

Bu yayına ilişkin tartışmaları, istatistikleri ve yazar profillerini şu adreste görebilirsiniz: <https://www.researchgate.net/publication/284216072>

Panoramik X-ışınında mandibulanın otomatik segmentasyonu

Journal of Medical Imaging'de makale · Kasım 2015

DOI: 10.1117/1.JMI.2.4.044003

ALINTILAR

98

3 yazar:



Amir Hüseyin Abdi

British Columbia Üniversitesi

39 YAYIN 706 ATIF

PROFİLİ GÖRÜNTÜLE



Müjdeh Mehdizadeh

İsfahan Tıp Bilimleri Üniversitesi

34 YAYIN 356 ATIF

PROFİLİ GÖRÜNTÜLE

OKUMAK

7.513



Şöhreh Kasaei

Şerif Teknoloji Üniversitesi

262 YAYIN 3.608 ATIF

PROFİLİ GÖRÜNTÜLE

Journal of Medical Imaging

MedicalImaging.SPIEDigitalLibrary.org

Panoramik röntgende mandibulanın otomatik segmentasyonu

Amir Hüseyin Abdi
Şöhreh Kasaei
Müjdeh Mehdizadeh

Panoramik röntgende mandibulanın otomatik segmentasyonu

Amir Hüseyin Abdi, Shohreh Kasaei, a,* ve Mojdeh Mehdizadehb

^AŞerif Teknoloji Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Azadi Cad., Tahran 11155-9517, İran İsfahan Tıp Bilimleri

^B Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Maksillofasial Radyoloji Bölümü, İsfahan 81595-158, İran

Soyut. Panoramik röntgen, diş hekimliğinde en sık kullanılan ekstraoral radyografi olduğundan, anatomik yapılarının segmentasyonu tanıyı ve diş kayıtlarının tutulmasını kolaylaştırır. Bu çalışmada panoramik röntgenlerde mandibulanın otomatik segmentasyonu için hızlı ve doğru bir yöntem sunulmaktadır. Önerilen dört adımlı algoritmada, yatay integral izdüşümler yoluyla üst sınır çıkarılmaktadır. Morfolojik operatörler eşliğinde modifiye edilmiş Canny kenar dedektörü, mandibula gövdesinin alt sınırını çıkarır. Ramusların dış sınırları, mandibulanın ortalama modeline dayalı kontur izleme yöntemi ile çıkarılır. Sol ve sağ çıkıntıların konturunu tamamlamak için en iyi eşleşen şablon mandibula atlasından alınır. Algoritma 95 panoramik röntgen filmi üzerinde test edildi. Üç uzman diş hekiminin manuel segmentasyonlarına göre sonuçların değerlendirilmesi, yöntemin sağlam olduğunu göstermiştir. Dice benzerliği, özgüllüğü ve duyarlılığında ortalama %93'ün üzerinde bir performansa ulaşıldı. © 2015 Foto-Optik Enstrüman Mühendisleri Derneği (SPIE) [DOI: [10.1117/1.JMI.2.4.044003](https://doi.org/10.1117/1.JMI.2.4.044003)]

Anahtar kelimeler: tıbbi görüntüleme; otomatik segmentasyon; istatistiksel modelleme; panoramik röntgen; alt çene.

15140RR numaralı kağıt Temmuz ayında alındı. 9, 2015; Ekim ayında yayınlanmak üzere kabul edildi. 19, 2015; Kasım ayında çevrimiçi olarak yayınlandı. 18, 2015.

1 Giriş

Dijital radyografinin diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, tıbbi görüntülerin işlenmesi için diş görüntüsü kaydı, lezyon tespiti, kemik iyileşmesi analizi, osteoporoz tanısı ve diş adli bilimleri gibi pek çok yeni uygulama önerildi.

Lateralde maksillofasial işaretlerin otomatik tespiti

Sefalometrik radyografi son zamanlarda biraz ilgi çekmektedir;1,2 diğer araştırmacılar ise panoramik x-ışınlarına (yani ortopantomogram) odaklanmış ve klinisyenlere farklı modaliteler tarafından sağlanan tamamlayıcı bilgileri sağlamak için bunların kaydı için yöntemler sunmuşlardır,3 her bir dişin ilgi alanını dikey ve yatay integral projeksiyonlar yoluyla çıkarmışlardır4 veya karotis arter kalsifikasyonunun tespiti için yöntemler sunmuşlardır.5

Anatomik yapıların segmentasyonu birçok uygulama için hayati bir adımdır. Şekil düzensizlikleri, normal farklılıklar ve zayıf görüntü modaliteleri (düşük kontrast, düzensiz pozlama, gürültü ve çeşitli görüntü eserleri gibi) nedeniyle tıbbi görüntü segmentasyonu için güvenilir bir genel algoritma önerilmemiştir. Bu gibi durumlarda, önceden şekil bilgisi ve şablonların önceden segmentlenmiş atlası daha doğru bir sınır tespiti ile sonuçlanabilir. Görüntülerin eğitim seti ve karşılık gelen etiket haritaları verildiğinde tıbbi görüntü segmentasyonu için birçok üretken model önerilmiştir.6-8 Diş segmentasyonu ve adli odontoloji için "otomatik diş tanımlama sistemi" oluşturulması9-16 da son on yılda bir miktar ilgi görmüştür. Jain ve Chen¹⁰, integral projeksiyonlara dayalı ısıma kanadı görüntülerinde diş segmentasyonu ve kontur eşleştirmesi için yarı otomatik olasılıksal bir yöntem öneren ilk kişilerdi. Diş konturunu çıkarmak için Bayes kuralını ve radyal taramayı kullandılar.

başlangıçta her bir dişi, integral çıkıntılar vasıtasıyla karşı ve bitişik dişlerden ayırır.

Günümüzde panoramik radyografi, düşük maliyeti, basitliği, bilgilendirici içeriği ve hastanın daha az maruz kalması nedeniyle günümüz diş hekimliğinde en sık uygulanan ekstraoral tekniktir. Bu radyografi tekniği diş hekimine alveolar çıkıntı, kondil, sinüs ve dişlerin genel görünümünü sağladığı için diş çürükleri, çene kırıkları, sistemik kemik hastalıkları, sürmemiş dişler ve intraosseöz lezyonların teşhisinde önemli rol oynar. Bu çalışmada, mandibulanın şeklinin önceden bilinmesi ve elle segmente edilmiş şablonlara dayalı olarak panoramik röntgende mandibulanın segmentasyonu için otomatik bir yöntem önerilmiştir. **Bildiğimiz kadarıyla bu, panoramik diş röntgeninde mandibula kemiğini segmentlere ayırmaya yönelik şimdye kadar yapılmış ilk çalışmadır ve sonuçları panoramik görüntü kaydı, adli odontoloji, diş biyometrisi, intraosseöz lezyon tespiti ve panoramik röntgenlerde diş çürüğü gibi diğer sorunların analizi dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere birçok uygulamayı etkileyebilir.**

Bu makalenin geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2, materyalleri ve yöntemleri kapsamaktadır. Bölüm 2.1, bu araştırma için toplanan veri setini açıklamaktadır; önerilen algoritmanın ayrıntıları ise Bölüm 2.1'de tartışılmaktadır. 2.2. Deneysel sonuçlar Bölüm'de verilmiştir. 3. Sonuç ve gelecekteki çalışmalara ilişkin planlar ise 2. Bölümde sunulmaktadır. 4.

2 Malzemeler ve Yöntemler

2.1 Hazırlanan Veri Seti

Bu çalışmada kullanılan orijinal veri seti, Soredex CranexD dijital panoramik röntgen ünitesi ile çekilmiş, BMP formatındaki yaklaşık 2000 adet 2900 × 1250 piksellik dijital panoramik röntgenlerden oluşmaktadır. Tüm görüntüler tanı ve tedavi amaçlı çekilmiştir.

*Tüm yazışmaları şu adrese gönderin: Shohreh Kasaei, E-posta: skasaei@sharif.edu

Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesi amacıyla herhangi bir radyografi kaydı alınmamıştır. Orijinal kümeden iki alt küme seçildi, ancak seçimden önce örneklem büyüklüğünü daraltmak için bazı dışlama kriterleri uygulandı. İmplant içeren kayıtlar hariç tutuldu. Ayrıca görüntülerde süt dişinin bulunmadığından ve çene gelişiminin neredeyse tamamlandığından emin olmak için 20 yaş altındaki hastalar veri setinden çıkarıldı.

Teknisyen hatası veya hastanın uyumsuzluğu nedeniyle bulanık veya yanlış pozlanmış düşük kaliteli röntgenler de veri setinden çıkarıldı.

İlk alt grup için, maksillofasial radyolog panoramik röntgenleri ramusların genişliği, alveolar çıkıntı ile mandibula alt sınırı arasındaki dikey mesafe, gonial açının keskinliği gibi çeşitli nitel özelliklere dayanarak sıraladı [Şekil. 2(n)], alt sınırın genel dışbükeyliği [Şek. 2(g)], gonial açının etrafında çukurluk olup olmadığı, koronoid çıkıntının şekli [Şek. 2(m)], kondil şekli [Şek. 2(p)] ve sigmoid çentiğin derinliği [Şek. 2(e)]. Daha sonra bu kriterlere göre panoramik röntgenlerde görülen tüm mandibula şekillerini kapsayacak şekilde 116 görüntü seçti. Bu görseller atlasın şablonları olarak değerlendirildi.

İkinci alt küme için aynı büyük veri kümesinden rastgele 30 görüntü seçildi ve sistemin parametrelerinin atandığı istatistiksel küme olarak gruplandırıldı.

146 görüntünün tamamındaki alt çeneler, Tahran'daki Shahid Beheshti Tıp Bilimleri Üniversitesi'nde çalışan üç uzman diş hekimi tarafından manuel olarak segmente edildi. Her bir x-ışını için güvenilir bir birleşik temel gerçeğin üretilmesi amacıyla bir oylama politikası kullanıldı. Bu oylama politikasına göre, bir piksel, üç manuel segmentasyondan en az ikisi o pikseli nesne olarak tanımlıyorsa nesneye (mandibula) ait sayılır (Şekil 1).

2.2 Önerilen Yöntem

Önerilen yöntemin detaylarının daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle mandibula kemiğinin anatomisi hakkında genel bir bilgi edinilmesi önerilmektedir. Şekil 2'de bu kemik ve mandibulanın otomatik segmentasyonunu çeşitli şekillerde etkileyen önemli dönüm noktalarını, gölgeleri ve illüzyonları açıklayan iki panoramik röntgenin bir kısmı gösterilmektedir.

