

TARİFNAME

Çocuklarda El Bileği Radyografilerinden Kemik Yaşı Hesaplama Yöntemi

5 Teknik Alan

Buluş; Antropoloji, Adli Tıp, Pediatri ve Ortopedi alanlarında kullanılmak üzere çocuklarda el bileği radyografilerinden kemik yaşının hesaplanmasını sağlayan bir yöntem ile ilgilidir.

10

Tekniğin Bilinen Durumu

Çocuklarda kemik yaşı tayini için kullanılan en yaygın yöntemler Greulich-Pyle Atlası (GPA) ve Tanner-Whitehouse yöntemidir. Ancak bu yöntemlerle yapılan kemik yaşı 15 tayinleri uzun vakit almaktadır. Ayrıca bu yöntemleri kullanacak bir uzmana da ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sıkıntılardan dolayı, son zamanlarda, kemik yaşının otomatik bir şekilde tayin edilebilmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

Geliştirilmiş otomatik yöntemler, uzmanların yaptıkları gibi el ve bilek kemiklerinin her 20 birinin boyutunu ve şeklini inceleyerek hangi yaştaki kemiğe benzediğine karar vermektedirler. Yani otomatik sisteme başlangıçta her yaştaki çocuk için olması gereken kemik şekilleri yüklenmekte ve daha sonra otomatik sistemden, verilen herhangi bir görüntünün kendisinde bulunan görüntülerden hangisine benzediğini bulması istenmektedir. Otomatik sistem, gelen el bileği görüntüsündeki kemikleri 25 inceleyip kendisinde bulunan görüntülerle karşılaştırmaktadır. Bu işlemler her ne kadar yazılım ortamında yapılıyor olsa da kemiklerin tek tek incelenmesi belirli bir işlem süresini gerektirmektedir.

Geliştirilen yönteme benzerlikleri bakımından diğer yöntemleri ele alacak olursak 30 bunlardan ilkinde Hsieh v.d. [1]'nin kemik yaşı için tasarladıkları algoritma verilebilir. Ancak bu algoritma yoğun bir işlem hacmine ve basamaklarına sahip olduğundan oldukça karmaşık ve sonuç üretme süresi nispeten daha uzundur.

Bir diğer patent Thodberg v.d. [2] tarafından alınmıştır. Ancak bu da oldukça yoğun 35 görüntü işleme teknikleri içeren her bir el ve bilek kemiğinin ayrı ayrı incelendiği uzun

bir yöntemdir. Yine benzer bir çalışma olarak [3] verilebilir. Bu çalışmada da her ne kadar dirsek ve ön kol kemikleri kullanılmış olsa da bu kemiklerin en ve boyları alınmamıştır. Daha çok, yoğun görüntü işleme teknikleri ile dirsek ve ön kol kemiği ve epifizlerinin alanları otomatik olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak yaş tayini için görüntü üzerindeki alanı kullanmak oldukça sakıncalıdır. Çünkü şayet görüntü farklı açılardan alınır alan olduğundan farklı bir boyutta çıkabilir. Bizim yöntemimizdeki gibi hataların bertaraf edilebileceği bir oranlama veya normalizasyon yapılmazsa sonuçlar hatalı çıkar. Ayrıca bu çalışma her yaş için değil Tanner-Whitehouse yöntemi sınırları dahilinde geliştirilmiştir.

10

Benzer bir diğer çalışma [4]'tür. Bu çalışmada sadece dirsek kemiği ve epifizinin enine bakılmıştır oysa bu iki değişken her yaş için ayırt edici değildir. Nitekim bazı yaş aralıklarında enine epifiz gelişimi durmakta boyuna gelişim oluşmaktadır. Hatta bizim yöntemimiz geliştirilirken epifiz eni ve boyu birlikte alınsa dahi bazı yaşlar için ayırt edici olmadığından daha geniş bir yaş aralığına hitap edebilmek için ön kol kemiği ve epifizinin de kullanılmasının zaruri olduğu görülmüştür.

