diş hekimlerinin kullanımına sunulan yapay zeka ile yönlendirilen çevrimiçi bir ortodontik ve ortognatik platformdur ve yaklaşık altmış beş bin üyesi vardır. Bu platform aracılığıyla yapay zeka lateral sefalometrik radyografideki anatomik noktaları otomatik olarak algılayarak sefalometrik çizimi saniyeler içinde tamamlayabilmektedir. Ortodontik tedaviyi ve ortognatik cerrahiyi her zaman ve her yerde kolaylıkla simüle edip kaydedebilmeye imkan tanımaktadır. Sefalometrik çakıştırma otomatik olarak yaparak tedavi sürecini hızlıca değerlendirmeye olanak sağlamaktadır(“WebCeph”, t.y.; “WebCeph | Web-based Orthodontic and Orthognathic Platform”, t.y.).

2.3.15.2 Facad Version 3.12

Facad, ortodontik çizim, sefalometrik analiz, sefalometrik çakıştırma ve görsel tanısal görüntülemenin yanı sıra hem ortodonti hem de çene-yüz cerrahisi için yumuşak doku profili tahmini ile tedavi planlaması için kullanılan bir yazılım programıdır. Bu program ortodontistler ve orofasiyal cerrahlar tarafından kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Yazılım İsveçli şirket Ilexis AB tarafından İsveç, Linköping’deki Üniversite Hastanesinin çene-yüz ünitesi ile iş birliği içinde geliştirilmiştir ve 1990’dan beri kullanımdadır ancak belirli aralıklarla yeni sürümler çıkarılmaktadır ve son sürüm olan Facad 3.12 2020 yılında geliştirilerek kullanıma sunulmuştur.

Bu yazılım ile çizimlerin ve radyografilerin kendi içlerinde çakıştırılabilmesinin yanında ayrıca radyografilerin profil fotoğraflarıyla çakıştırılması da mümkündür(“Product brochures – Facad.com”, t.y.).

Çalışmada WebCeph ve Facad tam otomatik yapay zeka programlarını Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programla karşılaştırma sebebi; SN ve POr düzlemlerinde karşılaştırma yapmaları olmuştur. Bu düzlemlerde ve seçilen anatomik noktalarda Dolphin programına uyumlu olan yapay zeka yazılım programları WebCeph ve Facad'dır. Çalışmanın başlangıcında OrthoDx yapay zeka yazılım programı da Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programıyla karşılaştırılmak üzere konmuştur ancak karşılaştırma yapmama sebebiyle çalışmadan çıkartılmıştır.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Tez çalışmamızda kullanılan lateral sefalometrik radyografiler, Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na muayene ve/veya tedavi amacıyla başvurmuş, 18 yaş üstü bireylerden oluşmaktadır. Çalışmamız 10 kadın, 10 erkek olacak şekilde toplam 20 hasta üzerinde planlanmıştır.

Araştırma için gerekli etik kurul onayı Altınbaş Üniversitesi Etik Kurulu'nun 17.06.2021 tarih ve 2021\54 sayılı kararı uyarınca (Bkz. Ek 1) alınmıştır.

Çalışmamıza 18 yaş altı, lateral sefalometrik radyografisi kaliteli olmayan, sistemik herhangi bir hastalığa ve/veya sendroma sahip olan bireyler dahil edilmemiştir.

18 yaş üstü, lateral sefalometrik radyografi görüntüsü kaliteli olan bireyler çalışmamıza dahil edilmiştir ve lateral sefalometrik radyografilerin tamamının Altınbaş Üniversitesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Bölümü'nde çekilmesine dikkat edilmiştir.

Çalışmamızın yöntemlerini 6 ana başlıkta inceleyebiliriz;

- i. Verilerin toplanması: Çalışmaya dahil edilecek, kriterlerimize uygun lateral sefalometrik radyografilerin seçilmesi.
- ii. Verilerin sınıflandırılması: Bireylerden alınan lateral sefalometrik radyografilerin alınma zamanlarının belirlenerek sınıflandırılması.
- iii. Kullanılacak düzlemlerin ve anatomik noktaların belirlenmesi.
- iv. Sefalometrik ölçümlerin yapılması: Anatomik noktaların radyografiler üzerinde yerleştirilmesi ve karşılaştırmaların yapılması.
- v. Yapılan karşılaştırmalarda hesaplamaların yapılması
- vi. Sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması.

Çalışmamızda kullanılan lateral sefalometrik radyografiler Newtom Giano (Cefla Dental Group V.Bicocca 14/C, Bolonya, İtalya) markalı cihaz ile 82 kV 10 mA ve 4,6 sn ışınlama ile çekilmiştir.

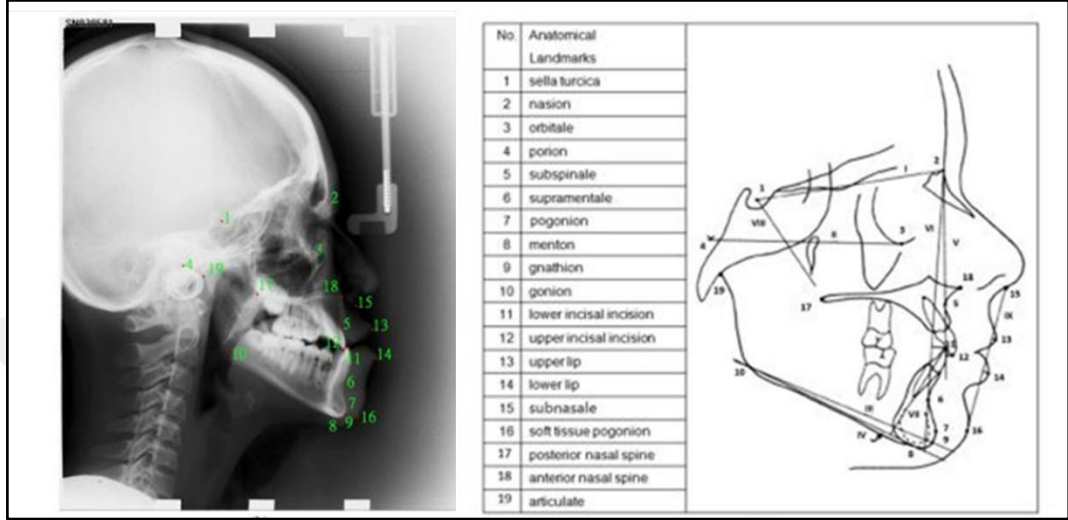
3.1 SEFALOMETRİK RADYOGRAFİLER ÜZERİNDE KULLANILAN NOKTALAR VE DÜZLEMLER:

Görüntülerin değerlendirilmesi Lenovo ThinkPad markalı, 1920x1080 ekran çözünürlüğüne sahip monitörde yapılmıştır. Kullanılan noktalar aşağıda belirtildiği gibi tanımlanmaktadır (Salzmann, 1966);

- a. "A"= A- noktası: Downs(Downs, 1948, 1952) tarafından tanımlanmıştır. ANS'nin altındaki üst çenenin ön alveolar kemiğinin girintisinin en derinindeki noktadır.
- b. "A'"= A'- noktası: A noktasının yumuşak dokudaki yeridir.
- c. "B"= B-noktası: Downs(Downs, 1948, 1952) tarafından tanımlanmıştır. Pog noktasının üstündeki alt çenenin ön alveolar kemiğinin girintisinin en derinindeki noktadır.
- d. "B'"= B'-noktası: B noktasının yumuşak dokudaki yeridir.
- e. "ANS"= Anterior Nasal Spina: Aynı isimli kemik çıkıntısının en uç noktasıdır. .
- f. "PNS"= Posterior Nasal Spina: Aynı isimli kemik çıkıntısının en uç noktasıdır.
- g. "Pg"= Pogonion noktası: Alt çene kemiğinin ucundaki en ön noktadır.
- h. "Pg'"= Pogonion' noktası: Pg noktasının yumuşak dokudaki yeridir.
- i. "M"= Menton noktası: Alt kesici diş köklerinin lingual yüzeyini kaplayan alveol kemiğinin arka çizgisi aşağıya doğru uzatıldığında, bu çizginin alt çene alt kenarıyla kesiştiği noktadır. (Ülgen M., 2000).
- j. "M'"= Menton' noktası: Me noktasının yumuşak dokudaki yeridir.
- k. U1İ noktası: Üst santral kesici dişin insizal noktasıdır.
- l. U1R noktası: Üst santral kesici dişin kök ucu noktasıdır.
- m. L1İ noktası: Alt santral kesici dişin insizal noktasıdır.
- n. L1R noktası: Alt santral kesici dişin kök ucu noktasıdır.
- o. U6M noktası: Üst 1. molar dişin mesial noktasıdır.
- p. ULD noktası: Üst 1. Molar dişin distal noktasıdır.
- q. L6M noktası: Alt 1. Molar dişin mesial noktasıdır.
- r. L6D noktası: Alt 1. Molar dişin distal noktasıdır.
- s. UL noktası: Üst dudağın en ön noktasıdır.
- t. LL noktası: Alt dudağın en ön noktasıdır.

Kullanılan düzlemler aşağıda belirtildiği gibi tanımlanmaktadır;

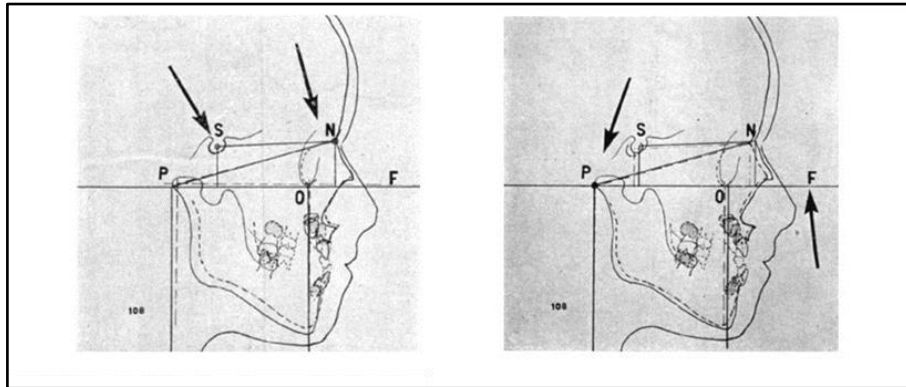
- i. SN = SN doğrusu: S ve N noktalarının belirlemiş olduğu doğru parçasıdır.
- ii. FH = Frankfort Horizontal doğrusu: P ve Or noktalarının belirlemiş olduğu doğru parçasıdır(Ülgen M., 2000). (Şekil 3.1.)



Şekil 3.1: Anatomik Landmarklar (2) [Wang ve diğerleri, 2015]

3.2 LATERAL SEFALOMETRİK RADYOGRAFİLER ÜZERİNDE YAPILAN ÇAKIŞTIRMALAR:

Hastaların farklı zamanlarda alınan lateral sefalometrik radyografileri yukarıda belirtilen doğrulardan SN doğrusunda S noktasında, Frankfort horizontal doğrusunda P noktasında çakıştırılmıştır. Her bir noktanın kartezyen düzleminde x ve y koordinatlarında referans alınan doğruya göre ölçümleri yapılmıştır. (Şekil 3.2.)

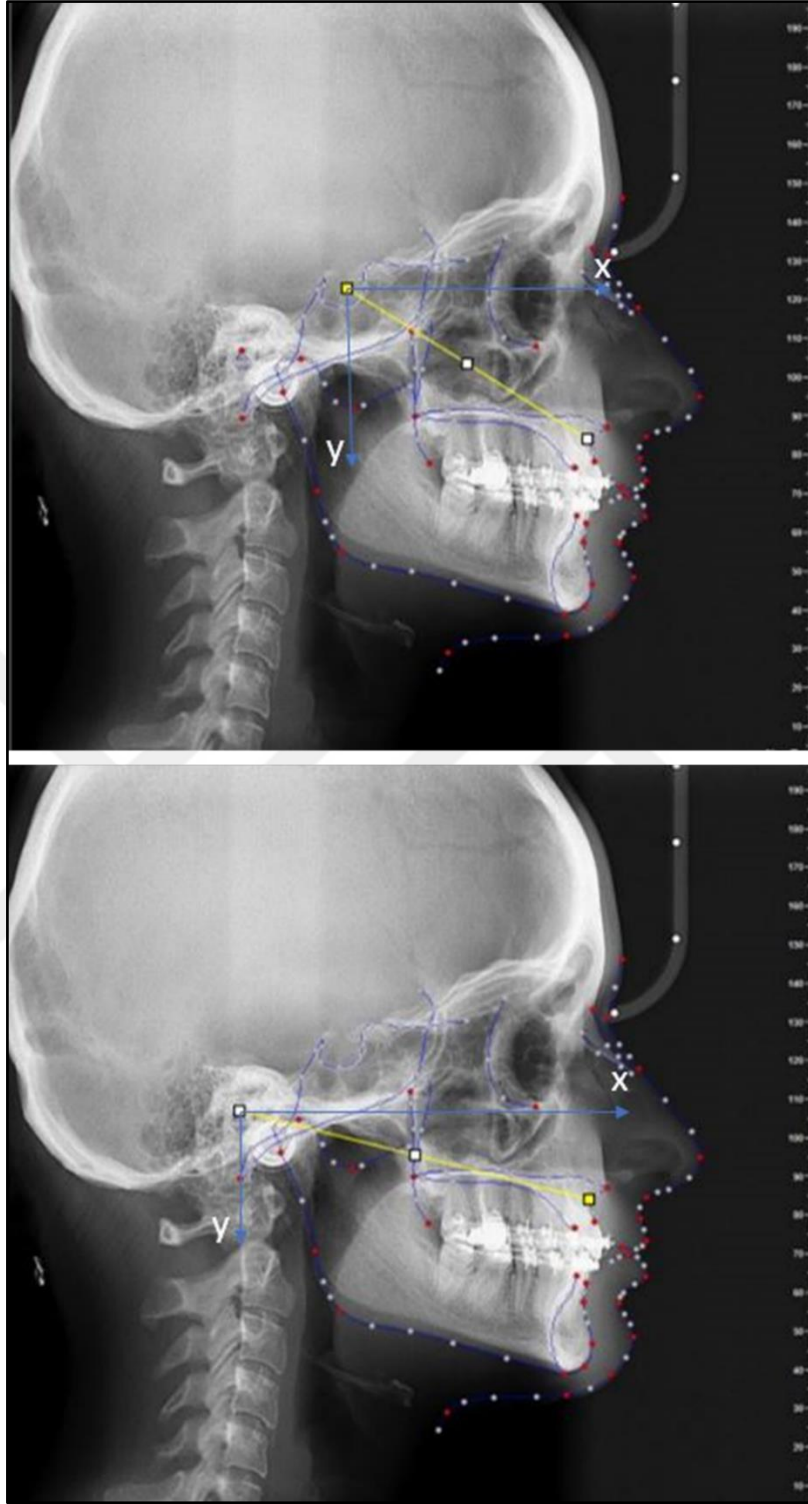


Şekil 3.2: Sella ve Porion noktalarına göre çakıştırma(110) [Broadbent,1931]