Mandibula kemiğinin anatomisine (Şekil 2) dayanarak, sınırı dört alt bölgeye ayrılabilir: (1) alveolar çıkıntının üst sınırı [Şekil 2(a)], (2) alt çenenin alt sınırı [Şek. 2(g)], (3) ramusun dış sınırı [Şek. 2(o)] ve (4) mandibula süreçleri [Şek. 2(p) ve Şekil. 2(e)].

Sonuç olarak dört adımlı bir segmentasyon algoritması önerildi. Bu algoritmanın her adımında, alt bölgenin şekline ilişkin önceden edinilen bilgiye dayanarak özel olarak tasarlanmış bir yöntemle mandibula konturunun bir alt bölgesi çıkarıldı.

Şekil 3 önerilen yöntemin dört adımını göstermektedir.

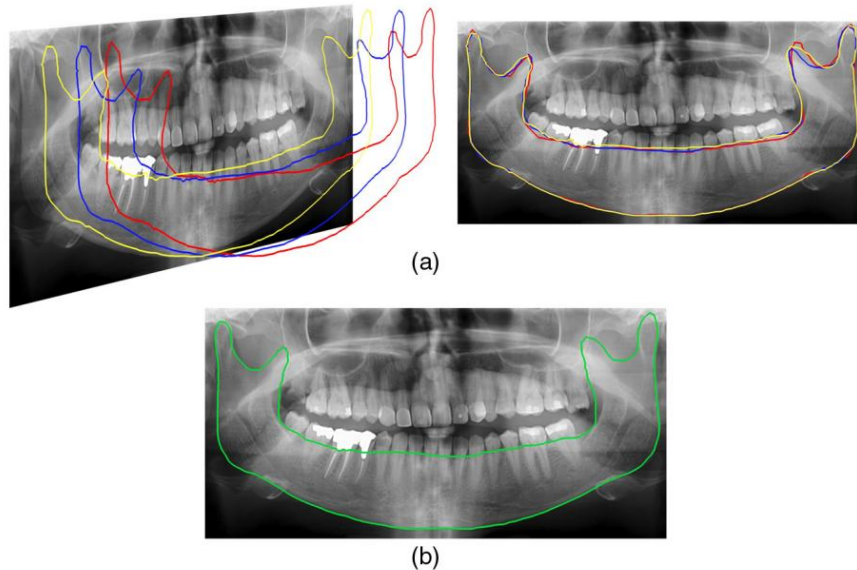
İlk adımda, integral projeksiyonlar aracılığıyla alt ve üst dişler arasındaki boşluk ve dolayısıyla alveolar çıkıntının üst sınırı tespit edildi. İkinci olarak mandibulanın alt sınırını temsil eden kenar çıkarıldı ve bu kenar üçüncü adımda sol ve sağ ramusların dış sınırlarını çıkaran kontur izleme algoritmasının başlangıç noktası olarak kullanıldı. Dördüncü ve son adımda, en iyi eşleşen mandibula şablonu atlastan alındı ve kondil ve koronoid çıkıntıları bu alt yapıların sınırlarını tahmin etmek için kullanıldı.

Sorgu görüntüsünün segmentasyonundan önce, mandibulanın dört alt bölgesini birbirine bağlayan sınır noktaları istatistiksel küme aracılığıyla tahmin edildi. Bu tahmini oluşturmak için her alt bölgenin uç noktaları istatistiksel örnekler üzerinde elle işaretlendi ve bunların genişlikleri ve yükseklikleri, karşılık gelen görüntülerin genişlik ve yüksekliklerine göre hesaplandı ve ortalaması alındı.

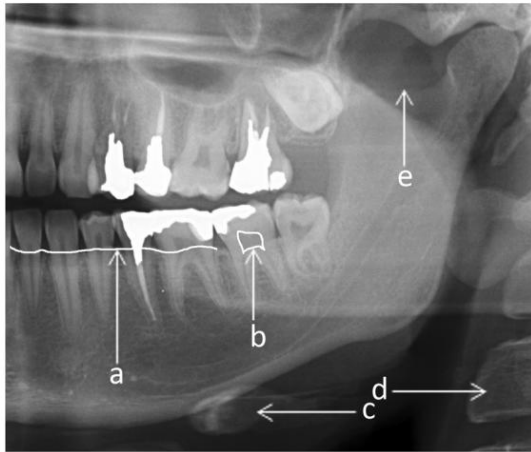
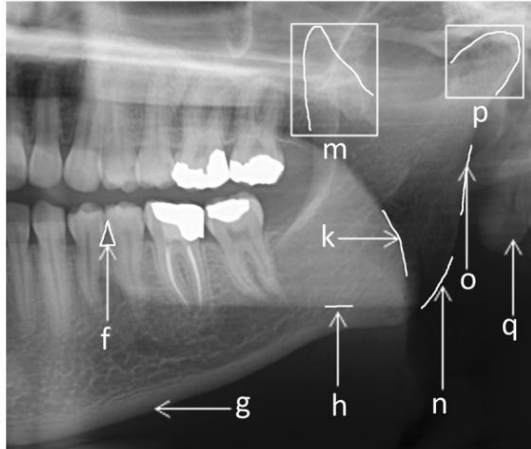
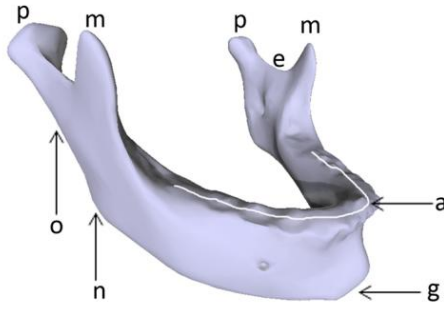
Bu tahmin, segmentasyon algoritmasında iki önemli rol oynadı: mandibula alt sınırının bittiği yerdeki orantılı genişliği bildirmek, bu da adım 2'nin sonunu ifade eder ve ramus dış sınırının bittiği yerdeki orantılı yüksekliği bildirmek, bu da adım 3'ün sonunu ifade eder.

Görüntülerin tümü, üst üste binen cihaz etiketlerini kaldırmak için önceden işlendi ve hesaplama maliyetini düşürmek için 8 faktörle (362×156 piksel) küçültüldü. Tuz ve biber görüntüsünü gidermek için küçük bir medyan filtresi uygulandı. Panoramik radyografilerde, röntgen boyunca homojen olmayan bir kontrasta neden olan eşit olmayan pozlamadan muzdariptir. Ref. sonuçlarına göre; 17, "kontrast sınırlı uyarlanabilir histogram eşitleme"

X-ışınına daha küçük parçalara bölen, her parçanın yerel kontrastını artıran ve son olarak da (CLAHE) tekniği uygulandı.



İncir. 1 Birleşik temel gerçeğin oluşturulması: (a) üç uzmanın manuel segmentasyonları ve (b) oylama politikasına dayalı birleşik temel gerçek.



İncir. 2 Mandibula kemiğinin sınır işaretleri (üstteki resim) ve panoramik röntgenler: (a) alveolar çıkıntının üst sınırı, (b) diş pulpası, (c) hiyoid kemik, (d) vertebra, (e) sigmoid çentik, (f) interdental papilla, (g) mandibulanın alt sınırı, (h) mandibulanın karşı tarafının alt sınırının gölgesi, (k) dilin dorsal sınırının gölgesi, (m) koronoid çıkıntı, (n) gonial açı, (o) ramusun dış sınırı, (p) kondil/ kondiler çıkıntı, (q) kulak memesinin gölgesi.

buıları ikili doğrusal enterpolasyon kullanarak birleştirir. CLAHE, her bir döşemede kenarları vurgular ancak kontrast artışına bir sınır koyarak homojen alanlardaki gürültüyü yoğunlaştırır.17

2.2.1 Alveolar sürecin üst sınırı

Üst ve alt dişleri ayırmak için önerilen algoritma, Jain ve Chen¹⁰ tarafından bitewing olarak bilinen intraoral radyografi üzerinde yapılan çalışmaya dayanmaktadır. Hem bitewing hem de panoramik röntgende, hasta ağızlığına bir parça ısırırken, üst ve alt dişlerin görüntüleri filme yansıtılır. Bu nedenle, üst ve alt dişler arasındaki boşluk, saydam (koyu) bir görüntü olarak ortaya çıkar.

Bu görüntülerde yatay şerit var ve orijinal çalışmayı takiben buna "boşluk vadisi" (GV) diyoruz.

İstatistiksel kümedeki görüntüler kullanılarak GV'yi kesinlikle içeren alan tahmin edildi. Şekilde görüldüğü gibi 4(a)'da bu alan, panoramik radyografide bir dişini genişliğine eşit olan her bir şerit halinde dikey şeritlere bölünmüştür. GV çekimi iki olguya dayanmaktadır: Üst ve alt dişler arasındaki şeffaf boşluğun komşuları arasında en düşük yatay integral projeksiyona sahip olması beklenir ve GV'nin şekli komşu dişler arasındaki seyri sırasında hızlı değişikliklere uğramaz.

Her dikey şeritte, y^{\wedge} GV'nin tahmin edilen yüksekliği ve vi^{\wedge} $\frac{1}{4}$ $1;2;::mP$ yatay integral izdüşüm fonksiyonunun yerel minimumları ise, 10 yüksekliği i olan GV'nin yerel minimuma ulaşma olasılığı aşağıdaki olasılık fonksiyonu ile tahmin edilebilir:

$$\delta Di; yib \frac{1}{4} pvi \delta Di pvi \delta yib; \quad (1)$$

$$\frac{Bu}{\delta Di p \frac{1}{4} c 1} \frac{en fazla}{k} \frac{Anladım}{k} \quad (2)$$

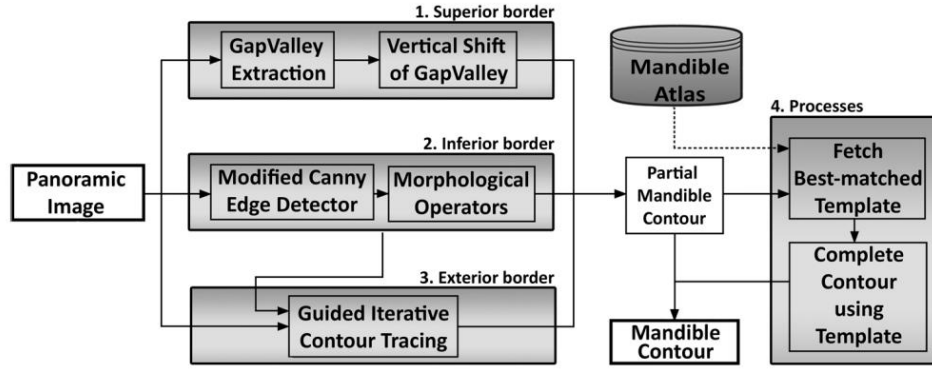
$$\frac{1}{\delta yib \frac{1}{4} 2n p \delta 2} \exp \delta yib \frac{1}{4} p 2 \quad (3)$$

Denklemden (2), c , pvi $\delta Di p$ 'nin 1'e kadar toplanmasını sağlamak için bir normalleştirme sabitidir ve pvi $\delta Di p$, boşluğun yerel minimumunda (vi) bulunma olasılığıdır; piksel yoğunluklarının integral izdüşümü ise Di 'ye eşittir. Denklemden (3), pvi δyib , ortalama parametresi y^{\wedge} olarak ayarlanmış bir Gauss fonksiyonudur.