15

Diğer otomatik yaş tayin yöntemleri [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]'de sunulmuştur. Ancak bu ve benzeri yöntemlerin hepsinde tüm kemikler incelendiğinden oldukça fazla görüntü işleme içermekte, bu nedenle de uzun sürmekte ve karmaşık bir yapıya sahip olmaktadır. Ayrıca her birinin farklı eksik yönleri vardır. Örneğin [7] düşük kaliteli görüntülerle iyi sonuçlar verememekte, [5] her yaştaki çocuklar için geçerli olamamakta, [6] ise oldukça karmaşık bir yapıdadır. [4] çalışması ise karmaşık değildir ama aşırı basit olduğundan her yaş için doğru sonuç vermemektedir. [16]' da yaş tayini için kullanılan yöntem içerisinde sunulan iki yöntemden biri 13 kemik diğeri ise 20 kemik alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada epifiz eni metafiz enine oranlanmış ama bu kemiklerin boylarına bakılmamış bu yüzden de yeterli doğruluğa ulaşabilmek için 13 kemik kullanılmıştır.

20

25

Ayrıca daha önce geliştirilen otomatik sistemlerin neredeyse tamamının, doğru sonuçlar üretilmediği yaş aralığı bulunmaktadır. Örneğin 11-15 veya 5-8 yaş aralığı yüksek bir doğrulukla tayin edilememektedir.

30

Mevcut teknikte kullanılan yöntemlerin genel olarak eksiklikleri ve yetersiz kaldığı kısımlar şu şekildedir:

- yoğun işlem hacmine, basamaklarına ve görüntü işleme tekniklerine sahip olmaları,
- karmaşık olmaları ve dolayısıyla sonuç üretme sürelerinin uzun olması,
- uygulanabilir oldukları yaş aralıklarının dar olması,
- 5 • her yaştaki çocuk için uygulanabilir olmamaları veya yüksek doğrulukta yaş tayini yapılamaması,
- yaş hesaplamasının doğruluğunun, el bileği görüntüsünün açısına göre değişkenlik göstermesi,
- oluşabilecek hataları bertaraf etmek üzere kullanılacak bir oranlama/normalizasyon işlemi içermemeleri,
- 10 • her yaş için ayırt edici olmayan kemik kısımlarının, kemik yaşı hesaplamasında kullanılması,
- düşük kaliteli radyografi görüntülerinde yaş hesaplamasının hata yüzdesinin artması,
- 15 • kemik yaşı hesabının yapılması için çok sayıda kemik görüntüsünü kullanılması.

Sonuç olarak yukarıda anlatılan olumsuzluklardan dolayı ve mevcut çözümlerin konu hakkındaki yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir geliştirme yapılması gerekli görülmüştür.

20

Buluşun Amacı

Buluş, mevcut durumlardan esinlenerek oluşturulup yukarıda belirtilen olumsuzlukları çözmeyi amaçlamaktadır.

25

Buluşun ana amacı, el radyografileri vasıtasıyla çocuklarda kemik yaşını hesaplamaktır.

Buluşun diğer amaçları ise şu şekildedir:

30

- dirsek ve önkol kemik uçları ile bu kemiklere ait epifizleri kullanarak kemik yaşını yüksek bir hızda ve doğrulukta tayin etmektir,
- bahsedilen epifizlerin enine ve boyuna gelişimleri ile kemik yaşı arasındaki ilişkiyi analiz ile ortaya koymaktır,

- epifizlerin, uçlarında yer aldıkları dirsek ve önkol kemiklerinin uçlarına göre gelişimlerinin yaş ile doğrudan orantılı olduğunu ve bahsedilen gelişimlerin göz önüne alınarak kemik yaşının tayin edilebileceğini göstermektir,
- epifizlerin enine ve boyuna beraber bakarak yaş tayini yapmaktır,
- 5 • kemik yaşı hesaplamasının, el bileğinin görüntüsünün kalitesiz veya doğru mesafeden veya açılardan çekilmemiş olmasından etkilenmemesidir,
- yoğun görüntü işleme teknikleri kullanmadan kemik yaşı tayini yapmaktır,
- yönteme ait ölçümler ve fonksiyonlar kullanılarak, uzman/doktor tarafından kemik yaşının ister manuel olarak ister otomatik bir şekilde hesaplanabilmesidir.

10

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıflar yapılmak suretiyle yazılan detaylı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve detaylı açıklama göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir.

15

Buluşun Anlaşılmasına Yardımcı Olacak Şekiller

Şekil 1, buluşa konu olan yöntemde yer alan unsurların görünümüdür. Işın cihazından (1) uygulama cihazına (2) doğru gösterilen ok ile radyografinin iletildiği belirtilmiştir.

20

Şekil 2, buluşa konu olan yöntemin işlem adımlarında kullanılan ve Şekil 1’de bahsedilen ışın cihazı (1) vasıtasıyla elde edilen ve iletilen el bileği radyografisinin görünümüdür.