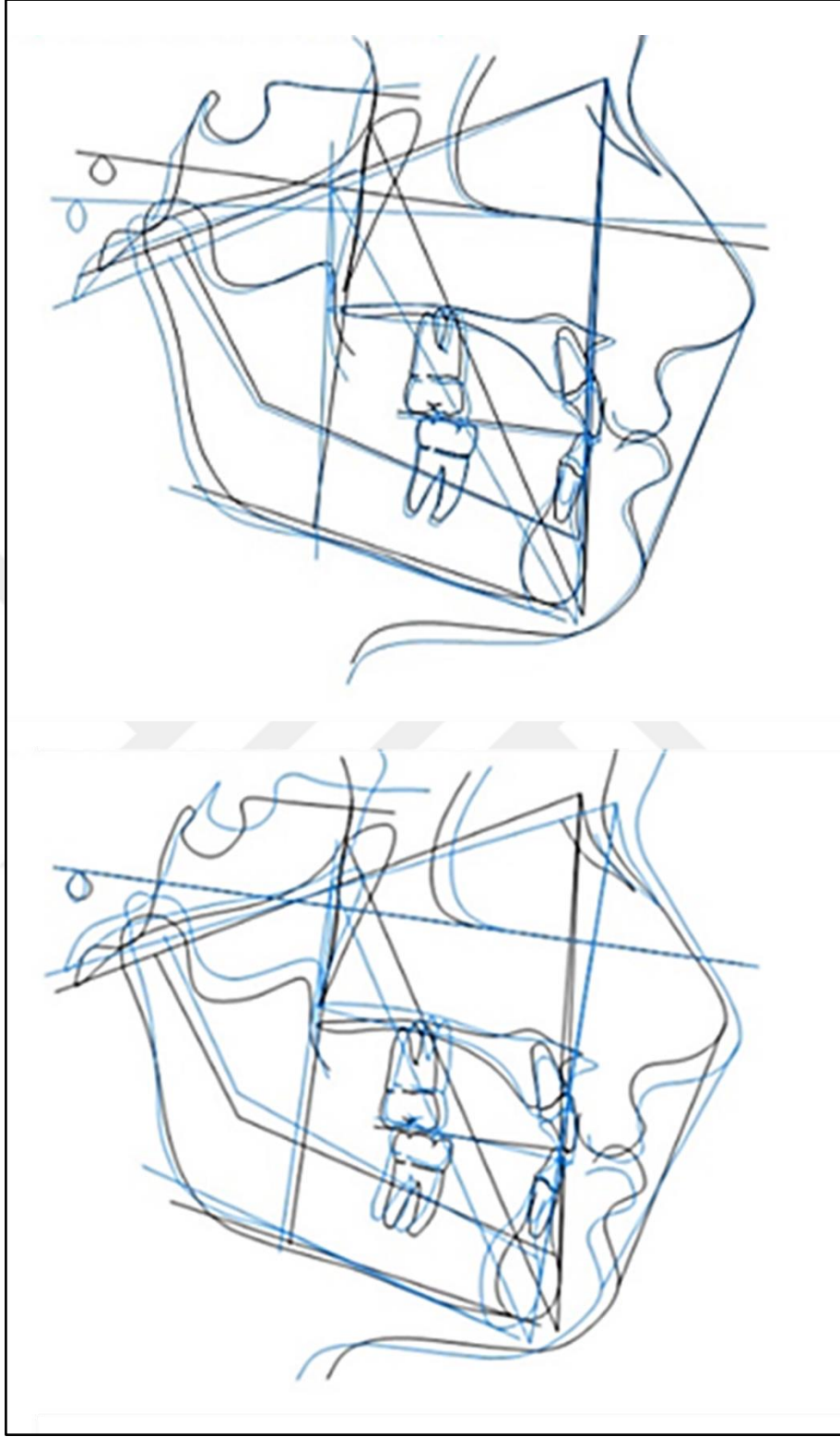
Yapılan ölçümler aşağıdaki gibidir;

- a. SN-A: SN doğrusundan A noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- b. SN-A': SN doğrusundan A' noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- c. SN-B: SN doğrusundan B noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- d. SN-B': SN doğrusundan B' noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- e. SN-ANS: SN doğrusundan ANS noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- f. SN-PNS: SN doğrusundan PNS noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- g. SN-Pog: SN doğrusundan Pog noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- h. SN-Pog': SN doğrusundan Pog' noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- i. SN-Me: SN doğrusundan Me noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- j. SN-Me': SN doğrusundan Me noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- k. SN-U1İ: SN doğrusundan U1İ noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- l. SN-U1R: SN doğrusundan U1R noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- m. SN-L1İ: SN doğrusundan L1İ noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- n. SN-L1R: SN doğrusundan L1R noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- o. SN-U6M: SN doğrusundan U6M noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- p. SN-U6D: SN doğrusundan U6D noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- q. SN-L6M: SN doğrusundan L6M noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- r. SN-L6D: SN doğrusundan L6D noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- s. SN-UL: SN doğrusundan UL noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- t. SN-LL: SN doğrusundan LL noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- u. POr-A: POr doğrusundan A noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- v. POr-A': POr doğrusundan A' noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- w. POr-B: POr doğrusundan B noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- x. POr-B': POr doğrusundan B' noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.

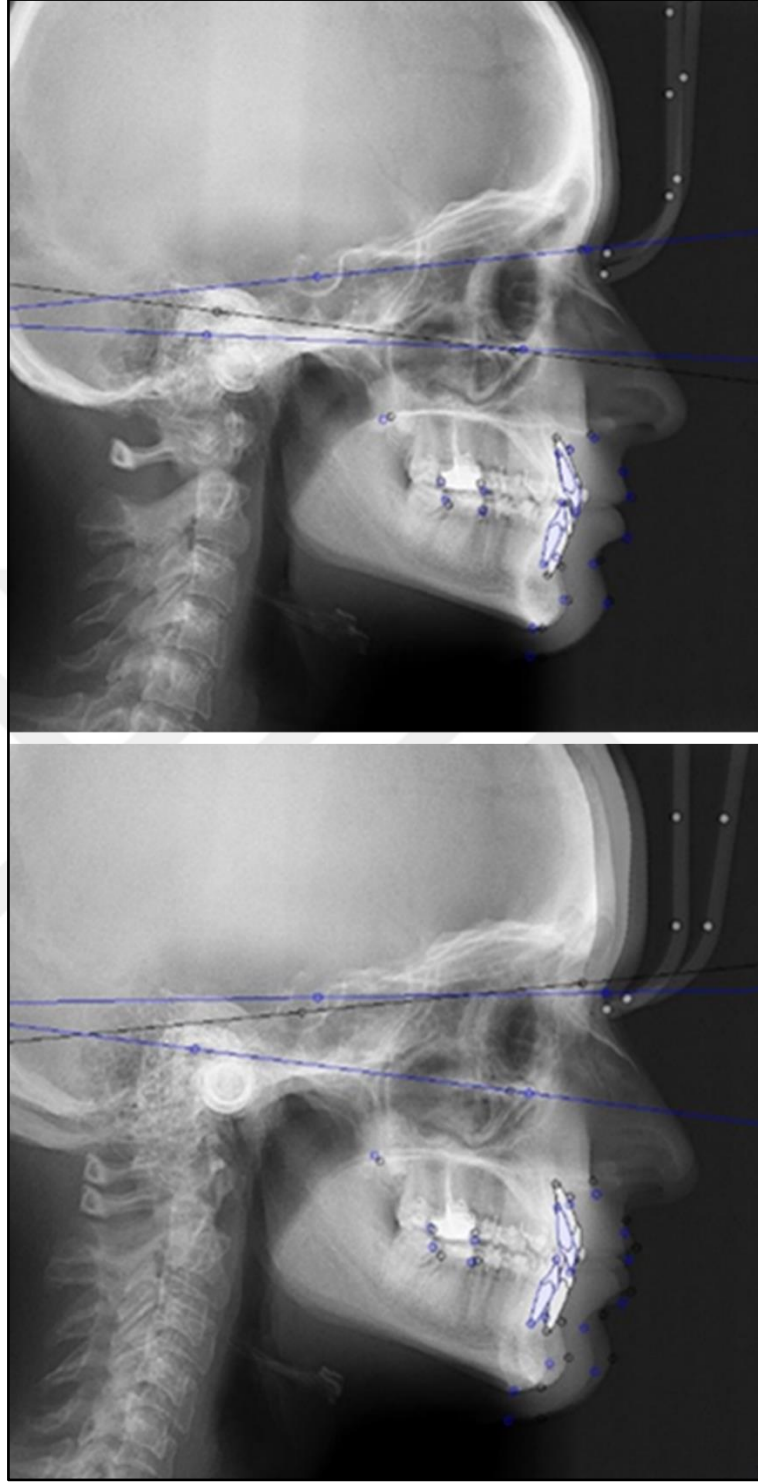
- y. POr-ANS: POr doğrusundan ANS noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - z. POr-PNS: POr doğrusundan PNS noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - aa. POr-Pog: POr doğrusundan Pog noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - bb. POr-Pog': POr doğrusundan Pog' noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - cc. POr-Me: POr doğrusundan Me noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - dd. POr-Me': POr doğrusundan Me noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - ee. POr-U1İ: POr doğrusundan U1İ noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - ff. POr-U1R: POr doğrusundan U1R noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - gg. POr-L1İ: POr doğrusundan L1İ noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - hh. POr-L1R: POr doğrusundan L1R noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - ii. POr-U6M: POr doğrusundan U6M noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - jj. POr-U6D: POr doğrusundan U6D noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - kk. POr-L6M: POr doğrusundan L6M noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - ll. POr-L6D: POr doğrusundan L6D noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - mm. POr-UL: POr doğrusundan UL noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
 - nn. POr-LL: POr doğrusundan LL noktasına x ve y koordinatlarına uzaklığının ölçümü.
- Alınan lateral sefalometrik radyografiler Dolphin, Facad ve WebCeph programlarına aktarılarak anatomik noktalar işaretlenip çakıştırılmalar yapılmıştır. (Şekil 3.3,3.4,3.5,3.6)



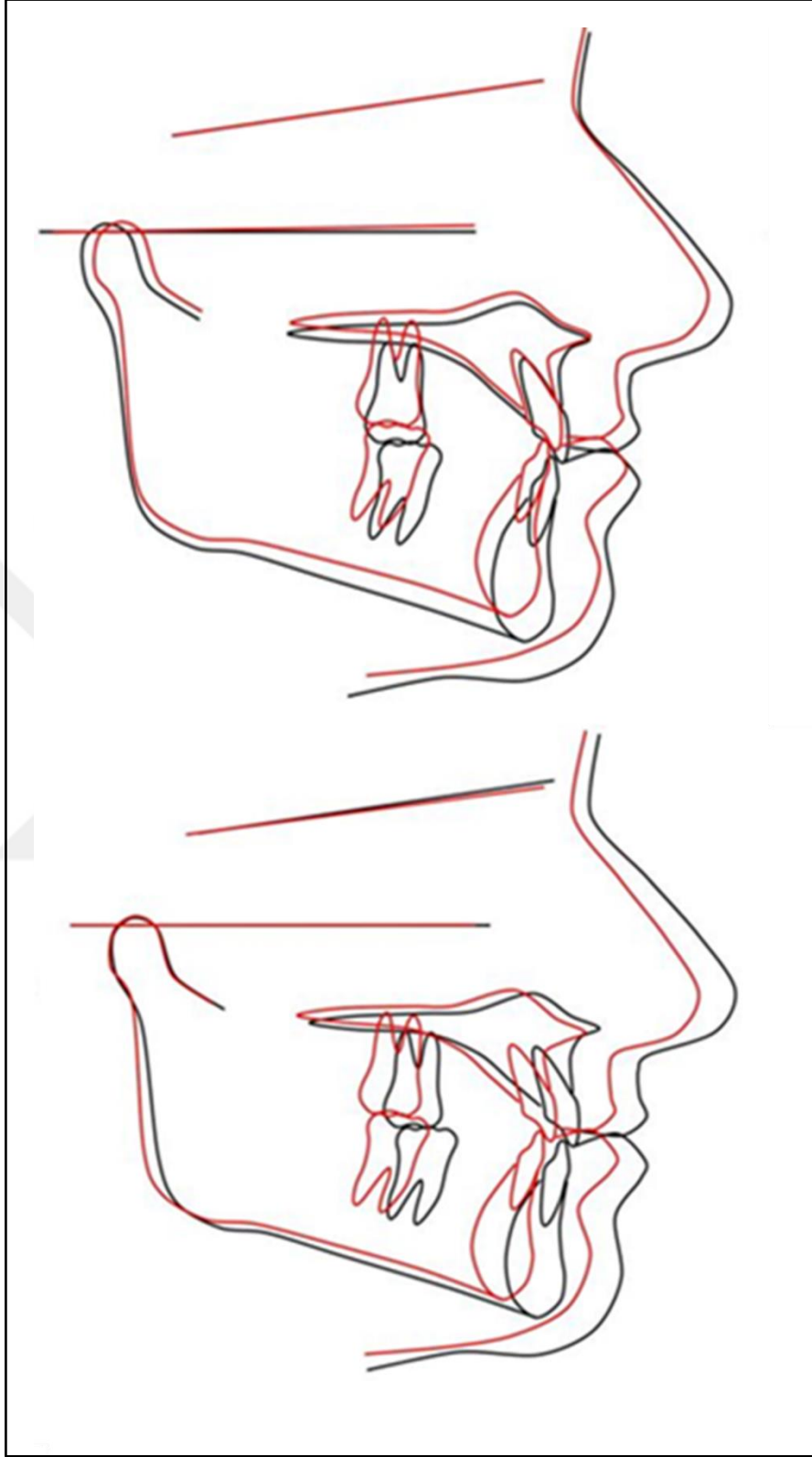
Şekil 3.3: Dolphin Programıyla Yapılan Ölçümler



Şekil 3.4: Dolphin Programıyla Yapılan Çakıştırmalar



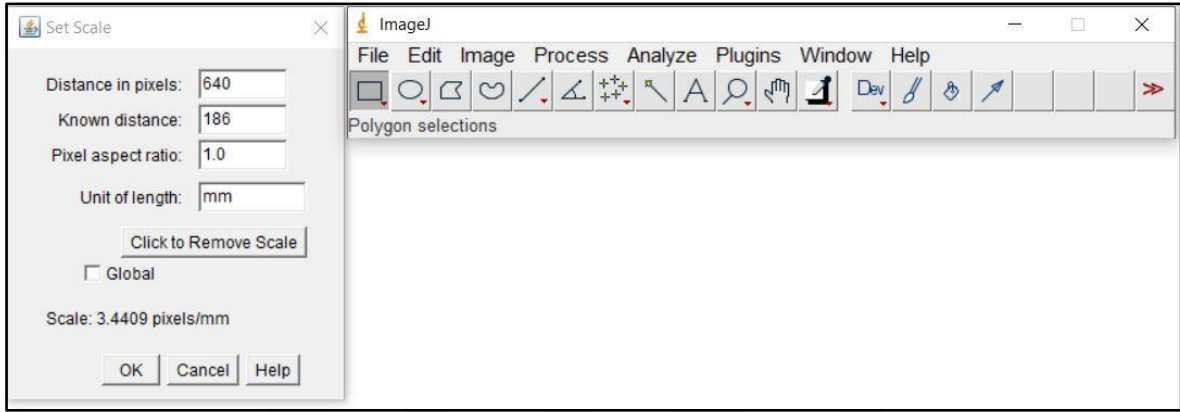
Şekil 3.5: Facad Programıyla Yapılan Çakıştırmalar



Şekil 3.6: WebCeph Programıyla Yapılan Çakıştırmalar

3.3 ÖLÇÜMLERİN STANDARDİZASYONU

Yukarıda belirtilen noktaların ölçümleri yapıldıktan sonra standardizasyon için Image-J (National Institutes of Health, Maryland, ABD) uygulaması kullanılmıştır. Her bir programda yapılan ölçümler Image-J uygulamasıyla lateral sefalometrik radyografilerin gerçek boyutları ve görüntülerinin pikselleri arasında uyumlandırılarak standardize edilmiştir. (Şekil 3.7.)