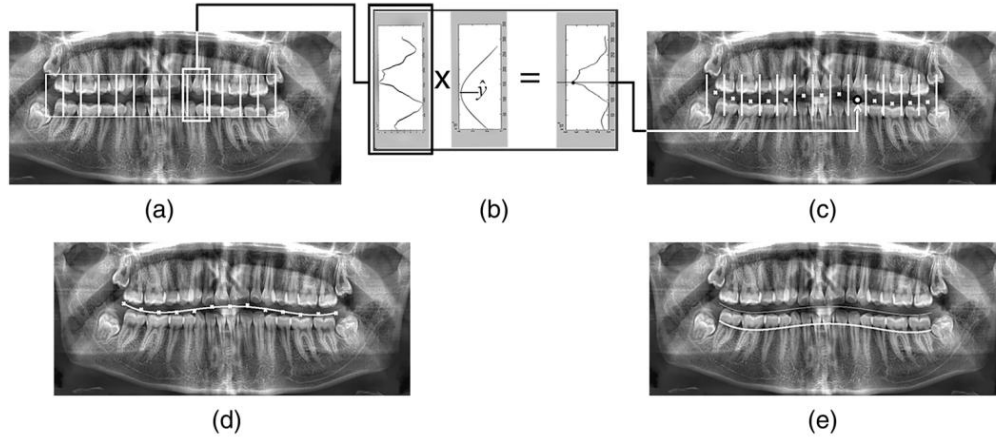
Algoritma orta şeritten başlatıldı ve bitişik sol ve sağ şeritlere doğru devam etti. Her şeritte, en yüksek olasılık pvi δDi 'ye sahip yerel minimum (vi); GV noktasının konumu olarak yib seçildi [Şek. 4(b)]. Orta şerit için tahmin değeri y^{\wedge} şeridin orta noktasına atandı ve bu değer, bitişik şeritler için daha önce hesaplanan GV noktasının konumundan alındı. Bu prosedür, her GV noktasının yüksekliğini bitişik şeridine göre ayarlayıp sabitleyor ve GV'nin düzgün bir yol izlemesini sağlıyordu.

Son olarak, insan diş oklüzyonunun her iki tarafındaki Spee'nin doğal anteroposterior eğrisine uyması için regresyon yoluyla GV noktalarına dördüncü dereceden polinom eğrisi uygulandı. Şekil 4(c), tüm dikey şeritlerin hesaplanan GV noktalarını gösterir ve Şekil. 4(d) bu noktalara uygulanan eğriyi göstermektedir. Eğrinin sol ve sağ sınır noktaları istatistiksel set üzerinden yapılan tahmine dayanıyordu ve dişlerin görüntünün medial 0.62 kısmında yaklaşık olarak yatay olarak yer aldığını gösteriyordu.

Şekilde görüldüğü gibi 4(e), GV eğrisinin aşağıya kaydırılması ve taç ve kökün birleştiği alt dişlerin "semento-enamel birleşimine" (CE) ayarlanması gerekiyordu; bu, sağlıklı bir kemikte alveolar sürecin üst sınırının iyi bir tahminidir [Şekil. 2(a)]. Aşağıdaki dört faktörden dolayı, panoramik röntgende boyun bölgesi (CE), daha yüksek ve daha düşük bölgelere kıyasla daha saydamdır: (1) saydam interdental papillalar [bitişik dişler arasındaki üçgen saydam alanlar, bkz. Şekil 2(f)]; (2) şeffaf diş pulparları [Şekil. 2(b)]; (3) mine eksikliği (taç eksikliğinin aksine); ve (4) çevreleyen kemiğin olmaması (kökün aksine). GV eğrisini aşağıya doğru aktararak ve üzerinde yatan piksellerin yoğunluğunu toplayarak,



İncir. 3 Önerilen segmentasyon yönteminin blok diyagramı.



İncir. 4 Alveolar çıkıntının üst sınırının çıkarılması: (a) boşluk vadisini içeren alan dikey şeritlere bölünür; (b ve c) her şeritte, yatay integral izdüşüm fonksiyonunun maksimumu, boşluk vadisi (GV) tahmin Gauss fonksiyonu ile çarpıldığında, o şeridin GV noktasına karşılık gelir; (d) elde edilen GV noktalarına dördüncü dereceden bir polinom eğrisi uygulanır; ve (e) GV eğrisi alveolar sürecin üst sınırına uyacak şekilde aşağıya doğru kaydırılır.

Toplama fonksiyonunun küresel minimumunun alveolar sürecin üst sınırına uyması bekleniyordu.

2.2.2 Mandibulanın alt sınırı

Mandibulanın alt sınırı yoğun bir yapıdır ve panoramik röntgenin alt kısmında ince bir yatay kenar olarak görülür [Şek. 2(g) ve 5(a)]. Bu yatay kenarı çıkarmak için, Gauss filtresinin yatay varyansını dikey varyansının iki katına çıkaran Canny kenar dedektörünün değiştirilmiş bir versiyonu oluşturuldu. Böyle bir filtre, yatay kenarları korurken dikey kenarları zayıflattı ve bunun sonucunda daha fazla yatay kenara sahip ikili bir kenar haritası ortaya çıktı [Şekil. 5(b)]. Daha sonra kenar haritası, Şekil 2'de gösterildiği gibi tüm dikey kenarları kaldıran 3 × 3 yatay Prewitt filtresiyle evrştirildi. 5(c).

Radyografi, 3 boyutlu bir cismin 2 boyutlu film üzerine yansıtılması işlemidir ve bunun sonucunda anatomik yapıların üst üste gelmesi sorunu ortaya çıkar. Panoramik görüntülemeye, X-ışını tüpünün hastanın başı etrafında dönmesi nedeniyle bu etken daha da artar ve görüntünün her yerinde gölgeler ve hayalet nesneler oluşur. Dilin altında ve tiroid kıkırdağının üstünde yer alan izole bir kemik olan hiyoid kemiği, genellikle mandibulanın alt sınırının üzerine veya altına yerleşmiş olan bu yapılardan biridir [Şekil. 2(c)]. Bu tür istenmeyen küçük kenarları kaldırmak için, küçük kenarları kaldırmak üzere ikili kenar haritasında bir taşkın dolu alanı açma algoritması gerçekleştirildi.

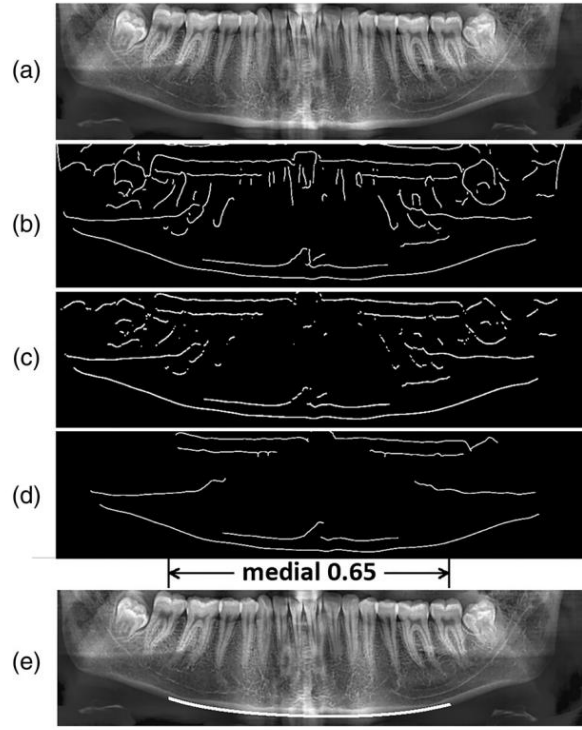
bağıntılı bileşenler, örneğin dil kemiğinin kalıntıları.

Şekil 5(d), açılan morfolojik operatörlerin gerçekleştirilmesi sonrasında panoramik X-ışınının son kenar haritasını göstermektedir.

Son kenar haritasındaki en alt yatay kenar, mandibulanın alt sınırına karşılık gelir. Daha önce 2. maddede belirtildiği gibi; 2.2, bu alt yapının sol ve sağ sınırları öncelikle istatistiksel küme aracılığıyla tahmin edilmiştir; Bu nedenle, görüntünün medial 0.65 kısmının içinde yatay olarak yer alan kenarın orta kısmı alt sınır olarak çıkarıldı [Şekil. 5(e)].

2.2.3 Ramusların dış sınırları

Mandibulanın alt sınırı, kavisli ve genellikle zayıf bir kenara sahip olan gonial açı aracılığıyla ramusun dış sınırına bağlanır [Şekil. 2(n)]. Gonial açının düzensiz şekli ve omurlar gibi yapıların üst üste gelmesi [Şekil. 2(d)], kulak memesi [Şek. 2(q)], mandibulanın karşı tarafının alt sınırı [Şek. 2(h)] ve dilin dorsal yüzeyi [Şek. 2(k)], ramusun dış sınırının çıkarılmasını zorlu bir işlem haline getirir. İnsan anatomisindeki farklılıklar ve hastaların radyografi sırasındaki farklı baş pozisyonları nedeniyle bu gölge ve üst üste binmeler tüm panoramik görüntülerde bulunmasa da genel bir segmentasyon yöntemi için bunların dikkate alınması gerekmektedir.



İncir. 5 Mandibula alt sınırının çıkarılması: (a) orijinal görüntü, (b) değiştirilmiş Canny kenar dedektörü uygulandıktan sonra, (c) uygulandıktan sonra Yatay Prewitt operatörü, (d) küçük bağılı bileşenlerin çıkarılmasından sonra ve (e) mandibulanın çıkarılan alt sınırı.