25

Çizimlerin mutlaka ölçeklendirilmesi gerekmemektedir ve mevcut buluşu anlamak için gerekli olmayan detaylar ihmal edilmiş olabilmektedir. Bundan başka, en azından büyük ölçüde özdeş olan veya en azından büyük ölçüde özdeş işlevleri olan elemanlar, aynı numara ile gösterilmektedir.

30

Parça Referanslarının Açıklaması

35

1. Işın cihazı
2. Uygulama cihazı
3. Dirsek kemiği ucu
4. Dirsek kemiği epifizi
5. Önkol kemiği ucu

6. Önkol kemiği epifizi
7. Görüntü veri bankası

Buluşun Detaylı Açıklaması

5

Bu detaylı açıklamada, buluşun tercih edilen yapılanmaları, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak ve hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak şekilde açıklanmaktadır.

10 Yönteme ait tercih edilen işlem adımları içerisindeki unsurların detayları şu şekildedir:

- Işın cihazı (1), el bileğinin görüntüsünün/radyografisinin alınmasını/çekilmesini yaydığı X-ışınları vasıtasıyla sağlayan, radyografi/röntgen çekebilen tercihen radyografi veya röntgen cihazıdır.
- 15 • Uygulama cihazı (2), içerisinde yazılım çalıştırma kabiliyeti olan işlemci veya hesaplama yapılabilecek gömülü sistem bulunan bir cihazdır. Tercihen akıllı elektronik kart, telefon, bilgisayar veya tablet bilgisayardır.
- Dirsek kemiği ucu (3), dirsek kemiği epifizinin (4) altında kalan bölümdür.
- Önkol kemiği ucu (5), önkol kemiği epifizinin (6) altında kalan bölümdür.
- 20 • Dirsek kemiği epifizi (4), dirsek kemiğinin ucu (3) ile el eklemleri arasında yer alan ve ilerleyen yaşlarda dirsek kemiğinin ucu (3) ile kaynaşan kemik plağıdır.
- Önkol kemiği epifizi (6), önkol kemiğinin ucu (5) ile el eklemleri arasında yer alan ve ilerleyen yaşlarda önkol kemiğinin ucu (5) ile birleşen kemik plağıdır.
- Görüntü veri bankası (7), çocukların el bileği radyografilerinin yer aldığı atlaslar ve/veya radyografi çekilen hastanelerde, sağlık birimlerinde vb. oluşturulan veri bankasıdır. Yöntem sonucunda bulunan oranların karşılaştırılması işleminde kullanılır.
- 25

30 Yukarıda açıklanan unsurları içeren işlem adımları vasıtasıyla gerçekleştirilen yöntemin bahsedilen işlem adımları şu şekildedir:

- Işın cihazı (1) vasıtasıyla, kemik yaşının hesaplanması istenilen kişinin el bileğinin görüntüsünün/radyografisinin alınması/çekilmesi,
- çekilen radyografinin uygulama cihazına (2) aktarılması,
- radyografi üzerinde dirsek kemiği ucunun (3), dirsek kemiği epifizinin (4), önkol kemiği ucunun (5) ve önkol kemiği epifizinin (6) belirlenmesi,
- 35

- bir ölçüm elemanı ve/veya uygulama cihazı (2) içerisinde yüklü bulunan yazılım vasıtasıyla;

A. dirsek kemiği ucunun (3) enine en uzak iki kısmı arasındaki mesafenin (U_D) ölçülmesi, (Tablo 4)

5 B. dirsek kemiği epifizinin (4) enine en uzak iki ucu arasındaki mesafenin (E_D) ölçülmesi, (Tablo 4)

C. dirsek kemiği epifizinin (4) boyuna en uzak iki ucu arasındaki mesafenin (B_D) ölçülmesi, (Tablo 4)

10 D. önkol kemiği ucunun (5) enine en uzak iki kısmı arasındaki mesafenin (U_0) ölçülmesi, (Tablo 5)

E. önkol kemiği epifizinin (6) enine en uzak iki ucu arasındaki mesafenin (E_0) ölçülmesi, (Tablo 5)

F. önkol kemiği epifizinin (6) boyuna en uzak iki ucu arasındaki mesafenin (B_0) ölçülmesi, (Tablo 5)

15 G. B işlem adımında ölçülen E_D değeriyle, A işlem adımında ölçülen U_D verisinin oranlanarak belirlenmesi ($x = \frac{E_D}{U_D}$),