Şekil 3.7: Image J programıyla ölçüm yapılması

3.4 İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmanın örneklem sayısı Power Analysis and Sample Size Software (PASS 15) (2017). (NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA), program ile hesaplanmıştır. Daha önce yayınlanmış “Comparison of hand-traced and computerized cephalograms: Landmark identification, measurement, and superimposition accuracy” başlıklı çalışmanın yöntemler arası ölçüm hatalarına dayanarak; yöntemlerin birbirinden üstün olmama marjı 1 mm , örneklerin standart sapması 0,9 ve 0,4 olan bir anakütleden çekildiği varsayımı altında ,%99 güç, %2,5 Tip I hata payı ve tek yönlü Mann-Whitney u testi kullanılarak, örneklem sayısı n= 20 olacak şekilde hesaplanmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 version yazılımı (IBM, Chicago, Illinois, ABD) kullanılmıştır. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodların (minimum, maksimum,

ortalama, standart sapma, medyan) yanı sıra niceliksel verilerin karşılaştırılmasında Friedman testi, post hoc test olarak Wilcoxon işaret testi kullanılmıştır. Yöntemler arasındaki uyumun belirlenmesinde Sınıf İçi Korelasyon katsayısı (ICC) hesaplanmıştır. Anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizlerden 2 hafta sonra 5 ölçüm tekrarlanmış ve istatistiksel analizleri tekrar yaptırılmıştır. Yapılan ikinci analizlerde birinci yapılan istatistik verilerde anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

SN düzleminde ölçülen noktaların metod hatası değerlendirilmesi:

SN düzleminde yapılan ölçümler için hesaplanan metod hatasına ilişkin sonuçlarda tüm ölçümlerde belirlenen ICC 1,00 değerine yakın ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Metod hatasına ilişkin sınıf içi korelasyon katsayısı analizinin sonuçları SN düzleminde yapılan ölçümlerin sonuçları etkilemeyecek ve önemli olmayan bir hata ile tekrarlanabileceğini göstermiştir.

POr düzleminde ölçülen noktaların metod hatası değerlendirilmesi:

POr düzleminde yapılan ölçümler için hesaplanan metod hatasına ilişkin sonuçlarda tüm ölçümlerde belirlenen ICC 1,00 değerine yakın ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Metod hatasına ilişkin sınıf içi korelasyon katsayısı analizinin sonuçları POr düzleminde yapılan ölçümlerin sonuçları etkilemeyecek ve önemli olmayan bir hata ile tekrarlanabileceğini göstermiştir.

4. BULGULAR

SN düzleminde ölçülen noktaların yöntemler arası değerlendirilmesi Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Tablo 4.1’de gösterilen SN düzleminde yapılan ölçümlerde; tüm noktalarda Dolphin, Facad ve WebCeph programları ile yapılan ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.1: SN düzleminde ölçülen noktaların yöntemler arası değerlendirilmesi

SN düzlemi	Dolphin			Facad			WebCeph			P
	Min	Max	Ort (Medyan)	Min	Max	Ort (Medyan)	Min	Max	Ort (Medyan)	
A , x	-2,62	1,74	-0,13±1,52 (-0,15)	-2,51	7,12	0,31±2,19 (0)	-4,26	2,71	0,11±1,74 (0)	0,729
A,y	-2,61	2,61	0,57±1,19 (0,44)	-2,32	6,66	0,99±2,02 (0,85)	-3,33	2,33	-0,15±1,26 (0)	0,152
A',x	-4,07	2,61	-0,44±1,77 (-0,15)	-2,99	3,35	-0,05±1,6 (0)	-6,2	3,1	0,4±2,32 (0,97)	0,449
A',y	-2,04	4,07	0,71±1,72 (0,73)	-4,81	7,08	0,49±2,34 (0,11)	-2,71	3,87	-0,21±1,83 (-0,78)	0,308
B,x	-5,52	3,2	-0,39±2,18 (-0,15)	-3,77	6,69	-0,06±2,41 (-0,21)	-7,35	5,8	0,04±3,08 (0,77)	0,963
B,y	-4,65	4,65	0,02±2,04 (-0,15)	-4,39	4,25	0,41±2,17 (0,74)	-3,49	6,59	-0,09±2,36 (0)	0,449
B',x	-4,65	3,49	-0,31±1,91 (0)	-3,54	8,27	0,16±2,49 (0)	-5,8	5,03	0,01±3,03 (0,58)	0,522
B',y	-4,07	4,65	1,03±2,06 (1,31)	-5,66	4,81	0,35±2,37 (0,32)	-3,9	4,64	-0,53±2,39 (-0,97)	0,110
ANS,x	-8,43	2,9	-0,44±2,49 (-0,29)	-4,17	3,56	0,07±1,71 (0,32)	-5,03	1,94	-0,15±1,65 (0)	0,522
ANS,y	-1,45	1,74	0,19±0,93 (0,29)	-3,56	5,21	0,27±1,78 (0,31)	-3,48	2,33	0,11±1,48 (0)	0,764
PNS,x	-3,48	5,53	0,09±2,47 (-0,58)	-2,3	3,98	-0,34±1,58 (-0,63)	-2,33	3,1	-0,19±1,71 (-0,97)	0,951
PNS,y	-1,75	2,04	0,04±1,16 (0,15)	-1,47	2,29	0,42±0,98 (0,21)	-3,49	1,93	-0,23±1,31 (0)	0,522
Pog,x	-4,94	3,77	-0,6±2,24 (-0,58)	-4,58	9	0,02±2,8 (-0,42)	-4,64	5,81	0,22±2,62 (0,39)	0,486
Pog,y	-4,65	3,48	0,34±2,34 (0,96)	-5,66	3,14	0,38±2,05 (0,84)	-3,88	5,42	-0,09±2,02 (0,19)	0,316
Pog',x	-3,49	4,36	-0,48±2,34 (-0,15)	-4,17	7,32	0,03±2,46 (-0,11)	-5,81	6,2	0,26±3,04 (0,59)	0,350
Pog',y	-5,52	5,52	0,17±2,38 (0,15)	-4,4	6,07	0,22±2,91 (-0,22)	-5,42	3,87	-0,93±2,31 (-1,02)	0,142
Me,x	-4,36	5,52	0,29±2,56 (0,15)	-4,79	9,23	-0,02±2,87 (-0,53)	-5,42	8,13	0,23±3,1 (0)	0,861
Me , y	-2,91	3,2	0,67±1,71 (0,59)	-4,39	3,95	0,1±1,92 (0,26)	-4,64	4,26	0,07±2,21 (0,4)	0,247
Me',x	-7,56	4,07	-1,06±3,02 (-0,58)	-6,05	9,21	-0,06±3,46 (-0,44)	-7,74	9,9	-0,06±4,36 (0)	0,610
Me' , y	-2,62	3,78	0,21±2,02 (-0,29)	-5,44	5,41	0,04±2,17 (0)	-4,26	5,81	-0,1±2,65 (0)	0,638
U1i,x	-5,23	4,94	-0,73±2,68 (-0,44)	-5,2	3,56	-0,43±2,54 (-0,21)	-7,36	3,87	-0,35±2,6 (-0,39)	0,350
U1i,y	-2,91	3,49	0,62±1,6 (0,59)	-3,14	8,13	0,87±2,45 (0,73)	-3,48	4,65	0,51±2,14 (0,22)	0,951
U1R , x	-4,65	2,91	-0,45±1,95 (-0,44)	-3,56	8,17	0,26±2,49 (-0,11)	-3,48	3,87	0,17±2,02 (0)	0,245
U1R,y	-1,45	3,48	1,35±1,44 (1,45)	-3,37	4,81	1,11±2,1 (0,84)	-2,71	4,26	0,76±1,75 (0,78)	0,212
L1i , x	-2,91	3,78	0,12±1,82 (0)	-3,12	6,71	0,18±2,19 (0,11)	-4,26	6,97	0,08±3,02 (-0,19)	0,626
L1i , y	-3,2	3,49	0,57±2,03 (0,87)	-3,35	3,97	0,42±2 (0,84)	-2,72	3,49	0,03±1,8 (0,2)	0,212
L1R , x	-3,78	3,78	-0,07±2,18 (0)	-2,92	9	-0,16±2,56 (-0,63)	-5,42	7,35	-0,13±3,03 (0,2)	0,861
L1R , y	-4,65	2,91	-0,1±1,83 (0,15)	-5,56	2,72	0,17±2,11 (0,84)	-4,26	3,49	-0,57±2,01 (-0,61)	0,058
U6M , x	-5,52	10,75	0,77±3,7 (0,59)	-4,38	10,48	1,46±3,14 (0,84)	-2,32	5,03	0,74±2,4 (0)	0,705
U6M,y	-2,03	2,31	0,29±1,01 (0,44)	-4,81	4,17	-0,25±2,01 (0)	-3,1	2,32	-0,19±1,5 (-0,19)	0,316

Tablo 4.1: SN düzleminde ölçülen noktaların yöntemler arası değerlendirilmesi (devam)

U6D ,x	-7,26	10,17	0,76±3,77 (0,58)	-6,68	10,27	0,96±3,41 (0,32)	-1,94	4,65	0,78±2,25 (0)	0,892
U6D ,y	-1,74	3,2	0,53±1,29 (0,29)	-5,01	4,16	0,06±1,81 (0)	-3,48	3,87	-0,25±1,72 (0)	0,227
L6M,x	-6,67	10,46	1,33±4,12 (0,73)	-5,02	8,6	0,63±3,42 (-0,42)	-9,29	5,81	0,51±3,64 (0)	0,729
L6M,y	-3,2	3,78	0,33±1,6 (0,3)	-4,59	2,1	-0,39±1,89 (-0,42)	-3,1	4,26	0,02±1,6 (0)	0,237
L6D,x	-6,69	11,04	1,19±4,23 (0,15)	-7,53	9,33	0,49±3,56 (0,42)	-9,29	6,19	0,09±3,35 (0)	0,692
L6D,y	-2,15	3,2	0,39±1,43 (0,29)	-4,8	2,29	-0,54±1,78 (-0,41)	-3,48	3,52	-0,17±1,66 (0)	0,065
UL,x	-3,78	2,91	-0,39±2,03 (-0,58)	-2,51	4,19	-0,08±1,7 (0)	-5,42	3,87	-0,1±2,56 (0)	0,987
UL,y	-4,36	3,49	0,18±1,72 (0,15)	-6,49	7,5	0,45±2,67 (0)	-4,26	4,65	0,21±2,01 (0,2)	0,705
LL,x	-3,49	3,78	-0,03±1,9 (0)	-3,95	7,33	0,37±2,32 (0,34)	-7,74	7,36	0,43±3,34 (0,39)	0,705
LL , y	-6,11	3,78	0,26±2,49 (0,58)	-5,86	6,67	0,71±2,62 (0,73)	-5,03	4,26	0,5±2,55 (0,39)	0,861

Friedman Test

SN düzleminde Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı ile Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programları arasındaki uyum Tablo 4.2’de değerlendirilmiştir.

SN düzleminde Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli program ile Facad tam otomatik yapay zeka programı arasındaki uyum değerlendirmesine göre X koordinatında A’, B’, U1İ, U6M, U6D, L6M, L6D ve Y koordinatında B’, Me’, U1İ, L1İ, L1R noktaları için pozitif yönlü, orta düzeyli istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmaktadır($p<0,005$). Diğer koordinat ve noktalardaki ölçümler açısından Dolphin ile Facad programları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmamaktadır ($p>0,05$).

SN düzleminde Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli program ile WebCeph tam otomatik yapay zeka programı arasındaki uyum değerlendirmesine göre X koordinatında B, ANS, Pog’, Me, Me’ U1İ, L1İ, L6M, L6D, LL ve Y koordinatında Pog’, LL noktaları için pozitif yönlü, orta düzeyli istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmaktadır($p<0,005$). Diğer koordinat ve noktalardaki ölçümler açısından Dolphin ile Facad programları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Tablo 4.2: SN düzleminde Dolphin programı ile Facad ve WebCeph programları arasındaki uyumun değerlendirilmesi

SN düzlemi	Dolphin-Facad				Dolphin-WebCeph			
	ICC	Alt Sınır	Üst Sınır	p	ICC	Alt Sınır	Üst Sınır	p
A , x	0,147	-0,305	0,545	0,263	0,140	-0,312	0,540	0,273
A,y	0,250	-0,206	0,616	0,138	0,225	-0,230	0,600	0,163
A',x	0,388	-0,054	0,703	0,041*	0,228	-0,227	0,602	0,160
A',y	-0,054	-0,476	0,388	0,592	0,011	-0,424	0,442	0,481
B,x	0,197	-0,258	0,580	0,197	0,593	0,215	0,816	0,002*
B,y	0,227	-0,228	0,601	0,161	0,033	-0,406	0,459	0,444
B',x	0,373	-0,071	0,694	0,048*	0,332	-0,118	0,669	0,071
B',y	0,500	0,086	0,767	0,010*	0,171	-0,283	0,562	0,229
ANS,x	0,360	-0,087	0,686	0,055	0,482	0,062	0,757	0,013*
ANS,y	0,084	-0,362	0,499	0,358	-0,158	-0,553	0,295	0,753
PNS,x	0,256	-0,198	0,620	0,131	0,020	-0,416	0,449	0,466
PNS,y	0,355	-0,092	0,683	0,057	0,113	-0,336	0,520	0,313
Pog,x	0,192	-0,262	0,577	0,202	0,522	0,116	0,779	0,008*
Pog,y	0,155	-0,297	0,551	0,251	0,288	-0,166	0,641	0,103
Pog',x	-0,035	-0,461	0,404	0,559	0,373	-0,071	0,694	0,048*
Pog',y	0,330	-0,120	0,668	0,072	0,462	0,037	0,746	0,017*
Me,x	0,292	-0,161	0,644	0,099	0,381	-0,062	0,698	0,044*
Me , y	0,264	-0,191	0,625	0,124	0,149	-0,303	0,547	0,259
Me',x	0,188	-0,266	0,574	0,207	0,490	0,073	0,761	0,012*
Me' , y	0,564	0,173	0,801	0,004*	-0,142	-0,542	0,310	0,730
U1İ,x	0,567	0,178	0,803	0,004*	0,470	0,047	0,750	0,016*
U1İ,y	0,443	0,012	0,735	0,022*	0,216	-0,240	0,593	0,174
U1R , x	0,344	-0,104	0,676	0,063	0,260	-0,194	0,623	0,127
U1R,y	0,267	-0,187	0,628	0,121	0,329	-0,121	0,667	0,072
L1İ , x	0,354	-0,093	0,682	0,058	0,527	0,122	0,782	0,007*
L1i , y	0,546	0,148	0,792	0,005*	0,101	-0,347	0,512	0,331
L1R , x	0,063	-0,380	0,483	0,393	0,205	-0,250	0,586	0,187
L1R , y	0,459	0,033	0,744	0,018*	0,286	-0,167	0,640	0,104
U6M , x	0,558	0,165	0,798	0,004*	0,118	-0,332	0,524	0,306
U6M,y	-0,171	-0,562	0,283	0,770	-0,037	-0,463	0,402	0,564
U6D ,x	0,441	0,011	0,734	0,023*	0,151	-0,302	0,548	0,257
U6D ,y	0,103	-0,345	0,513	0,328	0,266	-0,188	0,627	0,122
L6M,x	0,597	0,221	0,818	0,002*	0,471	0,047	0,751	0,016*
L6M,y	0,233	-0,223	0,605	0,155	-0,150	-0,548	0,302	0,743
L6D,x	0,626	0,265	0,833	0,001*	0,506	0,093	0,770	0,010*

Tablo 4.2: SN düzleminde Dolphin programı ile Facad ve WebCeph programları arasındaki uyumun değerlendirilmesi (devam)

L6D,y	0,198	-0,266	0,575	0,206	-0,244	-0,612	0,211	0,857
UL,x	0,253	-0,202	0,618	0,134	0,257	-0,198	0,621	0,131
UL,y	0,121	-0,329	0,526	0,300	-0,003	-0,435	0,431	0,505
LL,x	0,344	-0,105	0,676	0,064	0,516	0,108	0,776	0,008*
LL , y	0,188	-0,267	0,574	0,207	0,553	0,158	0,795	0,005*

ICC: Intraclass correlation coefficient (Sınıf içi korelasyon katsayısı)

* $p < 0,05$

SN düzleminde Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programları arasındaki uyum Tablo 4.3'te değerlendirilmiştir.