Bu engellerin üstesinden gelmek için, mandibulanın ortalama şekil modeline dayanan rehberli bir kontur izleme yöntemi önerildi. Bu yöntemde iki yönlü kontur izleme görevler mandibulanın alt sınırının sol ve sağ uç noktalarından başlatıldı (Bölüm 2.2.2'de çıkarıldı) ve devam etti her iki tarafın kondillerine doğru [Şek. 2(s)]. Her adımda bu yinelemeli prosedürde, en güçlü komşu piksel kenar büyüklüğü kontur üzerindeki bir sonraki piksel olarak seçildi.

Ortalama şekli modellemek için, oluşan istatistiksel küme 30 adet elle segmente edilmiş mandibula kullanıldı [Şekil. 6(a)]. The Elle segmente edilen mandibulaların konturlarında aynı sayıda dönüm noktası seçildi. Bunu yapmak için, mandibulanın alt bölgeleri ayrıldı ve eşit aralıklarla belirli sayıda Her alt konturda dönüm noktaları seçildi. Sonuç olarak, orada Dönüm noktaları arasında birebir bir haritalama vardı tüm modeller. Daha sonra modeller en aza indirilerek hizalandı eşdeğer noktalar arasındaki uzaklıkların karelerinin toplamı Procrustes yönteminin ortalama konumu.18,19

kontur üzerindeki her bir dönüm noktası ortalaması alınarak hesaplandı o noktaya ait 30 hizalanmış numunenin konumu. Gösterildiği gibi İncir. 6(b)'de, hesaplanan ortalama dönüm noktalarının birbirine bağlanmasıyla nihai olarak ortalama şekil modeli oluşturuldu. Şekil 6(c)-6(f) mevcut Her alt bölgenin ayrı ayrı ortalama şekil modeli. Mandibula dış sınırının ortalama yaş şekil modeli [Şek. 6(c)] kontur izleme algoritmasında kullanıldı.

Önerilen kontur izleme algoritması farkı kullandı görüntü gradyan yönü (θ) ve gradyanı arasında Mandibula dış sınırının ortalama şekil modeli (θM) büyüklüğünü büyütme veya zayıflatmak için bir ölçüt olarak görüntü gradyanı (θ). Değiştirilmiş gradyan büyüklüğü (θ) aşağıdaki şekilde hesaplandı:

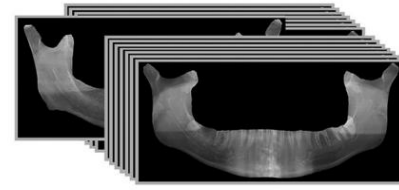
$$y_{i,j} = \frac{1}{4} P \Delta \theta_{i,j}; y_{i,j} \times j \quad I \Delta x; y_{i,j}; \quad (4)$$

$$y_{i,j} = \frac{1}{4} c_0 j \theta \quad \Delta x; y_{i,j} \quad \theta M \Delta x; j; \quad (5)$$

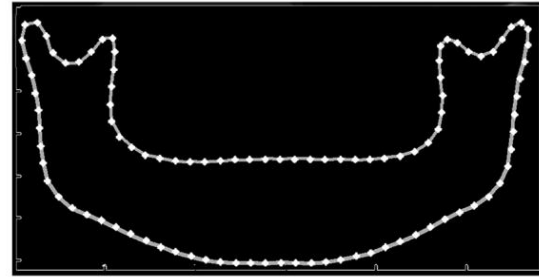
burada c_0 bir normalleştirme sabiti ve j I_j gradyanıdır her pikseldeki büyüklük. Denklemde (5), $P \Delta \theta$ 'nin daha küçük değerleri aynı yönde uzanan kenarlara karşılık gelir ortalama şekil modelinin dış sınırı. Değiştirilmiş gradyan haritasında (θ), doğru yönde bulunan kenarların büyüklüğü Yön yoğunlaştırılır ve bunların olma olasılığı artar kontur izleme işleminin bir sonraki yinelemesinde seçilen artırılır.

Ayrıca bir model farklılık eşiği (TD) de tanımlandı. kontur izleme prosedürünün gerçekleştirilmesini engelleyen yoldan çıkmış ve yanlış yolda devam ediyor. Başka bir deyişle, kontur izleme yalnızca bir yönde devam edebilirdi $\frac{1}{2} \theta x$ TD'ye yatırın ; θx θ TD eşiği, burada θx , piksel θx 'teki ortalama yaş şekil modeli gradyanıdır; sen; Aksi takdirde, prosedür birkaç yineleme geriye gitmek ve bir sonrakini seçmek zorunda kalacaktı en yüksek olasılığa sahip en iyi kenar.

Rehberli yinelemeli kontur izleme yöntemi aşağıdaki şekilde takip edildi: sol ve sağ ramusların dış sınırlarına ulaşana kadar her iki taraftaki kondil yüksekliği, tahminen istatistiksel kümenin $0,81H$ olması gerekir, burada H yüksekliktir veya sorgu resmi.



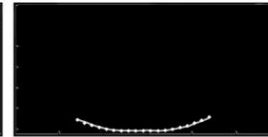
(a)



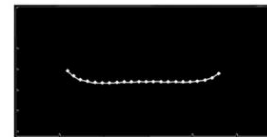
(b)



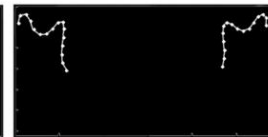
(c)



(d)



(e)



(f)

İncir. 6 Mandibulanın ortalama şekil modelinin oluşturulması: (a) manuel olarak istatistiksel kümenin segmentli görüntüleri, (b) ortalama şekil modeli, (c-f) alt bölgelerin ayrılmış ortalama şekil modelleri.

2.2.4 Mandibula süreçleri

Kondiloid bir çıkıntı var [Şekil. 2(p)] ve bir koronoid süreç [Şek. Mandibula kemiğinin her iki tarafında 2(m)] . Glenoid fossanın içinde yer alan kondiloid çıkıntı (kondil) kemik yapılarla çevrilidir. Bu nedenle panoramik röntgenlerin çoğunda belirgin bir sınır yoktur. Ayrıca, Şekil'de görüldüğü gibi, 2, kondiloid ve koronoid çıkıntılar, vertebra, maksilla (üst çene) ve bazı durumlarda gömülü üst yirmi yaş dişleri tarafından üst üste yerleştirilmiştir. Bu iki süreci birbirine bağlayan zayıf kenarlar ve dik sigmoid çentik [Şek. 2(e)], bu yapıların otomatik olarak segmentlere ayrılmasını daha da zorlaştırır.

Bu adım için, süreçlerin konturunu tamamlamak için şablon olarak elle segmente edilmiş mandibulaları kullanan atlas tabanlı bir segmentasyon yöntemi önerildi. Atlasın oluşturulması için maksillofasiyal radyoloji konusunda uzmanlaşmış bir doktor, bu radyografi tekniğinde mandibula şekillerinin tüm çeşitlerini kapsayacak şekilde 116 panoramik röntgen seçti. Vaka seçimi bu amaca hizmet edecek şekilde yapıldığından, atlastaki her bir segmentli görüntüyü tek bir şablon olarak belirledik.

Tüm şablonların sınırları dört alt kontur (yani, alveolar sürecin üst sınırı, mandibulanın alt sınırı, ramusların dış sınırları ve süreçler) olarak bölündü ve her alt konturda, Bölüm 2'de olduğu gibi, eşit aralıklarla belirli sayıda dönüm noktası otomatik olarak işaretlendi. 2.2.3. Sorgu görüntüsünün daha önce çıkarılan üç alt konturu (yani, alveolar çıkıntının üst sınırı, mandibulanın alt sınırı ve ramusların dış sınırları) benzer bir prosedürden geçirildi ve üzerlerine aynı sayıda eşit aralıklı dönüm noktası otomatik olarak işaretlendi.

Son olarak, sorgu görüntüsünün segmentasyonunu tamamlamak için, üç alt konturun eşdeğer dönüm noktaları arasındaki uzaklıkların karelerinin en küçük toplamına göre en iyi eşleşen şablonu bulmak için atlas arandı.

Sorgu görüntüsüyle şablonların eşleştirilmesi, iki eşdeğer nokta kümesi arasındaki uzaklıkların karelerinin toplamını, bir nokta kümesinin ötelenmesi, döndürülmesi ve ölçeklenmesi yoluyla en aza indirmeye çalışan Procrustes analizi18 yoluyla gerçekleştirildi.20 Noktaları , uzaklıkların kareleri toplamı en az olan sorgu görüntüsünün dönüm noktalarına eşlenen şablon, en iyi eşleşen şablon olarak seçildi.

En iyi eşleşen şablon, Procrustes yöntemi kullanılarak sorgu görüntüsüne hizalandığında, işlem alt konturunda bulunan dönüm noktaları, kondil ve koronoid işlemlerin sınırlarının tahmini olarak sorgu görüntüsüne yansıtıldı. Son alt bölgenin bölünmesi, en güçlü komşu kenarının aranması amacıyla konturla dik bir yönde yeni konumlandırılan bu işaretlerin sınırlı olarak kaydırılmasıyla tamamlandı.19

Ramusların dış sınırlarına ait kontur çizimlerinin mandibulanın alt sınırının uç noktalarından başladığı dikkati çekmektedir. Ayrıca Procrustes yöntemi ile yapılan öteleme, döndürme ve daha da önemlisi ölçekleme sayesinde, proseslerin uç noktaları ramusların dış sınırının üst uç noktalarına eşleşmiş ve alveolar prosesin üst sınırının uç noktalarına da neredeyse eşleşmiştir. Bu nedenle, her alt konturun uç noktaları bitişik alt konturun uç noktalarıyla eşleştirildiğinden, konturların son birleştirilmesine gerek kalmadı.