SN düzleminde Facad ve WebCeph Tam otomatik yapay zeka programları arasındaki uyum değerlendirmesine göre X koordinatında A, U1İ, U1R, L6M, L6D noktaları için pozitif yönlü, orta düzeyli istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmaktadır($p < 0,005$). Diğer koordinat ve noktalardaki ölçümler açısından Dolphin ile Facad programları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Tablo 4.3: SN düzleminde Facad ve WebCeph programları arasındaki uyumun değerlendirilmesi

SN düzlemi	Facad- WebCeph			
	ICC	Alt Sınır	Üst Sınır	p
A , x	0,445	0,016	0,736	0,021*
A,y	-0,239	-0,609	0,216	0,851
A',x	0,186	-0,269	0,573	0,210
A',y	-0,326	-0,665	0,124	0,925
B,x	0,103	-0,345	0,513	0,328
B,y	-0,128	-0,531	0,323	0,709
B',x	0,365	-0,081	0,689	0,052
B',y	-0,197	-0,580	0,258	0,804
ANS,x	0,202	-0,253	0,584	0,190
ANS,y	-0,391	-0,705	0,051	0,960
PNS,x	-0,237	-0,608	0,218	0,850
PNS,y	-0,356	-0,684	0,090	0,944
Pog,x	0,187	-0,267	0,573	0,208
Pog,y	-0,405	-0,713	0,034	0,966
Pog',x	0,199	-0,256	0,582	0,194
Pog',y	-0,029	-0,456	0,409	0,550
Me,x	0,104	-0,344	0,514	0,327
Me , y	-0,302	-0,650	0,150	0,908

Tablo 4.3: SN düzleminde Facad ve WebCeph programları arasındaki uyumun değerlendirilmesi (devam)

Me',x	-0,003	-0,436	0,430	0,506
Me' , y	-0,328	-0,666	0,122	0,927
U1İ,x	0,390	-0,052	0,704	0,040*
U1İ,y	0,143	-0,309	0,542	0,269
U1R , x	0,398	-0,042	0,709	0,037*
U1R,y	-0,030	-0,457	0,408	0,551
L1İ , x	0,351	-0,096	0,681	0,059
L1i , y	-0,037	-0,462	0,403	0,563
L1R , x	0,246	-0,210	0,613	0,142
L1R, y	-0,068	-0,486	0,376	0,615
U6M , x	0,243	-0,212	0,611	0,144
U6M,y	-0,341	-0,674	0,107	0,935
U6D ,x	0,076	-0,369	0,492	0,372
U6D ,y	-0,267	-0,627	0,187	0,879
L6M,x	0,476	0,054	0,754	0,015*
L6M,y	-0,399	-0,709	0,041	0,963
L6D,x	0,586	0,206	0,813	0,003*
L6D,y	-0,226	-0,600	0,230	0,837
UL,x	0,345	-0,103	0,677	0,063
UL,y	-0,214	-0,592	0,242	0,824
LL,x	0,211	-0,244	0,590	0,179
LL , y	-0,065	-0,484	0,379	0,610

ICC: Intraclass correlation coefficient *p<0,05

POr düzleminde ölçülen noktaların yöntemler arası değerlendirilmesi Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

POr düzleminde yapılan ölçümlerde; Y koordinatında U6D noktası için yapılan ölçümlerde yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p:0,047; p<0,05). Anlamlılığın hangi yöntemlerden kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili değerlendirmelerde; Dolphin'in ortalaması, WebCeph'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur (p:0,046; p<0,05). Diğer yöntemler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0,05).

POr düzleminde yapılan ölçümlerde diğer tüm noktalarda Dolphin, Facad ve WebCeph programları ile yapılan ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.4: POr düzleminde ölçülen noktaların yöntemler arası değerlendirilmesi

POr düzlemi	Dolphin			Facad			WebCeph			p
	Min	Max	Ort (Medyan)	Min	Max	Ort (Medyan)	Min	Max	Ort (Medyan)	
A , x	-6,11	6,98	1±2,84 (0,73)	-1,69	5,84	1,73±2,19 (1,69)	-5,42	9,68	0,46±3,37 (0)	0,096
A,y	-2,04	2,62	0,6±1,57 (1,02)	-3,14	5,26	0,99±2,04 (0,97)	-2,71	2,95	-0,2±1,35 (-0,39)	0,053
A',x	-6,68	7,56	0,58±2,93 (1,16)	-2,52	6,07	1,22±2,18 (1,16)	-6,58	10,84	0,93±3,76 (0,63)	0,705
A',y	-4,36	3,08	0,07±2,2 (0,58)	-4,2	4,59	0,79±2,17 (1,57)	-4,26	3,1	-0,09±1,82 (0)	0,316
B,x	-2,9	7,3	0,68±2,48 (0,87)	-3,34	8,79	1,25±2,81 (1,05)	-4,65	9,68	0,79±3,46 (0)	0,705
B,y	-2,04	2,91	-0,12±1,36 (-0,24)	-3,34	5,03	0,23±2,15 (0,11)	-5,42	3,87	-0,1±2,28 (0)	0,819
B',x	-2,9	9,88	0,97±2,74 (0,58)	-3,76	8,58	1,57±2,6 (1,89)	-5,42	11,23	1,28±3,68 (0)	0,308
B',y	-2,91	3,2	0,74±1,84 (1,16)	-3,14	4	0,32±1,76 (0,21)	-6,58	5,42	-0,25±2,59 (0)	0,638
ANS,x	-	6,97	0,49±3,97 (0,44)	-1,46	4,2	1,52±1,47 (1,68)	-4,64	8,13	0,61±2,87 (0,19)	0,146
ANS,y	12,21	-3,2	0,17±1,75 (0,15)	-2,3	2,92	0,14±1,47 (0)	-3,1	3,52	0,17±1,73 (0,2)	0,915
PNS,x	-4,94	6,98	0,96±3,25 (0,88)	-2,71	6,26	1,07±2,42 (1,05)	-3,09	3,97	0,08±1,88 (0,2)	0,259
PNS,y	-3,19	4,94	0,28±1,68 (0,44)	-1,89	3,34	0,69±1,35 (0,89)	-2,71	1,77	-0,22±1,13 (0)	0,135
Pog,x	-4,36	11,91	0,89±3,6 (0,73)	-4,17	9,42	1,65±2,97 (1,67)	-4,65	9,29	0,79±3,3 (0,19)	0,428
Pog,y	-2,61	3,19	0,49±1,65 (0,87)	-2,3	3,79	0,44±1,85 (0)	-4,26	3,48	0,35±2,23 (0,97)	0,861
Pog',x	-4,36	9,33	1,18±3,19 (1,02)	-3,97	9,42	1,83±2,79 (2,09)	-5,42	9,68	0,85±3,56 (0,39)	0,638
Pog',y	-4,94	2,91	-0,01±2,16 (-0,15)	-3,36	6,71	0,07±2,32 (-0,5)	-8,52	5,42	-0,52±2,8 (0)	0,861
Me,x	-4,65	11,97	1,49±3,78 (1,45)	-5,63	10,05	1,49±3,29 (1,68)	-6,19	10,84	0,81±3,76 (0,2)	0,522
Me , y	-2,61	3,49	0,5±1,48 (0,58)	-2,1	3,58	0,69±1,38 (0,53)	-5,03	6,58	0,17±2,6 (0,2)	0,962
Me',x	-4,65	13,08	1,26±4,08 (1,75)	-6,68	11,51	1,37±3,76 (1,15)	-6,97	6,58	0,07±3,5 (0)	0,387
Me' , y	-3,2	4,07	-0,11±2,08 (-0,15)	-3,15	2,83	0,06±1,51 (-0,11)	-8,19	6,97	-0,16±3,19 (0,2)	0,626
U1İ,x	-5,81	9,01	0,42±3,3 (1,16)	-4,6	6,91	0,74±2,5 (0,95)	-6,58	8,52	0,47±3,36 (0,39)	0,819
U1İ,y	-2,32	4,07	0,32±1,94 (-0,15)	-1,68	5,63	1,02±1,81 (0,84)	-4,25	8,13	0,32±2,34 (0,2)	0,142
U1R , x	-6,68	8,14	0,88±3,46 (0,73)	-3,74	6,08	1,29±3,03 (1,36)	-4,64	10,84	0,92±3,64 (0,44)	0,951
U1R,y	-2,33	4,07	0,82±1,88 (1,02)	-3,78	5,9	0,96±2,14 (0,85)	-4,26	8,13	0,42±2,43 (0,39)	0,522
L1İ , x	-3,48	8,71	1,37±3,17 (0,88)	-2,71	7,74	1,7±2,82 (1,47)	-4,65	12	0,81±4,13 (-0,39)	0,186
L1i , y	-3,78	2,9	0,36±1,81 (0,87)	-1,47	4,19	0,56±1,47 (0,31)	-3,1	3,87	0,05±1,47 (0)	0,549
L1R , x	-4,07	8,43	0,95±3,2 (0,58)	-3,34	7,96	1,44±2,72 (1,26)	-5,04	11,23	0,47±3,85 (0)	0,350
L1R , y	-5,23	2,32	-0,35±2,22 (0,29)	-2,94	4,42	0,47±2,03 (0,11)	-5,03	3,48	-0,62±1,72 (-0,39)	0,099
U6M , x	-4,07	9,04	2,3±4,18 (1,02)	-0,84	11,68	2,68±3,27 (1,37)	-3,1	10,46	1,35±3,41 (0,58)	0,522
U6M,y	-4,53	2,46	0,01±1,59 (0,29)	-2,5	7,34	0,41±2,19 (0,21)	-3,88	1,93	-0,5±1,5 (0)	0,341
U6D ,x	-2,89	14,62	2,79±4,39 (1,16)	-1,67	11,27	2,4±3,58 (1,57)	-4,26	8,91	1,29±3,19 (0,97)	0,861
U6D ,y	-2,15	4,07	0,75±1,57 (0,89)	-7,13	2,95	0,26±2,21 (0,31)	-3,1	1,93	-0,28±1,39 (0)	0,047*
L6M,x	-4,07	13,46	3,03±4,83 (1,65)	-2,71	11,11	2,54±3,32 (2,2)	-3,87	10,84	1,2±3,51 (0,39)	0,449
L6M,y	-2,03	3,78	0,47±1,6 (0,29)	-6,72	2,31	-0,18±1,96 (0,11)	-4,26	5,35	-0,06±1,87 (0)	0,538
L6D,x	-5,52	9,88	2,58±4,38 (2,1)	-5,42	11,11	1,89±3,54 (1,68)	-5,03	10,07	0,95±3,3 (0,2)	0,580
L6D,y	-1,45	4,36	0,66±1,48 (0,29)	-6,29	2,51	-0,38±2,06 (0,21)	-3,48	2,71	0,3±1,55 (0,39)	0,091
UL,x	-3,2	9,88	0,63±3,11 (0,73)	-1,67	7,96	1,31±2,32 (0,94)	-7,36	10,06	0,12±3,76 (0,77)	0,387
UL,y	-4,06	4,07	-0,09±2,14 (-0,29)	-3,15	3,97	0,16±1,91 (0,52)	-3,48	3,09	-0,1±1,63 (-0,19)	0,819
LL,x	-2,33	9,3	1,22±3,01 (0,73)	-1,67	8,17	1,57±2,36 (2,1)	-8,9	11,23	0,19±4,11 (0,39)	0,247
LL , y	-7,56	3,48	0,2±2,73 (0,55)	-2,51	3,34	0,63±1,65 (0,74)	-5,03	3,09	-0,02±1,91 (0)	0,186
Friedman Test			*p<0,05							

POr düzleminde Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı ile Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programları arasındaki uyum Tablo 4.5'te değerlendirilmiştir.

POr düzleminde Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli program ile Facad tam otomatik yapay zeka programı arasındaki uyum değerlendirmesine göre Y koordinatında Pog', Me, U1R, ULM, U6D, LL noktaları hariç diğer X ve Y koordinatlarındaki noktalar için pozitif yönlü, iyi ve orta düzeyli istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmaktadır ($p < 0,005$). Diğer koordinat ve noktalardaki ölçümler açısından Dolphin ile Facad programları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

POr düzleminde Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli program ile WebCeph tam otomatik yapay zeka programı arasındaki uyum değerlendirmesine göre X koordinatında Me' noktasında pozitif yönlü, orta düzeyli ve istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmaktadır ($p: 0,045$; $p < 0,05$). Diğer koordinat ve noktalardaki ölçümler açısından Dolphin ile WebCeph programları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Tablo 4.5: POr düzleminde Dolphin programı ile Facad ve WebCeph programı arasındaki uyumun değerlendirilmesi

POr düzlemi	Dolphin-Facad				Dolphin-WebCeph			
	ICC	Alt Sınır	Üst Sınır	p	ICC	Alt Sınır	Üst Sınır	p
A , x	0,519	0,111	0,777	0,008*	0,175	-0,279	0,565	0,224
A,y	0,452	0,024	0,740	0,020*	0,168	-0,286	0,560	0,234
A',x	0,682	0,354	0,861	0,000*	0,226	-0,229	0,600	0,162
A',y	0,426	-0,008	0,725	0,027*	-0,082	-0,497	0,364	0,638
B,x	0,633	0,276	0,837	0,001*	-0,025	-0,453	0,413	0,542
B,y	0,449	0,020	0,738	0,021*	-0,053	-0,475	0,388	0,591
B',x	0,695	0,374	0,867	0,000*	-0,297	-0,647	0,156	0,904
B',y	0,597	0,221	0,818	0,002*	0,184	-0,270	0,572	0,212
ANS,x	0,392	-0,049	0,705	0,039*	0,265	-0,189	0,626	0,123
ANS,y	0,742	0,455	0,889	0,000*	0,133	-0,318	0,535	0,283
PNS,x	0,596	0,221	0,818	0,002*	0,216	-0,240	0,593	0,174
PNS,y	0,499	0,085	0,766	0,011*	-0,153	-0,550	0,300	0,746
Pog,x	0,667	0,329	0,853	0,000*	-0,042	-0,466	0,398	0,572
Pog,y	0,443	0,012*	0,735	0,022*	-0,131	-0,533	0,320	0,714
Pog',x	0,597	0,222	0,818	0,002*	-0,178	-0,567	0,276	0,780
Pog',y	0,255	-0,200	0,620	0,132	0,353	-0,095	0,681	0,058
Me,x	0,617	0,252	0,829	0,001*	-0,146	-0,545	0,306	0,737
Me , y	0,291	-0,162	0,643	0,100	-0,065	-0,484	0,379	0,610
Me',x	0,606	0,234	0,823	0,002*	0,378	-0,065	0,697	0,045*
Me' , y	0,534	0,132	0,785	0,006*	0,279	-0,175	0,635	0,110
U1İ,x	0,757	0,482	0,896	0,000*	-0,079	-0,495	0,366	0,634
U1İ,y	0,639	0,285	0,840	0,001*	0,278	-0,176	0,634	0,111
U1R , x	0,777	0,518	0,905	0,000*	0,310	-0,142	0,655	0,085
U1R,y	0,345	-0,104	0,677	0,063	0,216	-0,239	0,594	0,173
L1İ , x	0,813	0,587	0,922	0,000*	0,291	-0,163	0,643	0,101
L1i , y	0,444	0,014	0,736	0,022*	-0,156	-0,552	0,297	0,750
L1R , x	0,429	-0,005	0,727	0,026*	0,025	-0,412	0,453	0,457
L1R, y	0,637	0,281	0,838	0,001*	-0,217	-0,594	0,238	0,828
U6M , x	0,549	0,152	0,793	0,005*	0,155	-0,297	0,551	0,251
U6M,y	-0,308	-0,654	0,144	0,913	0,032	-0,406	0,459	0,445
U6D ,x	0,597	0,221	0,818	0,002*	0,129	-0,322	0,532	0,289
U6D ,y	0,233	-0,222	0,605	0,155	-0,064	-0,483	0,379	0,609
L6M,x	0,747	0,464	0,892	0,000*	0,085	-0,361	0,500	0,357
L6M,y	0,430	-0,003	0,727	0,026*	-0,447	-0,737	-0,017	0,979
L6D,x	0,718	0,413	0,878	0,000*	0,106	-0,343	0,515	0,324
L6D,y	0,396	-0,044	0,708	0,038*	-0,457	-0,743	-0,030	0,981
UL,x	0,654	0,308	0,847	0,001*	0,059	-0,383	0,480	0,399
UL,y	0,429	-0,005	0,727	0,026*	-0,597	-0,818	-0,221	0,998
LL,x	0,529	0,125	0,783	0,007*	0,142	-0,310	0,542	0,269
LL , y	0,354	-0,093	0,683	0,058	0,088	-0,359	0,501	0,353

ICC: Intraclass correlation coefficient

*p<0,05

POr düzleminde Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programları arasındaki uyum Tablo 4.6’da değerlendirilmiştir.