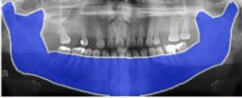
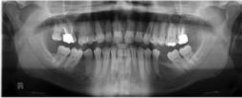
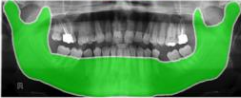
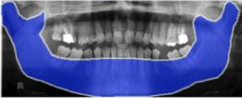
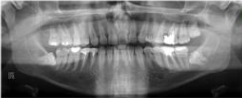
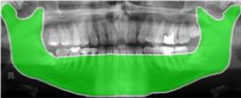
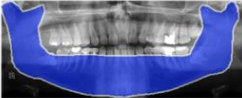
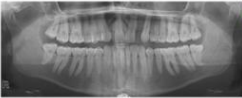
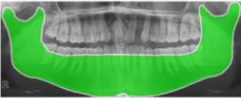
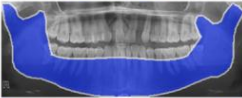

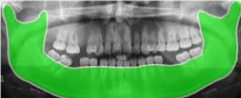
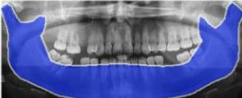
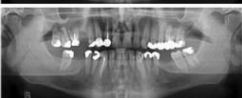
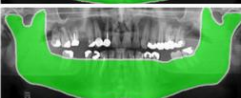
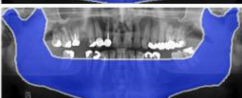

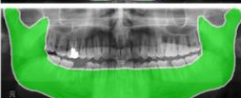


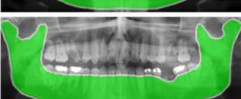
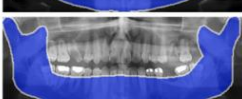
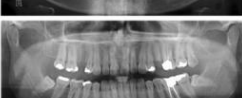

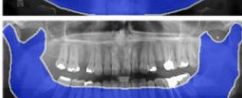
3 DeneySEL Sonuçlar

Bu bölümde, otomatik mandibula segmentasyonunun performansını doğrulamak için gerçekleştirilen test deneylerinin sonuçları sunulmaktadır.

yöntemler rapor edilmektedir. Sonuçların tamamı, görüntü işleme araç kutusundan faydalanan algoritmanın MATLAB uygulamasına dayanmaktadır. Algoritma standart bir bilgisayarda (Intel Core i7, 2.30 GHz, 6 GB RAM, 64 bit işletim sistemi) çalıştı ve paralel hesaplama olanağı olmadan, örneklenmiş panoramik X-ışınlarını ortalama 5.4 0.9 saniyede segmentlere ayırmayı başardı.

Tüm örnekler üç uzman diş hekimi tarafından segmentlere ayrılmış ve segmentasyon sonuçları 3. Maddede açıklanan oylama politikasına göre birleştirilmiştir. 2.1. Atlası oluşturan 116 vaka arasında her iki çenede tamamen dişsiz veya uzun dişsiz alanlar bulunan 21 hasta yer aldı. Bu görüntüler doğrulamadan çıkarıldı ve önerilen algoritma yalnızca kalan 95 panoramik röntgen üzerinde test edildi. Mandibula atlasının oluşturulmasında bu 95 görüntünün de yer alması nedeniyle, testler bir tanesi dışarıda bırakılarak gerçekleştirildi. Başka bir deyişle, algoritma, Bölüm 2'deki segmentasyonu tamamlamak için en iyi eşleşen şablonu bulmak için atlası aradığında, 2.2.4'te aynı panoramik röntgen kullanılarak oluşturulan şablon alınmıyordu.

Her bir vaka için segmentasyon performansı, birleştirilmiş altın standart manuel segmentasyona göre değerlendirildi. Bu konuda, gerçek pozitif (TP), gerçek negatif (TN), yanlış pozitif (FP) ve yanlış negatif (FN) değerlerine göre Dice benzerlik katsayısı (DSC) olarak bilinen üç örtüşme ölçüsü, özgüllük ve duyarlılık hesaplandı.21 DSC, 2 TP 22 TP 23 TP 24 TP 25 TP 26 TP 27 TP 28 TP 29 TP 30 TP 31 TP 32 TP 33 TP 34 TP 35 TP 36 TP 37 TP 38 TP 39 TP 40 TP 41 TP 42 TP 43 TP 44 TP 45 TP 46 TP 47 TP 48 TP 49 TP 50 TP 51 TP 52 TP 53 TP 54 TP 55 TP 56 TP 57 TP 58 TP 59 TP 60 TP 61 TP 62 TP 63 TP 64 TP 65 TP 66 TP 67 TP 68 TP 69 TP 70 TP 71 TP 72 TP 73 TP 74 TP 75 TP 76 TP 77 TP 78 TP 79 TP 80 TP 81 TP 82 TP 83 TP 84 TP 85 TP 86 TP 87 TP 88 TP 89 TP 90 TP 91 TP 92 TP 93 TP 94 TP 95 TP 96 TP 97 TP 98 TP 99 TP 100 TP 101 TP 102 TP 103 TP 104 TP 105 TP 106 TP 107 TP 108 TP 109 TP 110 TP 111 TP 112 TP 113 TP 114 TP 115 TP 116 TP 117 TP 118 TP 119 TP 120 TP 121 TP 122 TP 123 TP 124 TP 125 TP 126 TP 127 TP 128 TP 129 TP 130 TP 131 TP 132 TP 133 TP 134 TP 135 TP 136 TP 137 TP 138 TP 139 TP 140 TP 141 TP 142 TP 143 TP 144 TP 145 TP 146 TP 147 TP 148 TP 149 TP 150 TP 151 TP 152 TP 153 TP 154 TP 155 TP 156 TP 157 TP 158 TP 159 TP 160 TP 161 TP 162 TP 163 TP 164 TP 165 TP 166 TP 167 TP 168 TP 169 TP 170 TP 171 TP 172 TP 173 TP 174 TP 175 TP 176 TP 177 TP 178 TP 179 TP 180 TP 181 TP 182 TP 183 TP 184 TP 185 TP 186 TP 187 TP 188 TP 189 TP 190 TP 191 TP 192 TP 193 TP 194 TP 195 TP 196 TP 197 TP 198 TP 199 TP 200 TP 201 TP 202 TP 203 TP 204 TP 205 TP 206 TP 207 TP 208 TP 209 TP 210 TP 211 TP 212 TP 213 TP 214 TP 215 TP 216 TP 217 TP 218 TP 219 TP 220 TP 221 TP 222 TP 223 TP 224 TP 225 TP 226 TP 227 TP 228 TP 229 TP 230 TP 231 TP 232 TP 233 TP 234 TP 235 TP 236 TP 237 TP 238 TP 239 TP 240 TP 241 TP 242 TP 243 TP 244 TP 245 TP 246 TP 247 TP 248 TP 249 TP 250 TP 251 TP 252 TP 253 TP 254 TP 255 TP 256 TP 257 TP 258 TP 259 TP 260 TP 261 TP 262 TP 263 TP 264 TP 265 TP 266 TP 267 TP 268 TP 269 TP 270 TP 271 TP 272 TP 273 TP 274 TP 275 TP 276 TP 277 TP 278 TP 279 TP 280 TP 281 TP 282 TP 283 TP 284 TP 285 TP 286 TP 287 TP 288 TP 289 TP 290 TP 291 TP 292 TP 293 TP 294 TP 295 TP 296 TP 297 TP 298 TP 299 TP 300 TP 301 TP 302 TP 303 TP 304 TP 305 TP 306 TP 307 TP 308 TP 309 TP 310 TP 311 TP 312 TP 313 TP 314 TP 315 TP 316 TP 317 TP 318 TP 319 TP 320 TP 321 TP 322 TP 323 TP 324 TP 325 TP 326 TP 327 TP 328 TP 329 TP 330 TP 331 TP 332 TP 333 TP 334 TP 335 TP 336 TP 337 TP 338 TP 339 TP 340 TP 341 TP 342 TP 343 TP 344 TP 345 TP 346 TP 347 TP 348 TP 349 TP 350 TP 351 TP 352 TP 353 TP 354 TP 355 TP 356 TP 357 TP 358 TP 359 TP 360 TP 361 TP 362 TP 363 TP 364 TP 365 TP 366 TP 367 TP 368 TP 369 TP 370 TP 371 TP 372 TP 373 TP 374 TP 375 TP 376 TP 377 TP 378 TP 379 TP 380 TP 381 TP 382 TP 383 TP 384 TP 385 TP 386 TP 387 TP 388 TP 389 TP 390 TP 391 TP 392 TP 393 TP 394 TP 395 TP 396 TP 397 TP 398 TP 399 TP 400 TP 401 TP 402 TP 403 TP 404 TP 405 TP 406 TP 407 TP 408 TP 409 TP 410 TP 411 TP 412 TP 413 TP 414 TP 415 TP 416 TP 417 TP 418 TP 419 TP 420 TP 421 TP 422 TP 423 TP 424 TP 425 TP 426 TP 427 TP 428 TP 429 TP 430 TP 431 TP 432 TP 433 TP 434 TP 435 TP 436 TP 437 TP 438 TP 439 TP 440 TP 441 TP 442 TP 443 TP 444 TP 445 TP 446 TP 447 TP 448 TP 449 TP 450 TP 451 TP 452 TP 453 TP 454 TP 455 TP 456 TP 457 TP 458 TP 459 TP 460 TP 461 TP 462 TP 463 TP 464 TP 465 TP 466 TP 467 TP 468 TP 469 TP 470 TP 471 TP 472 TP 473 TP 474 TP 475 TP 476 TP 477 TP 478 TP 479 TP 480 TP 481 TP 482 TP 483 TP 484 TP 485 TP 486 TP 487 TP 488 TP 489 TP 490 TP 491 TP 492 TP 493 TP 494 TP 495 TP 496 TP 497 TP 498 TP 499 TP 500 TP 501 TP 502 TP 503 TP 504 TP 505 TP 506 TP 507 TP 508 TP 509 TP 510 TP 511 TP 512 TP 513 TP 514 TP 515 TP 516 TP 517 TP 518 TP 519 TP 520 TP 521 TP 522 TP 523 TP 524 TP 525 TP 526 TP 527 TP 528 TP 529 TP 530 TP 531 TP 532 TP 533 TP 534 TP 535 TP 536 TP 537 TP 538 TP 539 TP 540 TP 541 TP 542 TP 543 TP 544 TP 545 TP 546 TP 547 TP 548 TP 549 TP 550 TP 551 TP 552 TP 553 TP 554 TP 555 TP 556 TP 557 TP 558 TP 559 TP 560 TP 561 TP 562 TP 563 TP 564 TP 565 TP 566 TP 567 TP 568 TP 569 TP 570 TP 571 TP 572 TP 573 TP 574 TP 575 TP 576 TP 577 TP 578 TP 579 TP 580 TP 581 TP 582 TP 583 TP 584 TP 585 TP 586 TP 587 TP 588 TP 589 TP 590 TP 591 TP 592 TP 593 TP 594 TP 595 TP 596 TP 597 TP 598 TP 599 TP 600 TP 601 TP 602 TP 603 TP 604 TP 605 TP 606 TP 607 TP 608 TP 609 TP 610 TP 611 TP 612 TP 613 TP 614 TP 615 TP 616 TP 617 TP 618 TP 619 TP 620 TP 621 TP 622 TP 623 TP 624 TP 625 TP 626 TP 627 TP 628 TP 629 TP 630 TP 631 TP 632 TP 633 TP 634 TP 635 TP 636 TP 637 TP 638 TP 639 TP 640 TP 641 TP 642 TP 643 TP 644 TP 645 TP 646 TP 647 TP 648 TP 649 TP 650 TP 651 TP 652 TP 653 TP 654 TP 655 TP 656 TP 657 TP 658 TP 659 TP 660 TP 661 TP 662 TP 663 TP 664 TP 665 TP 666 TP 667 TP 668 TP 669 TP 670 TP 671 TP 672 TP 673 TP 674 TP 675 TP 676 TP 677 TP 678 TP 679 TP 680 TP 681 TP 682 TP 683 TP 684 TP 685 TP 686 TP 687 TP 688 TP 689 TP 690 TP 691 TP 692 TP 693 TP 694 TP 695 TP 696 TP 697 TP 698 TP 699 TP 700 TP 701 TP 702 TP 703 TP 704 TP 705 TP 706 TP 707 TP 708 TP 709 TP 710 TP 711 TP 712 TP 713 TP 714 TP 715 TP 716 TP 717 TP 718 TP 719 TP 720 TP 721 TP 722 TP 723 TP 724 TP 725 TP 726 TP 727 TP 728 TP 729 TP 730 TP 731 TP 732 TP 733 TP 734 TP 735 TP 736 TP 737 TP 738 TP 739 TP 740 TP 741 TP 742 TP 743 TP 744 TP 745 TP 746 TP 747 TP 748 TP 749 TP 750 TP 751 TP 752 TP 753 TP 754 TP 755 TP 756 TP 757 TP 758 TP 759 TP 760 TP 761 TP 762 TP 763 TP 764 TP 765 TP 766 TP 767 TP 768 TP 769 TP 770 TP 771 TP 772 TP 773 TP 774 TP 775 TP 776 TP 777 TP 778 TP 779 TP 780 TP 781 TP 782 TP 783 TP 784 TP 785 TP 786 TP 787 TP 788 TP 789 TP 790 TP 791 TP 792 TP 793 TP 794 TP 795 TP 796 TP 797 TP 798 TP 799 TP 800 TP 801 TP 802 TP 803 TP 804 TP 805 TP 806 TP 807 TP 808 TP 809 TP 810 TP 811 TP 812 TP 813 TP 814 TP 815 TP 816 TP 817 TP 818 TP 819 TP 820 TP 821 TP 822 TP 823 TP 824 TP 825 TP 826 TP 827 TP 828 TP 829 TP 830 TP 831 TP 832 TP 833 TP 834 TP 835 TP 836 TP 837 TP 838 TP 839 TP 840 TP 841 TP 842 TP 843 TP 844 TP 845 TP 846 TP 847 TP 848 TP 849 TP 850 TP 851 TP 852 TP 853 TP 854 TP 855 TP 856 TP 857 TP 858 TP 859 TP 860 TP 861 TP 862 TP 863 TP 864 TP 865 TP 866 TP 867 TP 868 TP 869 TP 870 TP 871 TP 872 TP 873 TP 874 TP 875 TP 876 TP 877 TP 878 TP 879 TP 880 TP 881 TP 882 TP 883 TP 884 TP 885 TP 886 TP 887 TP 888 TP 889 TP 890 TP 891 TP 892 TP 893 TP 894 TP 895 TP 896 TP 897 TP 898 TP 899 TP 900 TP 901 TP 902 TP 903 TP 904 TP 905 TP 906 TP 907 TP 908 TP 909 TP 910 TP 911 TP 912 TP 913 TP 914 TP 915 TP 916 TP 917 TP 918 TP 919 TP 920 TP 921 TP 922 TP 923 TP 924 TP 925 TP 926 TP 927 TP 928 TP 929 TP 930 TP 931 TP 932 TP 933 TP 934 TP 935 TP 936 TP 937 TP 938 TP 939 TP 940 TP 941 TP 942 TP 943 TP 944 TP 945 TP 946 TP 947 TP 948 TP 949 TP 950 TP 951 TP 952 TP 953 TP 954 TP 955 TP 956 TP 957 TP 958 TP 959 TP 960 TP 961 TP 962 TP 963 TP 964 TP 965 TP 966 TP 967 TP 968 TP 969 TP 970 TP 971 TP 972 TP 973 TP 974 TP 975 TP 976 TP 977 TP 978 TP 979 TP 980 TP 981 TP 982 TP 983 TP 984 TP 985 TP 986 TP 987 TP 988 TP 989 TP 990 TP 991 TP 992 TP 993 TP 994 TP 995 TP 996 TP 997 TP 998 TP 999 TP 1000 TP 1001 TP 1002 TP 1003 TP 1004 TP 1005 TP 1006 TP 1007 TP 1008 TP 1009 TP 1010 TP 1011 TP 1012 TP 1013 TP 1014 TP 1015 TP 1016 TP 1017 TP 1018 TP 1019 TP 1020 TP 1021 TP 1022 TP 1023 TP 1024 TP 1025 TP 1026 TP 1027 TP 1028 TP 1029 TP 1030 TP 1031 TP 1032 TP 1033 TP 1034 TP 1035 TP 1036 TP 1037 TP 1038 TP 1039 TP 1040 TP 1041 TP 1042 TP 1043 TP 1044 TP 1045 TP 1046 TP 1047 TP 1048 TP 1049 TP 1050 TP 1051 TP 1052 TP 1053 TP 1054 TP 1055 TP 1056 TP 1057 TP 1058 TP 1059 TP 1060 TP 1061 TP 1062 TP 1063 TP 1064 TP 1065 TP 1066 TP 1067 TP 1068 TP 1069 TP 1070 TP 1071 TP 1072 TP 1073 TP 1074 TP 1075 TP 1076 TP 1077 TP 1078 TP 1079 TP 1080 TP 1081 TP 1082 TP 1083 TP 1084 TP 1085 TP 1086 TP 1087 TP 1088 TP 1089 TP 1090 TP 1091 TP 1092 TP 1093 TP 1094 TP 1095 TP 1096 TP 1097 TP 1098 TP 1099 TP 1100 TP 1101 TP 1102 TP 1103 TP 1104 TP 1105 TP 1106 TP 1107 TP 1108 TP 1109 TP 1110 TP 1111 TP 1112 TP 1113 TP 1114 TP 1115 TP 1116 TP 1117 TP 1118 TP 1119 TP 1120 TP 1121 TP 1122 TP 1123 TP 1124 TP 1125 TP 1126 TP 1127 TP 1128 TP 1129 TP 1130 TP 1131 TP 1132 TP 1133 TP 1134 TP 1135 TP 1136 TP 1137 TP 1138 TP 1139 TP 1140 TP 1141 TP 1142 TP 1143 TP 1144 TP 1145 TP 1146 TP 1147 TP 1148 TP 1149 TP 1150 TP 1151 TP 1152 TP 1153 TP 1154 TP 1155 TP 1156 TP 1157 TP 1158 TP 1159 TP 1160 TP 1161 TP 1162 TP 1163 TP 1164 TP 1165 TP 1166 TP 1167 TP 1168 TP 1169 TP 1170 TP 1171 TP 1172 TP 1173 TP 1174 TP 1175 TP 1176 TP 1177 TP 1178 TP 1179 TP 1180 TP 1181 TP 1182 TP 1183 TP 1184 TP 1185 TP 1186 TP 1187 TP 1188 TP 1189 TP 1190 TP 1191 TP 1192 TP 1193 TP 1194 TP 1195 TP 1196 TP 1197 TP 1198 TP 1199 TP 1200 TP 1201 TP 1202 TP 1203 TP 1204 TP 1205 TP 1206 TP 1207 TP 1208 TP 1209 TP 1210 TP 1211 TP 1212 TP 1213 TP 1214 TP 1215 TP 1216 TP 1217 TP 1218 TP 1219 TP 1220 TP 1221 TP 1222 TP 1223 TP 1224 TP 1225 TP 1226 TP 1227 TP 1228 TP 1229 TP 1230 TP 1231 TP 1232 TP 1233 TP 1234 TP 1235 TP 1236 TP 1237 TP 1238 TP 1239 TP 1240 TP 1241 TP 1242 TP 1243 TP 1244 TP 1245 TP 1246 TP 1247 TP 1248 TP 1249 TP 1250 TP 1251 TP 1252 TP 1253 TP 1254 TP 1255 TP 1256 TP 1257 TP 1258 TP 1259 TP 1260 TP 1261 TP 1262 TP 1263 TP 1264 TP 1265 TP 1266 TP 1267 TP 1268 TP 1269 TP 1270 TP 1271 TP 1272 TP 1273 TP 1274 TP 1275 TP 1276 TP 1277 TP 1278 TP 1279 TP 1280 TP 1281 TP 1282 TP 1283 TP 1284 TP 1285 TP 1286 TP 1287 TP 1288 TP 1289 TP 1290 TP 1291 TP 1292 TP 1293 TP 1294 TP 1295 TP 1296 TP 1297 TP 1298 TP 1299 TP 1300 TP 1301 TP 1302 TP 1303 TP 1304 TP 1305 TP 1306 TP 1307 TP 1308 TP 1309 TP 1310 TP 1311 TP 1312 TP 1313 TP 1314 TP 1315 TP 1316 TP 1317 TP 1318 TP 1319 TP 1320 TP 1321 TP 1322 TP 1323 TP 1324 TP 1325 TP 1326 TP 1327 TP 1328 TP 1329 TP 1330 TP 1331 TP 1332 TP 1333 TP 1334 TP 1335 TP 1336 TP 1337 TP 1338 TP 1339 TP 1340 TP 1341 TP 1342 TP 1343 TP 1344 TP 1345 TP 1346 TP 1347 TP 1348 TP 1349 TP 1350 TP 1351 TP 1352 TP 1353 TP 1354 TP 1355 TP 1356 TP 1357 TP 1358 TP 1359 TP 1360 TP 1361 TP 1362 TP 1363 TP 1364 TP 1365 TP 1366 TP 1367 TP 1368 TP 1369 TP 1370 TP 1371 TP 1372 TP 1373 TP 1374 TP 1375 TP 1376 TP 1377 TP 1378 TP 1379 TP 1380 TP 1381 TP 1382 TP 1383 TP 1384 TP 1385 TP 1386 TP 1387 TP 1388 TP 1389 TP 1390 TP 1391 TP 1392 TP 1393 TP 1394 TP 1395 TP 1396 TP 1397 TP 1398 TP 1399 TP 1400 TP 1401 TP 1402 TP 1403 TP 1404 TP 1405 TP 1406 TP 1407 TP 1408 TP 1409 TP 1410 TP 1411 TP 1412 TP 1413 TP 1414 TP 1415 TP 1416 TP 1417 TP 1418 TP 1419 TP 1420 TP 1421 TP 1422 TP 1423 TP 1424 TP 1425 TP 1426 TP 1427 TP 1428 TP 1429 TP 1430 TP 1431 TP 1432 TP 1433 TP 1434 TP 1435 TP 1436 TP 1437 TP 1438 TP 1439 TP 1440 TP 1441 TP 1442 TP 1443 TP 1444 TP 1445 TP 1446 TP 1447 TP 1448 TP 1449 TP 1450 TP 1451 TP 1452 TP 1453 TP 1454 TP 1455 TP 1456 TP 1457 TP 1458 TP 1459 TP 1460 TP 1461 TP 1462 TP 1463 TP 1464 TP 1465 TP 1466 TP 1467 TP 1468 TP 1469 TP 1470 TP 1471 TP 1472 TP 1473 TP 1474 TP 1475 TP 1476 TP 1477 TP 1478 TP 1479 TP 1480 TP 1481 TP 1482 TP 1483 TP 1484 TP 1485 TP 1486 TP 1487 TP 1488 TP 1489 TP 1490 TP 1491 TP 1492 TP 1493 TP 1494 TP 1495 TP 1496 TP 1497 TP 1498 TP 1499 TP 1500 TP 1501 TP 1502 TP 1503 TP 1504 TP 1505 TP 1506 TP 1507 TP 1508 TP 1509 TP 1510 TP 1511 TP 1512 TP 1513 TP 1514 TP 1515 TP 1516 TP 1517 TP 1518 TP 1519 TP 1520 TP 1521 TP 1522 TP 1523 TP 1524 TP 1525 TP 1526 TP 1527 TP 1528 TP 1529 TP 1530 TP 1531 TP 1532 TP 1533 TP 1534 TP 1535 TP 1536 TP 1537 TP 1538 TP 1539 TP 1540 TP 1541 TP 1542 TP 1543 TP 1544 TP 1545 TP 1546 TP 1547 TP 1548 TP 1549 TP 1550 TP 1551 TP 1552 TP 1553 TP 1554 TP 1555 TP 1556 TP 1557 TP 1558 TP 1559 TP 1560 TP 1561 TP 1562 TP 1563 TP 1564 TP 1565 TP 1566 TP 1567 TP 1568 TP 1569 TP 1570 TP 1571 TP 1572 TP 1573 TP 1574 TP 1575 TP 1576 TP 1577 TP 1578 TP 1579 TP 1580 TP 1581 TP 1582 TP 1583 TP 1584 TP 1585 TP 1586 TP 1587 TP 1588 TP 1589 TP 1590 TP 1591 TP 1592 TP 1593 TP 1594 TP 1595 TP 1596 TP 1597 TP 1598 TP 1599 TP 1600 TP 1601 TP 1602 TP 1603 TP 1604 TP 1605 TP 1606 TP 1607 TP 1608 TP 1609 TP 1610 TP 1611 TP 1612 TP 1613 TP 1614 TP 1615 TP 1616 TP 1617 TP 1618 TP 1619 TP 1620 TP 1621 TP 1622 TP 1623 TP 1624 TP 1625 TP 1626 TP 1627 TP 1628 TP 1629 TP 1630 TP 1631 TP 1632 TP 1633 TP 1634 TP 1635 TP 1636 TP 1637 TP 1638 TP 1639 TP 1640 TP 1641 TP 1642 TP 1643 TP 1644 TP 1645 TP 1646 TP 1647 TP 1648 TP 1649 TP 1650 TP 1651 TP 1652 TP 1653 TP 1654 TP 1655 TP 1656 TP 1657 TP 1658 TP 1659 TP 1660 TP 1661 TP 1662 TP 1663 TP 1664 TP 1665 TP 1666 TP 1667 TP 1668 TP 1669 TP 1670 TP 1671 TP 1672 TP 1673 TP 1674 TP 1675 TP 1676 TP 1677 TP 1678 TP 1679 TP 1680 TP 1681 TP 1682 TP 1683 TP 1684 TP 1685 TP 1686 TP 1687 TP 1688 TP 1689 TP 1690 TP 1691 TP 1692 TP 1693 TP 1694 TP 1695 TP 1696 TP 1697 TP 1698 TP 1699 TP 1700 TP 1701 TP 1702 TP 1703 TP 1704 TP 1705 TP 1706 TP 1707 TP 1708 TP 1709 TP 1710 TP 1711 TP 1712 TP 1713 TP 1714 TP 1715 TP 1716 TP 1717 TP 1718 TP 1719 TP 1720 TP 1721 TP 1722 TP 1723 TP 1724 TP 1725 TP 1726 TP 1727 TP 1728 TP 1729 TP 1730 TP 1731 TP 1732 TP 1733 TP 1734 TP 1735 TP 1736 TP 1737 TP 1738 TP 1739 TP 1740 TP 1741 TP 1742 TP 1743 TP 1744 TP 1745 TP 1746 TP 1747 TP 1748 TP 1749 TP 1750 TP 1751 TP 1752 TP 1753 TP 1754 TP 1755 TP 1756 TP 1757 TP 1758 TP 1759 TP 1760 TP 1761 TP 1762 TP 1763 TP 1764 TP 1765 TP 1766 TP 1767 TP 1768 TP 1769 TP 1770 TP 1771 TP 1772 TP 1773 TP 1774 TP 1775 TP 1776 TP 1777 TP 1778 TP 1779 TP 1780 TP 1781 TP 1782 TP 1783 TP 1784 TP 1785 TP 1786 TP 1787 TP 1788 TP 1789 TP 1790 TP 1791 TP 1792 TP 1793 TP 1794 TP 1795 TP 1796 TP 1797 TP 1798 TP 1799 TP 1800 TP 1801 TP 1802 TP 1803 TP 1804 TP 1805 TP 1806 TP 1807 TP 1808 TP 1809 TP 1810 TP 1811 TP 1812 TP 1813 TP 1814 TP 1815 TP 1816 TP 1817 TP 1818 TP 1819 TP 1820 TP 1821 TP 1822 TP 1823 TP 1824 TP 1825 TP 1826 TP 1827 TP 1828 TP 1829 TP 1830 TP 1831 TP 1832 TP 1833 TP 1834 TP 1835 TP 1836 TP 1837 TP 1838 TP 1839 TP 1840 TP 1841 TP 1842 TP 1843 TP 1844 TP 1845 TP 1846 TP 1847 TP 1848 TP 1849 TP 1850 TP 1851 TP 1852 TP 1853 TP 1854 TP 1855 TP 1856 TP 1857 TP 1858 TP 1859 TP 1860 TP 1861 TP 1862 TP 1863 TP 1864 TP 1865 TP 1866 TP 1867 TP 1868 TP 1869 TP 1870 TP 1871 TP 1872 TP 1873 TP 1874 TP 1875 TP 1876 TP 1877 TP 1878 TP 1879 TP 1880 TP 1881 TP 1882 TP 1883 TP 1884 TP 1885 TP 1886 TP 1887 TP 1888 TP 1889 TP 1890 TP 1891 TP 1892 TP 1893 TP 1894 TP 1895 TP 1896 TP 1897 TP 1898 TP 1899 TP 1900 TP 1901 TP 1902 TP 1903 TP 1904 TP 1905 TP 1906 TP 1907 TP 1908 TP 1909 TP 1910 TP 1911 TP 1912 TP 1913 TP 1914 TP 1915 TP 1916 TP 1917 TP 1918 TP 1919 TP 1920 TP 1921 TP 1922 TP 1923 TP 1924 TP 1925 TP 1926 TP 1927 TP 1928 TP 1929 TP 1930 TP 1931 TP 1932 TP 1933 TP 1934 TP 1935 TP 1936 TP 1937 TP 1938 TP 1939 TP 1940 TP 1941 TP 1942 TP 1943 TP 1944 TP 1945 TP 1946 TP 1947 TP 1948 TP 1