POr düzleminde Facad ve WebCeph Tam otomatik yapay zeka programları arasındaki uyum değerlendirmesine göre X koordinatında A', U1R, L1İ ve Y koordinatında U1İ noktaları için pozitif yönlü, orta düzeyli istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmaktadır ($p < 0,005$). Diğer koordinat ve noktalardaki ölçümler açısından Facad ve WebCeph programları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uyum bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Tablo 4.6: POr düzleminde Facad ve WebCeph programları arasındaki uyumun değerlendirilmesi

POr düzlemi	Facad- WebCeph			
	ICC	Alt Sınır	Üst Sınır	p
A , x	0,363	-0,083	0,688	0,053
A,y	-0,012	-0,443	0,423	0,521
A',x	0,390	-0,052	0,704	0,040*
A',y	-0,133	-0,535	0,318	0,717
B,x	0,265	-0,189	0,626	0,123
B,y	-0,111	-0,519	0,338	0,684
B',x	0,006	-0,428	0,437	0,491
B',y	0,163	-0,290	0,557	0,240
ANS,x	0,154	-0,299	0,550	0,253
ANS,y	0,159	-0,294	0,554	0,246
PNS,x	0,096	-0,351	0,508	0,339
PNS,y	0,116	-0,333	0,523	0,308
Pog,x	0,226	-0,229	0,600	0,162
Pog,y	-0,001	-0,433	0,432	0,501
Pog',x	0,161	-0,292	0,555	0,243
Pog',y	-0,018	-0,447	0,418	0,530
Me,x	0,164	-0,290	0,557	0,239
Me , y	-0,026	-0,454	0,412	0,544
Me',x	0,151	-0,302	0,548	0,257
Me' , y	0,106	-0,343	0,515	0,324
U1İ,x	0,159	-0,294	0,554	0,246
U1İ,y	0,398	-0,043	0,708	0,037*
U1R , x	0,467	0,043	0,749	0,016*
U1R,y	0,231	-0,224	0,604	0,157
L1İ , x	0,488	0,069	0,760	0,012*
L1i , y	-0,043	-0,467	0,398	0,573
L1R , x	0,358	-0,089	0,685	0,056
L1R, y	-0,158	-0,553	0,295	0,753

Tablo 4.6: POr düzleminde Facad ve WebCeph programları arasındaki uyumun değerlendirilmesi (devam)

U6M , x	0,131	-0,320	0,533	0,286
U6M,y	-0,338	-0,673	0,111	0,933
U6D ,x	0,075	-0,370	0,492	0,374
U6D ,y	0,268	-0,186	0,628	0,120
L6M,x	0,254	-0,201	0,619	0,133
L6M,y	0,183	-0,272	0,570	0,214
L6D,x	0,163	-0,290	0,557	0,240
L6D,y	0,105	-0,343	0,515	0,325
UL,x	0,000	-0,433	0,433	0,500
UL,y	-0,562	-0,800	-0,171	0,996
LL,x	0,067	-0,377	0,486	0,386
LL , y	-0,174	-0,564	0,280	0,774
ICC: Intraclass correlation coefficient			*p<0,05	

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada yapay zeka yazılımlarıyla yapılan lateral sefalometrik radyografi çakıştırmalarının doğruluğunun, yarı otomatik yazılımla yapılan lateral sefalometrik radyografi çakıştırmaları ile karşılaştırılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde, Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programlarıyla yapılan çakıştırmaların X ve Y koordinatlarına göre uzaklıklarında, Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı kullanılarak yapılan el çizimi ölçümlere göre istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla “Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programlarıyla yapılan lateral sefalometrik radyografilerin çakıştırmalarının doğruluğu yarı otomatik yazılımla örtüşmektedir” olarak belirlenen sıfır hipotezimiz doğrulanmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında yarı otomatik bilgisayar destekli programı ve yapay zeka programları ile yapılan çakıştırmalarının karşılaştırılmasının değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır ancak yarı otomatik yazılımlarla el çizimi yöntemin çakıştırmalarının karşılaştırıldığı birçok çalışmada SN ve POr düzlemleri kullanılmıştır, dolayısıyla çalışmamızda çakıştırma yöntemi olarak bu düzlemler kullanılmıştır. Her ne kadar el çizimi yöntemle yapılan çakıştırma altın standart olarak kabul edilse de (Saidagzamovich ve diğerleri, 2018b) dijital yöntem, zamandan tasarruf, gelişmiş kontrast ve gözlemciler arası değişkenliğin azalması gibi avantajlar sebebiyle artık tercih edilmektedir(Mitra ve diğerleri, 2020). Bugüne kadar literatürde bildirilen çalışmalarda, SN düzleminde el çizimi yöntemle yapılan çakıştırma ile yarı otomatik bilgisayar destekli program kullanılarak yapılan çakıştırma karşılaştırıldığında yarı otomatik programların güvenilirlik oranının oldukça yüksek olduğu sonucuna varılmıştır, dolayısıyla da çalışmamızda tam otomatik yapay zeka programları, el çizimi yöntem yerine yarı otomatik bilgisayar destekli program ile karşılaştırılmıştır.

Saidagzamovich ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada 21 erkek, 22 kadın toplam 43 hastanın tedavi öncesi (T1) ve tedavi sonrası (T2) sefalometrik görüntüleri üzerinde, el çizimi metodu ve V-Ceph yarı otomatik yazılım programı kullanılarak ölçümler ve çakıştırma uygulaması yapılmıştır. Çalışmada çakıştırma düzlemi SN olarak belirlenmiştir. 40 hastanın tedavi süresi 6 ay- 5,5 yıl aralığındadır. Bu röntgenler T1-T2 periyodunun

süresine göre üç gruba ayrılmıştır. Grup 1 tedavi süresi 0-2 yıl olan hastalar, ikinci grup 2-3 yıl tedavi gören hastalar, üçüncü grup tedavi süresi 3 yıldan fazla olan hastalar olarak belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda 43 sefalometrik röntgenin 3'ünde, el çizimi ve dijital kraniyal çakıştırmalar arasındaki ölçümsel fark 1 mm'den fazla bulunmuştur. Çakıştırma ölçümlerinin karşılaştırılması sonucunda tüm değerlerde 1 mm'den az mesafe farkıyla birlikte %95 güvenirlilik oranına ulaşılmıştır(Saidagzamovich ve diğerleri, 2018a). Roden-Johnson ve diğerleri yaptıkları çalışmada, 30 hastanın tedavi öncesi ve en az iki yıl sonra çekilmiş tedavi sonrası lateral sefalometrik radyografilerini incelemişlerdir. Yapılan ölçümler el çizimi ve Quick Ceph 2000 yapay zeka programını kullanılarak gerçekleştirilmiş, bu iki ölçüm grubunda çakıştırmalar yapılmıştır. El çizimi ve dijital olarak yapılan anatomik landmark tanımlanmasında ve SN düzleminde yapılan mandibula, maksilla ve kraniyal kaidenin bölgesel çakıştırmalarında el çizimi ve dijital gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.(Roden-Johnson ve diğerleri, 2008)

Moon ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada 283 adet lateral sefalometrik film 3 aylık aralıklarla iki kez incelenmiş ve yapılan ölçümler çakıştırılmıştır. İlk çakıştırmada SN doğrusu kullanılmış, ikinci çakıştırmada ise önerilen yeni bir metod kullanılmıştır. Bu metodda S ve N noktaları belirlenmesindeki aşırı güvenilirliği azaltmak için bu noktalara ek olarak P, O, Ba ve pterygoid (Pt) noktaları çakıştırma işleminde referans noktası olarak kullanılmıştır. (Moon ve diğerleri, 2020)

Jiang ve diğerlerinin yaptığı çalışma sonucunda ön kafa kaidesi çakıştırmada tedavi sonu landmark mesafesi Pt noktada en az farklılık, menton (Me)da ise en fazla farklılık göstermiştir. Mandibular çakıştırmada en fazla farklılık condylon noktasındadır. Maksiller çakıştırmada ise tüm noktalarda tedavi sonu landmark mesafesinde farklılık bulunmamıştır. El çizimi ve dijital yöntemle yapılan çakıştırmalarda, iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.(Jiang ve diğerleri, 2020)

Lenza ve diğerleri yaptıkları çalışmada, tedavi öncesi ortalama yaşları 13 yıl tedavi sonrası ise 17,6 yıl olan Angle Sınıf I maloklüzyonlu ve birinci premolar dişleri çekilmiş 31 hastanın tedavi öncesi ve sonrası sefalometrik görüntüleri üzerinde farklı çakıştırma yöntemleri Radiocef Studio 2.0 programı kullanarak uygulanmıştır. Kullanılan yöntemler; Björk'ün yapısal metodu, Steiner-Tweed SN doğrusu metodu, Ricketts'in N noktasında N-Ba çizgisi metodu ve Ricketts'in CC noktasında N-Ba çizgisi metodudur. Çakıştırma ölçümlerinde

dikey değişiklikler FH düzlemine, yatay değişiklikler ise N noktasına bir dik çizilerek ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde kullanılan dört farklı metod arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.(Lenza ve diğerleri, 2015)

Yıllar içinde büyüme gelişim değişikliklerinin tespiti için farklı karşılaştırma teknikleri kullanılarak sefalometrik incelemeler yapılmıştır. Ön kraniyal kaide yapıları farklı zamanlarda büyüme gelişimlerini tamamlar. Presfenoidal bölgeler 7 yaşında, ethmoid bölge 4 yaşında büyüme gelişimini tamamlamak üzeredir. N, frontal sinüsün de genişlemesiyle öne doğru hareket ederken sella turcica erken yetişkinliğe kadar yeniden şekillenir. Kim ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada, Björk'ün yapısal metodu referans alınarak; 6 landmarkın kullanıldığı (S, N, P, O, Ba, Pt) otomatize çoklu karşılaştırma metodu ve geleneksel SN metodu karşılaştırılmıştır. Ortodontik tedavi görmeyen 268 adet büyüme gelişim çağındaki çocuktan ortalama 2,7 yıl aralıklı olarak ikişer adet sefalometrik röntgen alınmış ve bu metodlarla el çizimi olarak ölçümler yapılmıştır. Büyüme analizinde karşılaştırma yapılırken maksillaya kıyasla mandibuladaki landmarklar Björk'ün yapısal yönteminden daha fazla farklılık göstermiştir. Björk metoduyla karşılaştırıldığında; çoklu landmark metodu, geleneksel SN metoduna göre daha fazla değersel benzerlik göstermiştir. Karşılaştırma yöntemleri arası farkın artması, kafa tabanının büyümesiyle ilişkilendirilmiştir. Sefalometrik röntgenlerin alınış tarihleri arası fark arttıkça ve seçilen karşılaştırma noktası kraniyal kaideden uzaklaştıkça landmarklar arası daha büyük ölçüm farklılıkları olduğu sonucuna varılmıştır.(Kim ve diğerleri, 2022)

Yapılan bu çalışmalarda SN yöntemi ve P, O, Ba ve Pt noktaları, Björk'ün yapısal metodu, Steiner-Tweed SN doğrusu metodu, Ricketts'in N noktasında N-Ba çizgisi metodu ve Ricketts'in CC noktasında N-Ba çizgisi metodu, Johnston tarafından geliştirilen yapısal karşılaştırma yöntemi karşılaştırılmıştır. Björk'ün yapısal yöntemi ve P, O, Ba ve Pt noktaları referans alınarak yapılan karşılaştırma yöntemleri SN yöntemine göre daha tutarlı sonuçlar vermektedir ancak bizim çalışmamızda SN ve POr düzlemleri ile karşıştırmalar gerçekleştirilmiştir. İmplant uygulaması invaziv olduğundan dolayı Björk yapısal yöntemi tercih edilmemiştir. Çalışmamızda kullanılan yazılımların ortak karşılaştırma düzlemleri SN ve POr düzlemleri olduğu için bu düzlemler tercih edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada 20 hastadan en az bir yıl arayla olmak üzere iki defa lateral lateral sefalometrik radyografi alınmıştır. SN düzleminde yapılan ölçümlerde; tüm noktalarda

Dolphin, Facad ve WebCeph programları ile yapılan ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çalışmamızda kullanılan diğer karşılaştırma düzlemi olan POr da literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Bruntz ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada 30 hastanın tedavi öncesi ve sonrası sefalometrik görüntüleri orijinal görüntü, dijital görüntü ve basılı görüntü olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Görüntüdeki bozulma, ölçüm doğruluğu ve karşılaştırma sonuçlarını değerlendirmek amacıyla üç farklı karşılaştırma yöntemi ve 23 noktada sefalometrik ölçüm kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre istatistiksel farklılık bulunan tüm ölçümler P ve O anatomik landmarklarını içermektedir. Dijital ve basılı görüntüler arasında P ve O düzleminde istatistiksel farklılıklar bulunurken orijinal ve basılı görüntüler arasında ve ayrıca orijinal ve dijital görüntüler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.(Bruntz ve diğerleri, 2006)Bruntz ve diğerlerinin yaptığı çalışmada da Moon ve diğerlerinin çalışması gibi POr düzlemine göre yapılan karşıştırmalarda tutarlılık bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da POr düzleminde yapılan karşıştırmalarda Y koordinatında U6D noktası dışında Dolphin, Facad ve WebCeph programları ile yapılan ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamış ($p>0,05$) ve bu çalışmalara benzer şekilde örtüşme olduğu sonucuna varılmıştır.

Bilgisayarların ve bilgi teknolojisinin gelişmesi, 1970'lerin sonlarından itibaren sefalometri de dahil olmak üzere radyografinin dijitalleşmesine yol açmıştır. Dijital bilimin tanıtılmasıyla birlikte, otomatik ve yarı otomatik landmark tanımlaması mümkün hale gelmiştir ve bu, radyografilerin el çizimi ihtiyacını azaltmıştır ve operatör düzeyinde hassasiyeti ortadan kaldırarak tekrarlanabilirliği arttırmıştır(Forsyth ve diğerleri, 1996). Dijitalleşme ayrıca görüntüleme kalitesinin artmasını, radyasyona maruz kalmanın azalmasını, teleradyolojiyi, radyografileri daha az masrafla çoğaltma yeteneğini, paylaşımı ve güvenli arşivlemeyi kolaylaştırmıştır(Mitra ve diğerleri, 2020). Ancak yine de literatüre bakıldığında sefalostatın kullanılmaya başlanmasından bu yana, geleneksel radyografik filmler üzerinde elle çizilen sefalometrik analiz, sefalometride altın standart olduğu görülmektedir(Finlay, 1980; Saidagzamovich ve diğerleri, 2018b).Bununla birlikte, el çizimi, landmark tanımlama ve ölçümler sırasında yüksek bir hata riski ile ilişkilendirilmiştir(Mitra ve diğerleri, 2020).Bu gibi dezavantajlar sebebiyle sefalometrik analiz ve karşılaştırma amacıyla geliştirilmiş birçok dijital program bulunmaktadır.

Çalışmamızda Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı kullanılmıştır çünkü ortodonti literatüründe Dolphin Imaging yarı otomatik bilgisayar destekli programın güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini test eden, elle çizimle karşılaştıran birçok çalışma bulunmaktadır ve güvenilir olduğu ve diğer dijital sefalometrik yazılımlardan daha sık kullanıldığı tespit edilmiştir (Aksakallı ve diğerleri, 2016; Celik ve diğerleri, 2009; Nouri ve diğerleri, 2015; Prabhakar ve diğerleri, 2014). Albarakati ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, 30 hastanın tedavi öncesi sefalometrik görüntülerinde 13 adet anatomik nokta ve 16 adet ölçüm parametresi kullanılarak 6 haftalık periyotlarla ikişer kez el çizimi ölçüm ve Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programında dijital ölçüm gerçekleştirilmiştir. ANB açısı, konveksivite açısı, ön yüz yüksekliği ve alt yüz yüksekliği hariç tüm değerlerde istatistiksel olarak belirgin farklar bulunmuştur. Bu farklılıkların nedeni, bazı anatomik noktaların röntgen üzerinde belirlenme zorluğu olarak belirtilmiştir. Sonuç olarak; ölçüm sonuçlarındaki farklılıklar klinik olarak anlamlı bulunmamıştır.(Albarakati ve diğerleri, 2012) Huja ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, 31 kadın 33 erkek toplam 64 hastanın T1 ve T2 sefalometrik görüntüleri el çizimi ve Dolphin Imaging yarı otomatik bilgisayar destekli programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Kranial taban karşıştırmaları için SN üzerinden yatay eksen, S üzerinden dikey eksen oluşturulmuştur. Maksiller bölgesel karşıştırmalar için Harvold tarafından tanımlanan ANS (kemikli çıkıntının dikey kalınlığının 3 mm olduğu) boyunca yatay bir eksen ve PNS boyunca dikey bir eksen tanımlanmıştır. Mandibular bölgesel karşıştırmalar için, gonion (Go) ve Me aracılığıyla yatay bir eksen, Go yoluyla dikey bir eksen kullanılmıştır. El çizimi ve dijital karşıştırmalar karşılaştırıldığında, maksiller keser diş ucu ve kök ucu (1,09 mm) hariç tüm değişkenlerde tedavi sonrası landmark uzaklığı için bulgular 1 mm'den küçük ve üst güvenilirlik düzeyinde bulunmuştur. (%95).(Huja ve diğerleri, 2009) Prabhakar ve diğerleri tarafından 30 hastanın sefalometrik görüntüleri üzerinde 12 açısal 9 doğrusal parametre kullanılarak toplam 1830 ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde el çizim metodu, Nemoceph ve Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programıyla dijital ölçüm kullanılmış ve gruplar arasındaki ölçüm güvenilirliği test edilmiştir. Sonuçlara göre ölçümlerde anlamlı farklılıklar bulunamamıştır. Bu çalışma bilgisayar destekli dijital ölçüm programlarıyla yapılan ölçümlerin el çizimi metoduyla aynı güvenilirlik seviyesinde, aynı zamanda daha hızlı ve kolay yapıldığı fikrini desteklemektedir.(Prabhakar ve diğerleri, 2014) Sefalometrik analizlerde kullanılan yöntem ne olursa olsun, çizim için en önemli kriter doğruluk ve yüksek tekrarlanabilirlik oranıdır.

Yapılan araştırmalar, uygulayıcılar arasındaki hatanın, uygulayıcının kendi işlem hatalarından daha fazla olduğunu göstermiştir. Meriç ve ark. tarafından yapılan çalışmada 40 hastanın tedavi öncesi lateral sefalometrik radyografileri 3 ayrı metodla tek uygulayıcı ile incelenmiştir. Bilgisayar destekli ölçümlerde Dolphin Imaging yarı otomatik bilgisayar destekli program, telefon/tablet uygulama destekli ölçümlerde CephNinja ve web tabanlı ölçümlerde CephX uygulaması kullanılmıştır. CephX ile yapılan ölçümlerde GoGn-SN açısal ölçümünün daha güvenilir eldesi için programsal iyileştirmelere ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır. GoGn-SN ölçümünde diğer yöntemlere göre daha yüksek değerler eldesinin sebebi, CephX programının GoGn düzlemi yerine GoMe düzlemi kullanmasıdır. CephX kullanımında analiz süresi el çizimi metoduna göre 13 kat, CephNinja ve Dolphin'e göre yaklaşık 3 kat daha hızlı bulunmuştur. Dişsel ölçümlerin çoğunda diğer metodlara göre CephX kullanımı istatistiksel olarak daha az güvenilir sonuçlar vermiştir ancak CephX üzerinde yapılan el çizimi düzeltmelerle diğer programlarla benzer ölçüm değerleri elde edilmiştir.(Meriç ve diğerleri, 2020)

Geçtiğimiz yüzyılda, geliştirilmiş MACHINE-LEARNING metodu olan “deep learning” oldukça ilgi çekmeye başlamıştır. Evrişimli sinir ağlarını (CNN'ler) kullanan derin öğrenme tabanlı raporlar dikkate değer sonuçlar elde etmiştir (Oh ve diğerleri, 2021; Zeng ve diğerleri, 2021).Bu sonuçlar, CNN'leri kullanan derin öğrenmenin diş hekimlerine ortodontistler içinde ve ortodontistler arasındaki zaman kaybı ve tutarsızlıklar gibi ortodontik tanı ile ilgili klinik sorunları azaltmada yardımcı olabileceğini göstermektedir.

CNN, bir evrişim katmanı ile karakterize edilen bir yapay sinir ağları sınıfıdır. Evrişim katmanı, bir özellik haritası oluşturmak için giriş verilerinin hiyerarşik özelliklerini otomatik olarak öğrenebilen bir çekirdek bileşendir. Çıktı özellik haritası, yüksek eğitim verimliliğine, çekirdeklerin ham verilerden belirli görevleri gerçekteştirmesi için eğitilmesine, aktarım öğrenimine ve görüntü tanıma ve sınıflandırmada diğer akıllı algoritmalarından daha iyi performansa olanak tanır(Do ve diğerleri, 2020). Bu nedenle, CNN mimarisi, 2B ve 3B görüntülerde oldukça karmaşık desenlerle başa çıkmak için medial görüntü analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Gelişmiş derin öğrenme teknikleri tanıtıldığından, CNN mimarisi(Kunz ve diğerleri, 2020; Nishimoto ve diğerleri, 2019; Park ve diğerleri, 2019) kullanılarak otomatik sefalometrik işaret belirleme için daha akıllı modeller geliştirilmiştir. Bilgiye dayalı modellerle

karşılaştırıldığında, CNN tabanlı modeller, klinik olarak kabul edilebilir görünen daha küçük dönüm noktası lokalizasyon sapmaları ile daha iyi performans elde etmiştir.

Shin ve diğerleri ve Yu ve diğerleri hastaları otomatik olarak farklı iskeletsel maloklüzyon gruplarına sınıflandırmak için lateral sefalometrik radyografileri kullanan CNN-tabanlı iskelet tanı modellerini %95'in üzerinde yüksek sınıflandırma doğruluğu ile geliştirmiştir[Shin ve diğerleri, 2021;Yu ve diğerleri, 2020] Kim ve diğerleri konik ışıklı bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntülerinde iskelet maloklüzyonlarını sınıflandırmak için iki çok kanallı derin öğrenme modeli geliştirmiştir(Kim ve diğerleri, 2020). Önerilen modeller, %93'ün üzerinde yüksek genel doğruluk elde etmiştir. Ayrıca Lo ve diğerleri ve Lin ve diğerleri 3B yüz fotoğrafları kullanarak sırasıyla CNN modelleri ve ortognatik cerrahi öncesi ve sonrası yüz simetrisinin objektif ve nicel değerlendirmesi için KIBT görüntüleri [(Lo ve diğerleri, 2021), (Lin ve diğerleri, 2021)] geliştirmiştir.(Hung ve diğerleri, 2022)

Çeşitli araştırmacılar 2B ve 3B landmark tayini, iskelet maloklüzyonu sınıflandırılması, ortognatik cerrahi öncesi planlama, tanı ve tedavi planlaması gibi çalışmalarında CNN kullanan derin öğrenme tabanlı yapay zeka yazılım programları kullanmışlardır. CNN tabanlı modellerle yapılan çalışmalar, bilgiye dayalı modellerle kıyaslandığında istatistiksel olarak daha tutarlı sonuçlar vermiştir. Bizim çalışmamızda da CNN tabanlı modellere sahip yapay zeka programları olan WebCeph ve Facad tam otomatik yapay zeka programları, altın standart sayılan el çizimi sefalometrik çizim ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı ile karşılaştırılmıştır (“Product brochures – Facad.com”, t.y.; “WebCeph | Web-based Orthodontic and Orthognathic Platform”, t.y.). Çalışmanın sonuçlarına göre, Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programları ile yapılan çakıştırmaların X ve Y koordinatlarına göre uzaklıklarında, Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı kullanılarak yapılan el çizimi ölçümlere göre istatistiksel olarak farklılık bulunmamasına rağmen; Facad programı hem SN hem de POr düzlemlerinde WebCeph’e göre Dolphin sefalometrik çakıştırmalarına daha çok noktada istatistiksel olarak anlamlı uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

Yapay zekanın ortodontide kullanımı özellikle son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Sefalometrik analiz alanında kullanılan çeşitli programlardan biri olan WebCeph, web tabanlı otomatize edilmiş bir yapay zeka uygulamasıdır. Programda hastaların fotoğrafları, sefalometrik röntgenleri ve panoramik görüntüleri dijital olarak arşivlenebilmektedir. Hali

hazırda birçok sefalometrik analizi barındırmanın yanı sıra, birçok anatomik nokta seçimiyle farklı analizler dizayn edilebilmektedir. Mahto ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada, düzlemsel ve açısal sefalometrik ölçümleri el çizimi yöntemi ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programı kullanarak karşılaştırmalar karşılaştırmıştır. Toplam 18 landmark tayiniyle 12 tane ölçüm yapılmıştır. ICC değerleri yorumlandığında, el çizimi metodu ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programı kullanılarak yapılan karşılaştırma karşılaştırmaları arasında yüksek seviyede uyum gözlenmiştir.(Mahto ve diğerleri, 2022)

Yassir ve diğerleri, ortodontik tedavi öncesi 50 hastanın lateral sefalometrik radyografileriyle WebCeph tam otomatik yapay zeka programı ve AutoCAD programlarının doğruluğu ve güvenilirliğini incelemişlerdir. AutoCAD yazılımı sefalometrik analiz için dizayn edilmemiştir fakat landmark tespitinde ve doğrusal çizgiler oluşturmak için açısal ölçüm eldesi için kullanılabilir. Sefalometrik röntgenlerde 17 landmark ve 11 adet iskeletsel, dental ve yumuşak doku parametresi kullanılarak açısal ve noktasal ölçümler yapılmıştır. ICC testi L1-MP değeri dışında yüksek uyumluluk göstermiştir. İki program arasındaki farklılıkların çoğu açısal ölçümlerde bulunmuştur. AutoCAD programı görüntü kalibrasyonu, magnifikasyon düzeltimi, el çizimi olarak landmark tayinini istenilen şekilde gerçekleştirme gibi avantajlara sahiptir. WebCeph tam otomatik yapay zeka programı; farklı dillerde ücretsiz erişim, bilgisayar ve akıllı telefonlarda kullanımı ve arayüzünün kullanım kolaylığı gibi olumlu özelliklerine rağmen, tamamen otomatize edilmiş versiyonunun landmark tayininde anlamlı uyumsuzluklar gösterebildiği bildirilmiştir. Bu doğrultuda yarı-otomatize WebCeph programı, tam otomatize versiyonunun limitasyonlarını aşabilir.(Yassir ve diğerleri, 2022)

Çalışmamızda kullanılan diğer tam otomatik yapay zeka programı ise Facad'dır. Son sürümü 3.12.2020 tarihinde kullanıma sunulmuştur. Alqahtani ve diğerleri Facad ve web tabanlı bir platform olan CephX ile yapılan sefalometrik röntgen analizinin 8 doğrusal ve 8 açısal ölçümünü, çizimlerin tekrarlanabilirliğini değerlendirmiştir. Hem Facad tam otomatik yapay zeka programı hem de CephX programları tarafından elde edilen ölçümlerin tekrarlanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. SNA, FMA ve Pg'den NB'ye bazı ölçümler için önemli farklılıklar saptanmasına rağmen, farklılıklar klinik olarak anlamlı bulunmamıştır.(Alqahtani, 2020)

Facad tam otomatik yapay zeka programlarının Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı veya WebCeph web tabanlı tam otomatik yapay zeka programı ile sefalometrik analiz veya çakıştırma doğruluğu ile ilgili yayınlanmış hiçbir literatür çalışması bulunamamıştır. Dolayısıyla alışma bulgularımızı literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırmamız mümkün olmamıştır. Ancak bu çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde, yaptığımız çalışmada, Facad ile WebCeph programları arasında SN düzleminde X koordinatında A, U1İ, U1R, L6M, L6D noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. SN düzleminde X koordinatında A', B, B', ANS, PNS, Pog, Pog', Me, Me', L1i, L1r, U6M, U6D, UL, LL lmleri ve Y koordinatında tüm noktalarındaki ölçümler açısından Facad ile WebCeph tam otomatik yapay zeka programları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p>0,05$). POr düzleminde X koordinatında A', U1R, L1İ noktalarında, Y koordinatında U1İ noktasında istatistiksel olarak tutarlılık bulunmuştur. POr düzleminde X koordinatında A, B, B', ANS, PNS, Pog, Pog', Me, Me', U1İ, L1R, U6M, U6D, L6M, L6D, UL, LL noktalarındaki ölçümleri açısından ve Y koordinatında U1İ noktası haricindeki tüm noktalardaki ölçümler açısından Facad ile WebCeph tam otomatik yapay zeka programları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p>0,05$). WebCeph tam otomatik yapay zeka yazılımındaki bu tutarsızlıkların yazılım ya da kodlama farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmanın sonuçlarına göre, Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programları ile yapılan akıştırmaların X ve Y koordinatlarına göre uzaklıklarında, Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı kullanarak yapılan el çizimi ölçümlere göre istatistiksel olarak farklılık bulunmamasına rağmen; Facad programı hem SN hem de POr düzlemlerinde WebCeph'e göre Dolphin sefalometrik çakıştırmalarına daha çok noktada istatistiksel olarak anlamlı uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Facad'ın WebCeph'ten anlamlı seviyede daha yüksek uyum göstermesinin sebebi Yassir ve diğerlerinin bildirdiği gibi WebCeph'teki gibi landmark tayininin güvenilirliğinin yeterli olmamasından kaynaklanıyor olabilir ve bu durumun, landmark tayinine operatör tarafından müdahale edilerek dolayısıyla da tam otomatik bir yapay zeka programı olan WebCeph'i yarı otomatik hale getirerek aşılabileceği düşünülmektedir(Yassir ve diğerleri, 2022). Her ne kadar Facad'ın Dolphin'le uyumu daha yüksek olsa da ortodontik tedavinin ve büyüme gelişimi için Dolphin programına alternatif olarak her iki program da kullanılabilir.