Panoramic X-ray	Gold Standard	Automatic	DSC %
			95.10 %
			93.23 %
			94.45 %
			94.04 %
			94.49 %
			95.16 %
			95.61 %
			95.73 %
			90.13 %

İncir. 7. Otomatik segmentasyon yönteminin elle segmente edilen altın standartlarıyla karşılaştırılması sonucu elde edilen deneysel sonuçlar ve bunların Dice benzerlik katsayısı (DSC) değerleri.

nerede dist α ; yb, x ve y pikselleri arasındaki Öklid uzaklığıdır. Farklı alt bölgelerin HD değerlerinin karşılaştırılması, her bir segmentasyon tekniğinin performansı hakkında bize bilgi verir. Panoramik röntgenlerdeki değişken bozulma ve büyütme nedeniyle HD milimetre cinsinden değil piksel cinsinden bildirilir.

Tablo 1 ve 2' de edilen değerlendirme metriklerini özetlemektedir. Önerilen algoritmanın 95 panoramik görüntü üzerinde test edilmesi. Önerilen otomatik segmentasyon yönteminin doğruluğunu ve kesinliğini göstermek için metriklerin ortalaması ve standart sapması raporlanmaktadır. Şekil 7'de bazı panoramik röntgenlerde otomatik ve manuel mandibula segmentasyonlarının çıktıları gösterilmektedir.

Üç uzmanın her birinin manuel segmentasyonları da altın standartla karşılaştırıldı ve aynı metrikler kullanılarak değerlendirildi. Sonuçlar uzmanların manuel segmentasyonlarının ortalama %99,3 0,5 özgüllüğe, %98,7 1,1 duyarlılığa ve %98,8 0,6 DSC'ye sahip olduğunu göstermektedir.

4 Sonuç ve Tartışma

Operatör girdisi olmaksızın panoramik röntgenlerde mandibulanın otomatik segmentasyonu için etkili, hızlı ve sağlam dört adımlı bir yöntem önerilmiştir. Bilgilerimize göre bu makale panoramik radyografide mandibula kemiğinin segmentasyonu üzerine yapılmış ilk araştırmayı sunmaktadır. Algoritma, üç uzman diş hekimi tarafından manuel olarak segmente edilen 95 görüntü üzerinde test edildi ve sonuçlar karşılaştırıldı.