Bu çalışma sonucunda sıfır hipotezimiz doğrulanmıştır ancak tam otomatik yapay zeka yazılımı olarak sadece WebCeph ve Facad yapay zeka yazılım programları değerlendirilmiştir, dolayısıyla ileriki çalışmalarda karşılaştırma özelliği olan diğer yapay zeka yazılım programları ve farklı karşılaştırma yöntemleri de karşılaştırılabilir

Farklı zamanlarda alınan lateral sefalometri radyografilerinin yapay zeka yazılımları ile karşılaştırılmasının doğruluğunun değerlendirildiği bu çalışmada elde edilen bulgular ile şu sonuçlara varılmıştır:

- i. Facad ile WebCeph tam otomatik yapay zeka programları arasında gerek SN düzlemi gerekse POr düzlemlerinde yapılan karşıtırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır.
- ii. Facad ve WebCeph tam otomatik yapay zeka programları ile yapılan karşıtırmalarda X ve Y koordinatlarına göre uzaklıklarında, Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı kullanarak yapılan el çizimi ölçümlere göre istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır.
- iii. Facad tam otomatik yapay zeka programı hem SN hem de POr düzlemlerinde WebCeph tam otomatik yapay zeka programına göre Dolphin yarı otomatik bilgisayar destekli programı sefalometrik karşıtırmalarına fazla noktada anlamlı uyum göstermiştir.

REFERANSLAR

- Aksakallı, S., Yılcı, H., Görükmez, E. ve Ramoğlu, S. İ. (2016). Reliability assessment of orthodontic apps for cephalometrics. *Turkish journal of orthodontics*, 29(4), 98.
- Albarakati, S. F., Kula, K. S. ve Ghoneima, A. A. (2012). The reliability and reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of conventional and digital methods. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(1), 11-17.
- Albus, J. S. (1991). *Outline for a Theory of Intelligence* (C. 21).
- Alqahtani, H. (2020). Evaluation of an online website-based platform for cephalometric analysis. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 121(1), 53-57.
- Alvi, S., Dias, L. A., Tavares, N. ve Jackson, J. (2002). *Data mining: A conceptual overview related papers asd-bi A Business Intelligence Modeling and Integration Framework based on Agile Methodol... Mouhib Alnoukari Data Mining with Microsoft SQL Server 2005 waranya poonnawat Business Intelligence Based M. Communications of the Association for Information Systems* (C. 8).
- Anomaliler, Ü. M. O. ve Sefalometri, E. (2000). Büyüme ve Gelişim, Tanı. *Ankara Üni. Diş Hek. Fakültesi Yayınları*, 252-290.
- Athanasiou Ae. (1997). *Orthodontic Cephalometry. 2nd edition St Louis Mosby*.
- Bahrammirzaee, A. (2010). A comparative survey of artificial intelligence applications in finance: artificial neural networks, expert system and hybrid intelligent systems. *Neural Computing and Applications*, 19(8), 1165-1195.
- Baumrind, S. ve Frantz, R. C. (1971). The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *American Journal of Orthodontics*, 60(2), 111-127. doi:10.1016/0002-9416(71)90028-5
- Baumrind, S., Miller, D., Molthen, R. ve Pr, K. (t.y.). *The reliability of head film measurements 3. Tracing superimposition*.
- Bian, J., Lin, W.-Y., Matsushita, Y., Yeung, S.-K., Nguyen, T.-D. ve Cheng, M.-M. (2017). Gms: Grid-based motion statistics for fast, ultra-robust feature correspondence. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* içinde (ss. 4181-4190).
- Bierstedt, R. (1976). Joseph Weizenbaum. *Computer Power and Human Reason: From Judgment to Calculation*. Pp. xii, 300. San Francisco, Calif.: W. H. Freeman & Co.,

1976. \$9.95. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 426(1), 266-267. doi:10.1177/000271627642600162
- Bjork, A. (t.y.). *Variations in the Growth Pattern of the Human Mandible: Longitudinal Radiographic Study by the Implant Method*.
- Bjork, A. ve Skieller, V. (1983). *Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years**. *European Journal of Orthodontics* (C. 5). <http://ejo.oxfordjournals.org/> adresinden erişildi.
- Björk, A ve Skieller, V. (1977). Growth of the Maxilla in Three Dimensions as Revealed Radiographically by the Implant Method. *British Journal of Orthodontics*, 4(2), 53-64. doi:10.1179/bjo.4.2.53
- Björk, Arne. (1955). Facial growth in man, studied with the aid of metallic implants. *Acta odontologica scandinavica*, 13(1), 9-34.
- Björk, Arne. (1963). Variations in the Growth Pattern of the Human Mandible: Longitudinal Radiographic Study by the Implant Method. *Journal of Dental Research*, 42(1), 400-411. doi:10.1177/00220345630420014701
- Bowling, M., Fürnkranz, J., Graepel, T. ve Musick, R. (2006). Machine learning and games. *Machine Learning*, 63(3), 211-215. doi:10.1007/s10994-006-8919-x
- Broadbent, B. H. (1931). A new x-ray technique and its application to orthodontia. *The Angle Orthodontist*, 1(2), 45-66. doi:10.1043/0003-3219(1931)001<0045:ANXTAI>2.0.CO;2
- Brodie, A. G. (1941). On the growth pattern of the human head. From the third month to the eighth year of life. *American Journal of Anatomy*, 68(2), 209-262. doi:<https://doi.org/10.1002/aja.1000680204>
- Bruntz, L. Q., Palomo, J. M., Baden, S. ve Hans, M. G. (2006). A comparison of scanned lateral cephalograms with corresponding original radiographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(3), 340-348.
- Bryson, A. ve Ho, Y. (1975). *Applied Optimal Control: Optimization, Estimation and Control*. New York: Taylor and Francis.
- Buschang, P. H., Lapalme, L., Tanguay, R. ve Demirjian, A. (1986). *The technical reliability of superimposition on cranial base and mandibular structures. EKropta** *Journal of Ortkodontia* (C. 8).

- Carlson, D. S. ve Ferrara, A. M. (1989). *Orthodontics in an aging society : this volume includes the proceedings of the Annual Symposium on Craniofacial Growth, February 19-20, 1988, Ann Arbor, Michigan*. Center for Human Growth and Development, University of Michigan.
- Celik, E., Polat-Ozsoy, O. ve Toygar Memikoglu, T. U. (2009). Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. *The European Journal of Orthodontics*, 31(3), 241-246.
- Chen, Y. J., Chen, S. K., Chang, H. F. ve Chen, K. C. (2000). Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *The Angle Orthodontist*, 70(5), 387-392.
- Chen, Y. J., Kuang, S., Dds, C., Fu, H., Dds, C. ve Chee, K. (2000). *Comparison of Landmark Identification in Traditional Versus Computer-Aided Digital Cephalometry*. *Angle Orthodontist* (C. 70). <http://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article-pdf/70/5/387/1377382/0003-3219> adresinden erişildi.
- Cohen AM, L. A. (1986). A Low Cost System for Computer Based Cephalometric Analysis. *British Journal of Orthodontics*, 13(2), 105-108.
- Copeland, B. J. ve Sylvan, R. (1999). Beyond the universal turing machine. *Australasian Journal of Philosophy*, 77(1), 46-66. doi:10.1080/00048409912348801
- Cortella, S., Shofer, F. S., Ghafari, J. ve Philadelphia, D. (1997). *Transverse development of the jaws: Norms for the posteroanterior cephalometric analysis*.
- Cross, N. (1998). *The evidence from different cultures around the world, and from designs Natural intelligence in design**.
- Cutrera, A., Barbato, E., Maiorana, F., Giordano, D. ve Leonardi, R. (2015). Reproducibility and speed of landmarking process in cephalometric analysis using two input devices: mouse-driven cursor versus pen. *Annali di stomatologia*, 6(2), 47.
- Do, S., Song, K. D. ve Chung, J. W. (2020). Basics of Deep Learning: A Radiologist's Guide to Understanding Published Radiology Articles on Deep Learning. *Korean journal of radiology*, 21(1), 33-41. doi:10.3348/kjr.2019.0312
- Dolphin İmaging. (t.y.).
- Dolphin Tracing. (t.y.).

- Downs, W. B. (1948). Variations in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. *American Journal of Orthodontics*, 34(10), 812-840.
doi:[https://doi.org/10.1016/0002-9416\(48\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0002-9416(48)90015-3)
- Downs, W. B. (1952). The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis. *American Journal of Orthodontics*, 38(3), 162-182.
doi:[https://doi.org/10.1016/0002-9416\(52\)90106-1](https://doi.org/10.1016/0002-9416(52)90106-1)
- Dreyfus, H. L. (1965). *Alchemy and artificial intelligence*. Rand Corp Santa Monica Calif.
- Efstratiadis, S. S., Cohen, G. ve Ghafari, J. (1999). Evaluation of differential growth and orthodontic treatment outcome by regional cephalometric superpositions. *The Angle Orthodontist*, 69(3), 225-230.
- Finlay, L. M. (1980). Craniometry and cephalometry: a history prior to the advent of radiography. *The Angle Orthodontist*, 50(4), 312-321.
- Forbus, K. D. (2010). AI and cognitive science: The past and next 30 years. *Topics in Cognitive Science*, 2(3), 345-356. doi:10.1111/j.1756-8765.2010.01083.x
- Forsyth, D. B. ve Davis, D. N. (1996). Assessment of an automated cephalometric analysis system. *European Journal of Orthodontics*, 18(5), 471-478.
- Geelen, W., Wenzel, A., Gotfredsen, E., Kruger, M. ve Hansson, L. G. (1998). Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor-displayed images obtained by the storage phosphor technique. *The European Journal of Orthodontics*, 20(3), 331-340.
- Ghafari, J., Engel, F. E., Laster, L. L., Phizadelphia, P. ve Antonio, S. (t.y.). *metric supetimposition on the cranial b rev&xv and a comparison of four metho*.
- Hashimoto, D. A., Witkowski, E., Gao, L., Meireles, O. ve Rosman, G. (2020). Artificial intelligence in anesthesiology: Current techniques, clinical applications, and limitations. *Anesthesiology*, 379-394. doi:10.1097/ALN.0000000000002960
- Helena Zingaretti Junqueira, C., Janson, G., Helena Zingaretti Junqueira, M., Marzullo Mendes, L., Esberard Favilla, E. ve Gamba Garib, D. (2015). Comparison between full face and hemifacial CBCT cephalograms in clinically symmetrical patients: a pilot study. doi:10.1590/2176
- Ho, Y., Bryson, A. ve Baron, S. (1965). Differential games and optimal pursuit-evasion strategies. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 10(4), 385-389.

- Huja, S. S., Grubaugh, E. L., Rummel, A. M., Fields, H. W. ve Beck, F. M. (2009). Comparison of hand-traced and computer-based cephalometric superimpositions. *The Angle Orthodontist*, 79(3), 428-435.
- Hung, K. F., Ai, Q. Y. H., Leung, Y. Y. ve Yeung, A. W. K. (2022). Potential and impact of artificial intelligence algorithms in dento-maxillofacial radiology. *Clinical Oral Investigations*. doi:10.1007/s00784-022-04477-y
- Hung, M., Park, J., Hon, E. S., Bounsanga, J., Moazzami, S., Ruiz-Negrón, B. ve Wang, D. (2020). Artificial intelligence in dentistry: harnessing big data to predict oral cancer survival. *World Journal of Clinical Oncology*, 11(11), 918.
- Israni, S. T. ve Verghese, A. (2019, 1 Ocak). Humanizing Artificial Intelligence. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. American Medical Association. doi:10.1001/jama.2018.19398
- Jackson, P. (1986). *Introduction to Expert Systems*. London: Addison Wesley.
- Jacobson, A. (1995). *Department of reviews and abstracts Edited by*.
- Jiang, Y., Song, G., Yu, X., Dou, Y., Li, Q., Liu, S., ... Xu, T. (2020). The application and accuracy of feature matching on automated cephalometric superimposition. *BMC Medical Imaging*, 20(1), 1-7.
- Käkilehto, T., Salo, S. ve Larmas, M. (2009). Data mining of clinical oral health documents for analysis of the longevity of different restorative materials in Finland. *International Journal of Medical Informatics*, 78(12). doi:10.1016/j.ijmedinf.2009.04.004
- Kant I. Kritik der Reinen Vernunft. Hamburg: Felix... - Google Akademik. (1956). 3 Kasım 2021 tarihinde [https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=Kant+I.+Kritik+der+Reinen+Vernunft.+Hamburg%3A+Felix+Meiner%3B+1956.+p.+A76-80%2C+B102-6.&btnG=adresinden erişildi](https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=Kant+I.+Kritik+der+Reinen+Vernunft.+Hamburg%3A+Felix+Meiner%3B+1956.+p.+A76-80%2C+B102-6.&btnG=adresinden+erişildi).
- Khanna, S. (2010). *Artificial intelligence: contemporary applications and future compass*. *International Dental Journal*. doi:10.1922/IDJ_2422Khanna04
- Kim, E. Y., Lim, K. O. ve Rhee, H. S. (2009). Predictive modeling of dental pain using neural network. *Studies in Health Technology and Informatics* içinde (C. 146, ss. 745-746). IOS Press. doi:10.3233/978-1-60750-024-7-745

- Kim, I., Misra, D., Rodriguez, L., Gill, M., Liberton, D. K., Almpiani, K., ... Antani, S. (2020). Malocclusion Classification on 3D Cone-Beam CT Craniofacial Images Using Multi-Channel Deep Learning Models(). *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2020*, 1294-1298. doi:10.1109/EMBC44109.2020.9176672
- Kim, M.-G., Moon, J.-H., Hwang, H.-W., Cho, S. J., Donatelli, R. E. ve Lee, S.-J. (2022). Evaluation of an automated superimposition method based on multiple landmarks for growing patients. *The Angle Orthodontist*, 92(2), 226-232.
- Kline, R. (2010). Cybernetics, automata studies, and the Dartmouth conference on artificial intelligence. *IEEE Annals of the History of Computing*, 33(4), 5-16.
- Kline, R. R. (t.y.). *Cybernetics, Automata Studies, and the Dartmouth Conference on Artificial Intelligence*.
- Korhonen, M., Gundagar, M., Suni, J., Salo, S. ve Larmas, M. (2009). A practice-based study of the variation of diagnostics of dental caries in new and old patients of different ages. *Caries Research*, 43(5), 339-344. doi:10.1159/000231570
- Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., Zeman, F. ve Boldt, J. (2020a). Artificial intelligence in orthodontics: Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized convolutional neural network. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 81(1), 52-68. doi:10.1007/s00056-019-00203-8
- Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., Zeman, F. ve Boldt, J. (2020b). Artificial intelligence in orthodontics : Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized convolutional neural network. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*, 81(1), 52-68. doi:10.1007/s00056-019-00203-8
- Lenza, M. A., Carvalho, A. A. de, Lenza, E. B., Lenza, M. G., Torres, H. M. de ve Souza, J. B. de. (2015). Radiographic evaluation of orthodontic treatment by means of four different cephalometric superimposition methods. *Dental press journal of orthodontics*, 20, 29-36.
- Lin, H.-H., Chiang, W.-C., Yang, C.-T., Cheng, C.-T., Zhang, T. ve Lo, L.-J. (2021). On construction of transfer learning for facial symmetry assessment before and after

- orthognathic surgery. *Computer methods and programs in biomedicine*, 200, 105928. doi:10.1016/j.cmpb.2021.105928
- Lo, L.-J., Yang, C.-T., Ho, C.-T., Liao, C.-H. ve Lin, H.-H. (2021). Automatic Assessment of 3-Dimensional Facial Soft Tissue Symmetry Before and After Orthognathic Surgery Using a Machine Learning Model: A Preliminary Experience. *Annals of plastic surgery*, 86(3S Suppl 2), S224-S228. doi:10.1097/SAP.0000000000002687
- Macri, V. ve Wenzel, A. (1993). Reliability of landmark recording on film and digital lateral cephalograms. *The European Journal of Orthodontics*, 15(2), 137-148.
- Mahto, R. K., Kafle, D., Giri, A., Luintel, S. ve Karki, A. (2022). Evaluation of fully automated cephalometric measurements obtained from web-based artificial intelligence driven platform. *BMC Oral Health*, 22(1), 1-8.
- Mathew, T. v. (2012). Genetic algorithm. *Report submitted at IIT Bombay*.
- Mcculloch, W. S. ve Pitts, W. (1990). *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity* n. Bulletin of Mothemnticnl Biology* (C. 52).
- McWilliam, J. S. ve Welandar, U. (1978). The effect of image quality on the identification of cephalometric landmarks. *The Angle orthodontist*, 48(1), 49-56. doi:10.1043/0003-3219(1978)048<0049:teoiqo>2.0.co;2
- Meriç, P. ve Naoumova, J. (2020). Web-based fully automated cephalometric analysis: comparisons between app-aided, computerized, and manual tracings. *Turkish journal of orthodontics*, 33(3), 142.
- method. (t.y.).
- Michalewicz, Z. ve Schoenauer, M. (1996). Evolutionary algorithms for constrained parameter optimization problems. *Evolutionary computation*, 4(1), 1-32.
- Miladinović, M., Mihailović, B., Janković, A., Tošić, G., Mladenović, D., Živković, D., ... Naissensis, M. (2010). *Reasons for Extraction Obtained by Artificial Intelligence. Scientific Journal of the Faculty of Medicine in Niš* (C. 27).
- Mitra, R., Chauhan, A., Sardana, S., Londhe, S. M., Jayan, B. ve Maurya, R. (2020). Determination of the comparative accuracy of manual, semi-digital, and fully digital cephalometric tracing methods in orthodontics. *Journal of Dentistry Defence Section*, 14(2), 52.