DSC, duyarlılık, özgüllük ve HD gibi denetlenen kriterler aracılığıyla.

Tablo 2'de bildirilen istatistiklere ve Şekil 2'de görüldüğü gibi, 7. Kondiler ve koronoid çıkıntılar segmentasyon hatalarına en çok maruz kalan kısımlardır. Bu alanlar, komşu kemik yapıları ve maksiller sinüsler tarafından üst üste bindirildiğinden, neredeyse fark edilmeyen kenarlar oluşur. Diş hekimlerinin manuel segmentasyonları incelendiğinde, uzmanların segmentasyonlarının bile süreçler alt bölgesinde uyumlu olmadığı tespit edilmiştir. Neyse ki panoramik radyografide bu alanlarda önemli bir bilgi bulunmamaktadır. Ancak, otomatik segmentasyonun ortalama performansının, bireysel uzmanların performanslarıyla karşılaştırılması (hepsinin %98'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır), otomatik segmentasyonun,

matik yöntemin altın standardına daha yakın olacak şekilde geliştirilmesi mümkündür.

Önerilen yöntem hızlıdır ve panoramik X-ışınlarının görüntü bozukluklarına ve homojen olmayan kontrastlarına karşı dayanıklıdır, ancak GV'nin dar bir saydam şerit değil, yatay integral projeksiyonlarla tespit edilemeyen geniş ve geniş bir dişsiz alan olduğu büyük dişsiz alanlara sahip vakalarda yanlış sonuçlar üretebilir.

Günümüze kadar yapılan çalışmaya en yakın çalışma Frejlichowski ve Wanat tarafından yapılmış olup, bu çalışmada dental panoramik röntgen görüntüleri, her biri tek bir dişi içeren bölgelere ayrılmıştır. Önerilen yöntemin şu sorunlardan muzdarip olduğu belirtilmelidir:

Diş köklerinin altındaki alanların çıkarılmasıyla ilgili bazı teorik eksiklikler vardı, burada üst ve alt çeneleri dikey olarak ayıran eğriyi hizalama arayışı içinde çevirmişlerdi, içinden geçtiği piksellerin toplamının çevredeki sonuçlardan daha düşük olduğu yerler vardı. Aslında diş köklerinin altındaki piksellerin yoğunluklarının toplamının, bitişik alanların yoğunluklarından daha küçük olduğuna dair destekleyici bir kanıt yoktur.

Mevcut çalışmanın sonuçları ümit verici görünmektedir ve farklı baş-boyun radyografi tekniklerindeki yapıların otomatik segmentasyonu alanında daha ileri araştırmalara yol açabilir.

Bu çalışmanın çıktıları, segmentli bir mandibuladan elde edilen bilgilerle panoramik röntgen kayıtlarının iyileştirilmesi gibi çeşitli senaryolarda kullanılabilir.3 Popüler bir araştırma alanı haline gelen dental biyometriyi etkileyebilir.

Aynı zamanda insan kimliği için de ümit verici bir yöntemdir.10,11,15,16

Önerilen yöntemle çıkarılan mandibula gövdesi üzerinde desen tanıma yapılarak mandibulanın intraosseöz lezyonları tespit edilebilir. Panoramik radyografi, günümüz diş hekimliğinde açık ara en çok kullanılan paraklinik kayıt biçimi olduğundan (ve tüm diş hekimleri intraosseöz lezyonları tespit edecek kadar deneyimli değildir), bu hasarlı dokuların otomatik tespiti için bir sistem tasarlamak, lezyonların erken tespiti ile de sonuçlanabilecek iyi bir uygulama gibi görünmektedir. Önerilen yöntem anatomik işaretlerin tespiti için daha da genişletilebilir. Bu nedenle panoramik röntgenlerde diş çalışmalarının yerlerinin tespiti, özellikle dental adli tıp ve periapikal lezyonların tespiti gibi durumlarda büyük fayda sağlayabilir.

Referanslar

1. S. Rueda ve M. Alcaniz, "Matematiksel morfoloji ve aktif görünüm modelleri kullanarak otomatik sefalometrik dönüm noktası tespiti için bir yaklaşım," [Med. Görüntü Hesaplama Bilgisayar. Yardımcı. Röportaj](#). 9, 159–166 (2006).
2. T. Mondal, A. Jain ve H.K. Sardana, "Sefalometrik görüntülerde otomatik kraniyofasiyal yapı tespiti", [IEEE Trans. Görüntü İşlemi](#). 20(9), 2606–2614 (2011).
3. NE Mekky, FE Abou-Chadi ve S. Kishk, "Hibrit ve hiyerarşik stratejileri kullanan yeni bir dental panoramik x-ışını görüntü kayıt tekniği," Int. Konf. Bilgisayar Mühendisliği ve Sistemleri (ICCES) üzerine, s. 361–367 (2010).
4. D. Frejlichowski ve R. Wanat, "Adli insan tanımlaması için dijital ortopantomogramların otomatik segmentasyonu", [Görüntü Analizi ve İşleme \(ICIAP\)](#) 2011, s. 294–302, Springer Berlin Heidelberg (2011).
5. T. Sawagashira ve diğerleri, "Diş panoramik radyografilerinde üst şapka filtresi kullanılarak karotis arter kalsifikasyonlarının otomatik olarak tespit edilmesi yöntemi" Annual Int. Konf. IEEE Tıp ve Biyoloji Mühendisliği Topluluğu, EMBC, s. 6208–6211 (2011).
6. MR Sabuncu ve diğerleri, "Etiket füzyonuna dayalı görüntü segmentasyonu için üretken bir model," [IEEE Trans Med Görüntüleme](#) 29(10), 1714–1729 (2010).
7. KM Pohl ve diğerleri, "Ortak segmentasyon ve kayıt için bir Bayes modeli," [Neuroimage](#) 31(1), 228–239 (2006).
8. J. Ashburner ve KJ Friston, "Birleşik segmentasyon," [Neuroimage](#) 26(3), 839–851 (2005).
9. G. Fahmy ve diğerleri, "Otomatik bir diş tanımlama sistemine doğru," [J. Elektron. Görüntüleme](#) 14(4), 043018 (2005).
10. A. K. Jain ve H. Chen, "İnsan tanımlaması için diş röntgen görüntülerinin eşleştirilmesi," [Pattern Recognit.](#) 37(7), 1519–1532 (2004).
11. PL Lin, YH Lai ve PW Huang, "Diş bölgesi ve kontur bilgilerini kullanarak diş ısıрма radyografileri için etkili bir sınıflandırma ve numaralandırma sistemi," [Pattern Recognit.](#) 43(4), 1380–1392 (2010).
12. PL Lin, YH Lai ve PW Huang, "Diş biyometrisi: ısıрма kanatlı radyografilerde dişlere ve diş çalışmalarına dayalı insan kimliği" [Desen Tanıma](#). 45(3), 934–946 (2012).
13. M. H. Mahoor ve M. Abdel-Mottaleb, "Diş ısıрма kanadı görüntülerinde dişlerin sınıflandırılması ve numaralandırılması," [Desen Tanıma](#). 38(4), 577–586 (2005).
14. DEM Nassar ve HH Ammar, "Diş radyografilerini eşleştirmek için bir sinir ağı sistemi," [Pattern Recognit.](#) 40(1), 65–79 (2007).
15. O. Nomir ve M. Abdel-Mottaleb, "X-ışını diş radyografilerinden insan tanımlama sistemi," [Pattern Recognit.](#) 38(8), 1295–1305 (2005).
16. J. Zhou ve M. Abdel-Mottaleb, "İsırgan diş röntgen görüntülerine dayalı insan tanımlama için içerik tabanlı bir sistem," [Pattern Recognit.](#) 38(11), 2132–2142 (2005).
17. S. Suprijanto ve diğerleri, "Film tabanlı dental panoramik radyografi için görüntü kontrastının artırılması", Int. Konf. Sistem Mühendisliği ve Teknoloji (ICSET) üzerine, s. 1–5 (2012).
18. JC Gower, "Genelleştirilmiş Procrustes analizi," [Psychometrika](#) 40(1), 33–51 (1975).
19. T. F. Cootes ve diğerleri, "Aktif şekil modelleri - eğitimleri ve uygulamaları," [Bilgisayar. Balık. Resim Anlaşıldı](#). 61(1), 38–59 (1995).
20. P. H. Schonemann, "Ortogonal Procrustes probleminin genelleştirilmiş bir çözümü," [Psychometrika](#) 31(1), 1–10 (1966).
21. LR Dice, "Türler arasındaki ekolojik birlikteliğin miktarının ölçülmesi," [Ekoloji](#) 26(3), 297–302 (1945).

Amir Hossein Abdi, Shahid Beheshti Üniversitesi'nde eş zamanlı olarak diş hekimliği ve bilgisayar mühendisliği okudu ve her ikisinden de 2011 yılında mezun oldu. Yüksek lisans derecesini 2013 yılında Şerif Teknoloji Üniversitesi'nden aldı. Daha sonra iki yıl boyunca İran'ın ulusal Robocup komitesinde lig başkanı olarak seçildi. Şu anda British Columbia Üniversitesi'nde doktora öğrencisi olan araştırmacının temel araştırma alanları biyomedikal görüntü işleme ve 3 boyutlu biyomekanik modellemelerdir.

Shohreh Kasaei, Şerif Teknoloji Üniversitesi'nde profesördür. Doktora derecesini Avustralya Queensland Teknoloji Üniversitesi'nden aldı. 1994 yılında Ryukyus Üniversitesi tarafından en iyi lisansüstü mühendislik öğrencisi, İran Bilim, Araştırma ve Teknoloji Bakanlığı tarafından en iyi yurtdışı doktora öğrencisi ve 2002 ve 2010 yıllarında Şerif Teknoloji Üniversitesi'nde seçkin araştırmacı ödülleriyle onurlandırıldı. 30'dan fazla dergi makalesi yayınladı.

Mojdeh Mehdizadeh, Diş Hekimliği Fakültesi (DDS) ve maksillofasiyal radyoloji alanında uzmanlık doktorasını sırasıyla 1994 ve 1997 yıllarında İran'daki İsfahan Tıp Bilimleri Üniversitesi'nden aldı. 2009 yılından bu yana bu üniversitenin maksillofasiyal radyoloji bölümünde doçent olarak ders vermektedir. 2006 yılından bu yana Uluslararası Dento-Maksillofasiyal Radyoloji (IDMFR) ve Avrupa Baş ve Boyun Radyolojisi Derneği (ESHNR) üyesidir.