- Moon, J.-H., Hwang, H.-W. ve Lee, S.-J. (2020). Evaluation of an automated superimposition method for computer-aided cephalometrics. *The Angle Orthodontist*, 90(3), 390-396.
- Moyers, R. E. ve Bookstein Ann Arbor, F. L. (1979). *The inappropriateness of conventional cephalomettics*. *American Journal of Orthodontics* (C. 75).
- Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay zeka: insan-bilgisayar etkileşimi*. Seçkin Yayıncılık.
- Naylor, C. D. (2018, 18 Eylül). On the prospects for a (Deep) learning health care system. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. American Medical Association. doi:10.1001/jama.2018.11103
- Newel, A. ve Simon, H. A. (1976). Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. *Communications of the ACM*, 19(3), 113-126.
- Nieri, M., Crescini, A., Rotundo, R., Baccetti, T. ve Cortellini, P. (2010). Factors affecting the clinical approach to impacted maxillary canines: A Bayesian network analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(6), 755-762. doi:10.1016/j.ajodo.2008.08.028
- Nilsson, N. J. (2010). *The quest for artificial intelligence : a history of ideas and achievements*. Cambridge University Press.
- Nimkarn, Y. ve Miles, P. G. (1995). Reliability of computer-generated cephalometrics. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*, 10(1), 43-52.
- Nishimoto, S., Sotsuka, Y., Kawai, K., Ishise, H. ve Kakibuchi, M. (2019). Personal Computer-Based Cephalometric Landmark Detection With Deep Learning, Using Cephalograms on the Internet. *The Journal of craniofacial surgery*, 30(1), 91-95. doi:10.1097/SCS.00000000000004901
- Nouri, M., Hamidiaval, S., Baghban, A. A., Basafa, M. ve Fahim, M. (2015). Efficacy of a newly designed cephalometric analysis Software for McNamara analysis in comparison with Dolphin Software. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 12(1), 60.
- Oh, K., Oh, I.-S., Le, V. N. T. ve Lee, D.-W. (2021). Deep Anatomical Context Feature Learning for Cephalometric Landmark Detection. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 25(3), 806-817. doi:10.1109/JBHI.2020.3002582
- Oliver, R. G. (1991). Cephalometric analysis comparing five different methods. *British journal of orthodontics*, 18(4), 277-283.

- Ongkosuwito, E. M., Katsaros, C., Van't Hof, M. A., Bodegom, J. C. ve Kuijpers-Jagtman, A. M. (2002). The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods. *The European Journal of Orthodontics*, 24(6), 655-665.
- Pancherz, H. (1982). The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment: a cephalometric investigation. *American journal of orthodontics*, 82(2), 104-113.
- Pandl, K. D., Thiebes, S., Schmidt-Kraepelin, M. ve Sunyaev, A. (2020). On the convergence of artificial intelligence and distributed ledger technology: A scoping review and future research agenda. *IEEE access*, 8, 57075-57095.
- Pannu, A. (2015). Artificial intelligence and its application in different areas. *Artificial Intelligence*, 4(10), 79-84.
- Park. (2018). Park and Park: Artificial intelligence in dentistry, 596,597,598,599.
- Perlovsky, L. I. (2010). Neural mechanisms of the mind, aristotle, zadeh, and fMRI. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 21(5), 718-733. doi:10.1109/TNN.2010.2041250
- Petersson, A., Naè, E.-B., Kruger, M., Petersson, A. ve Hansen, K. (1998). Article in Dentomaxillofacial Radiology. doi:10.1038/sj/dmfr/4600333
- Pethani, F. (2021, 1 Haziran). Promises and perils of artificial intelligence in dentistry. *Australian Dental Journal*. Blackwell Publishing. doi:10.1111/adj.12812
- Poulton, M. (t.y.). *Computational Neural Networks for Geophysical Data Processing* Serious games View project Hydrology ANN View project. <https://www.researchgate.net/publication/245744530> adresinden erişildi.
- Poulton, M. M. (2001). *Computational neural networks for geophysical data processing*. Elsevier.
- Prabhakar, R., Rajakumar, P., Karthikeyan, M. K., Saravanan, R., Vikram, N. R. ve Reddy, A. (2014). A hard tissue cephalometric comparative study between hand tracing and computerized tracing. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 6(Suppl 1), S101.
- Pradhan, T. (2015). Enhancement of Turing Machine to Universal Turing Machine to Halt for Recursive Enumerable Language and its JFLAP Simulation. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 8(1), 193-202. doi:10.14257/ijhit.2015.8.1.17
- Product brochures – facad.com. (t.y.). 31 Ekim 2022 tarihinde <https://www.facad.com/wp/product-brochures/> adresinden erişildi.
- Rahmanirshekarlou, R. ve Tunçer, N. İ. (t.y.). Ortodontide 3 boyutlu teknolojiler. *Sağlık Bilimlerinde*.

- Recht, M. ve Bryan, R. N. (2017). Artificial Intelligence: Threat or Boon to Radiologists? *Journal of the American College of Radiology*, 14(11), 1476-1480.
doi:10.1016/J.JACR.2017.07.007
- Ricketts, R M. (1975). A four-step method to distinguish orthodontic changes from natural growth. *J Clin Orthod*, 9, 208-228. <http://ci.nii.ac.jp/naid/10022003437/en/>
adresinden erişildi.
- Ricketts, R M. (1981). Perspectives in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years. *The Angle orthodontist*, 51(2), 115-150. doi:10.1043/0003-3219(1981)051<0115:PITCAO>2.0.CO;2
- Ricketts, Robert M., Bench, R. W., Hilgers, J. J. ve Schulhof, R. (1972). An overview of computerized cephalometrics. *American Journal of Orthodontics*, 61(1), 1-28.
doi:10.1016/0002-9416(72)90172-8
- Ricketts, Robert Murray. (1960). A foundation for cephalometric communication. *American Journal of Orthodontics*, 46(5), 330-357. doi:[https://doi.org/10.1016/0002-9416\(60\)90047-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(60)90047-6)
- Roden-Johnson, D., English, J. ve Gallerano, R. (2008). Comparison of hand-traced and computerized cephalograms: Landmark identification, measurement, and superimposition accuracy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(4), 556-564. doi:10.1016/j.ajodo.2006.03.041
- Saidagzamovich, M. S., Elhonovich, N. E., Uglu, V. G. G., Komiljonovich, A. E. ve Saidaloevich, M. S. (2018a). Comparison of the results of superimposition as well as manual and computer software of cephalometric imagery. *European science review*, (3-4), 174-178.
- Saidagzamovich, M. S., Elhonovich, N. E., Uglu, V. G. G., Komiljonovich, A. E. ve Saidaloevich, M. S. (2018b). Comparison of the results of superimposition as well as manual and computer software of cephalometric imagery. *European science review*, (3-4), 174-178.
- Salzmann. (1966). No Title. *Practice of Orthodontics*, Lippincott, 2.
- Sassouni, V. (1969). *A classification of skeletal facial types*. *American Journal of Orthodontics* (C. 55).

- Schwendicke, F., Samek, W. ve Krois, J. (2020). Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *Journal of Dental Research*, 99(7), 769-774.
doi:10.1177/0022034520915714
- Segura, F. J. E., Valverde, A. S., Ocampo, A. M. ve Angelares, P. R. C. (2014). Comparative study between digital and manual cephalometry with digital radiographs. *Revista Mexicana de Ortodoncia*, 2(2), 95-98.
- Shabbir, J. ve Anwer, T. (2018). Artificial intelligence and its role in near future. *arXiv preprint arXiv:1804.01396*.
- Shahidi, S., Oshagh, M., Gozin, F., Salehi, P. ve Danaei, S. M. (2013). Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks by a designed software. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(1). doi:10.1259/dmfr.20110187
- Shin, W., Yeom, H.-G., Lee, G. H., Yun, J. P., Jeong, S. H., Lee, J. H., ... Kim, B. C. (2021). Deep learning based prediction of necessity for orthognathic surgery of skeletal malocclusion using cephalogram in Korean individuals. *BMC Oral Health*, 21(1), 130. doi:10.1186/s12903-021-01513-3
- Shortliffe, E. H. ve Buchanan, B. G. (1975a). *A Model of Inexact Reasoning in Medicine*.
- Shortliffe, E. H. ve Buchanan, B. G. (1975b). A model of inexact reasoning in medicine. *Mathematical biosciences*, 23(3-4), 351-379.
- Steiner, C. C. (1953). Cephalometrics for you and me. *American Journal of Orthodontics*, 39(10), 729-755. doi:https://doi.org/10.1016/0002-9416(53)90082-7
- Steiner, C. C. (1959). Cephalometrics in clinical practice. *The Angle Orthodontist*, 29(1), 8-29.
- Steiner, C. C. ve Hills, B. (t.y.). *American Journal Of Orthodontics (All rights reserved) Original Articles Cephalometrics For You And Me*.
- Steuer, I. (1972). The cranial base for superimposition of lateral cephalometric radiographs. *American journal of orthodontics*, 61(5), 493-500.
- Steuer, I. ve York, N. (t.y.). *The cranial base for superimposition of lateral cephalometric radiographs*.
- Topol, E. (2019). *Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again*. Hachette UK.

- Turhan, N. A. (t.y.). *Türkiye Cumhuriyeti Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Normal Okluzyona Sahip Ankara Bölgesi Çocuklarında Yaşa Ve Cinsiyete Göre Sefalometrik Normlar*.
- Turing, A. M. (2009). Computing Machinery and Intelligence. *Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*, 23-65. doi:10.1007/978-1-4020-6710-5_3
- Tweed, C. H. (1946). The frankfort-mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning, and prognosis. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 32(4), 175-230. doi:https://doi.org/10.1016/0096-6347(46)90001-4
- W. J. B. Houston, R. E. M. D. M. M. S. (1986). Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *European Journal of Orthodontics*, 8(3), 149-151.
- Wang, C.-W., Huang, C.-T., Hsieh, M.-C., Li, C.-H., Chang, S.-W., Li, W.-C., ... Ibragimov, B. (2015). Evaluation and Comparison of Anatomical Landmark Detection Methods for Cephalometric X-Ray Images: A Grand Challenge. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 34(9), 1890-1900. doi:10.1109/TMI.2015.2412951
- Warwick, K. (2013). *Artificial intelligence: the basics*. Routledge.
- WebCeph. (t.y.).
- WebCeph | Web-based Orthodontic and Orthognathic Platform. (t.y.). 31 Ekim 2022 tarihinde <https://webceph.com/tr/> adresinden erişildi.
- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 9(1), 36-45.
- Xie, X., Wang, L. ve Wang, A. (2010). Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment. *Angle Orthodontist*, 80(2), 262-266. doi:10.2319/111608-588.1
- Yasaka, K., Akai, H., Kunimatsu, A., Kiryu, S. ve Abe, O. (2018, 1 Nisan). Deep learning with convolutional neural network in radiology. *Japanese Journal of Radiology*. Springer Tokyo. doi:10.1007/s11604-018-0726-3
- Yassir, Y. A., Salman, A. R. ve Nabbat, S. A. (2022). The accuracy and reliability of WebCeph for cephalometric analysis. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 17(1), 57-66.
- Yılmaz ve diğerleri, 2016. (2016). Ortodontide Kayıt: Radyografi Ve Model. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26. doi:10.17567/dfd.07868

- You, Q. L. ve Hägg, U. (1999). A comparison of three superimposition methods. *The European Journal of Orthodontics*, 21(6), 717-725.
- Yu, H. J., Cho, S. R., Kim, M. J., Kim, W. H., Kim, J. W. ve Choi, J. (2020). Automated Skeletal Classification with Lateral Cephalometry Based on Artificial Intelligence. *Journal of dental research*, 99(3), 249-256. doi:10.1177/0022034520901715
- Zackova, E. (2015). Intelligence Explosion Quest for Humankind, 31-43. doi:10.1007/978-3-319-09668-1_3
- Zeng, M., Yan, Z., Liu, S., Zhou, Y. ve Qiu, L. (2021). Cascaded convolutional networks for automatic cephalometric landmark detection. *Medical image analysis*, 68, 101904. doi:10.1016/j.media.2020.101904
- Zhu, J., Wen, D., Yu, Y., Meudt, H. M. ve Nakhleh, L. (2018). Bayesian inference of phylogenetic networks from bi-allelic genetic markers. *PLoS computational biology*, 14(1), e1005932. doi:10.1371/journal.pcbi.1005932

EKLER

Evrak Tarih ve Sayısı: 02.08.2021-11606

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı: 63
Konu: Dt. İbrahim Barış Parlak

Tarih: 25.06.2021

Sayın Dt. İbrahim Barış Parlak
Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

İlgi: Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti ABD'nin 11.02.2021 tarihli yazısı ile Altınbaş Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 2021/54 sayılı yazısı

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz 2021/54 dosya numaralı "Farklı zamanlarda alınan lateral sefalometri radyografilerin yapay zeka yazılımları ile superimpozisyonunun doğruluğunun değerlendirilmesi" başlıklı çalışma, kurulumuzun 17 Haziran 2021 tarih ve 3 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Mustafa Aydın BARLAS
Altınbaş Üniversitesi Klinik Araştırmalar
Etik Kurul Başkanı
E-imzalıdır

Eki: Altınbaş Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununa göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır.
Evrak sorgulaması: <https://www.turkiye.gov.tr/altinbas-universitesi-ebys?eD=BS9T96MBH&eS=11606> adresinden yapılabilir