H. C işlem adımında ölçülen B_D değeriyle, A işlem adımında ölçülen U_D verisinin oranlanarak belirlenmesi ($y = \frac{B_D}{U_D}$),

20 İ. E işlem adımında ölçülen E_0 değeriyle, D işlem adımında ölçülen U_0 verisinin oranlanarak belirlenmesi ($v = \frac{E_0}{U_0}$),

J. F işlem adımında ölçülen B_0 değeriyle, D işlem adımında ölçülen U_0 verisinin oranlanarak belirlenmesi ($w = \frac{B_0}{U_0}$),

25 • A ve J işlem adımları arasındaki işlem adımlarının, görüntü veri bankasında (7) yer alan yaşları bilinen kişilerin radyografilerinde/el bileği görüntülerinde uygulanması ve her bir radyografi için x, y, v ve w değerinin belirlenmesi,

- G, H, İ ve J işlem adımlarında elde edilen normalize edilmiş x, y, v ve w değerlerinin, görüntü veri bankasından (7) elde edilen oranlarla karşılaştırılması ve görüntü veri bankasında (7) yer alan en yakın orandaki görüntünün sahibinin yaşı göz önüne alınarak, kemik yaşı tayininin yapılması,

30 • bahsedilen normalize edilmiş değerlerinin, kişinin cinsiyetine bağlı c değişkeninin ve sabit A değerinin,

$$Yaş = A + c(xy + vw)$$

formülünde yerlerine konularak kişinin kemik yaşının yüksek doğrulukta tayin edilmesi.

5 Kemik yaşı tayininde en sade ama aynı zamanda yüksek doğrulukta bir yöntem ihtiyacı oldukça açıktı. Ama hangi kemiklerin kemik yaşını tayin için yeterli olacağı, hangilerinin de hesaplamaya katılmadığında doğruluğu etkilemeyeceğini bulmak oldukça zor bir işlemdir. Bu nedenle el ve bilekteki tüm kemikler incelenerek en az kemikle en yüksek doğruluğa ulaşmak için çalışıldı. Çalışmalar sonucunda dirsek kemiği epifizi (4) ve önkol kemiği epifizinin (6) yeterli olacağına karar verildi. Ancak görüntü kalitesi, çekilme açısı ve mesafesi değiştikçe görüntü üzerinde hesaplanan epifiz boyutlarının da değiştiği görüldü. Bunun üstesinden gelebilmek için iki farklı değişken olan dirsek kemiği ucu (3) ve önkol kemiği ucunun (5) en geniş uzunluğu alınarak bahsedilen epifiz boyutları bu değişkenlere göre normalize edildi. Böylece yöntemin her şartta doğru sonuç vermesi sağlandı.

15

Yöntemde birçok kemik yerine dirsek ve önkol kemiklerinin uçlarıyla (dirsek kemiği ucu (3) ve önkol kemiği ucu (5)) beraber bu kemiklerin epifizleri (dirsek kemiği epifizi (4) ve önkol kemiği epifizi (6)) kullanılmaktadır. Bu nedenle bahsedilen yöntemle kemik yaşı tayininin sade bir şekilde ve hızlı yapılması sağlanır. Tercihen kemiklerden ve epifizlerden gelen 4 değişken ile kemik yaşı hesaplanacak kişinin cinsiyeti üzerine kurulan yöntem, böylece basitlikten kurtarılmış ancak sadeliğinden herhangi bir şey kaybetmemiştir. Söz konusu yöntemin, çocuklarda dirsek kemiği epifizinin (4) oluşmaya başladığı yaştan, dirsek kemiği epifizinin (4) ve önkol kemiği epifizlerinin (6) bu kemiklerin uçlarıyla tamamen kaynaştıkları ergenlik yaşlarına kadar yüksek doğrulukta sonuçlar vermesi sağlanmıştır.

25

Radyografi görüntüsü üzerinde iki nokta arasındaki mesafe piksel olarak ölçülmektedir. Sunulan bu yöntem sayesinde, otomatik sistemlerin kurulması ve doğru sonuçlar bulması kolaylaşmaktadır. Ek olarak, mesafenin piksel olarak ölçülüp hesaplanması yerine, bir uzman eline cetvel alıp görüntü üzerinde yöntemin istediği değişkenleri ölçüp, bulunduğu değerleri referans değerlerle karşılaştırarak da bu yöntem sayesinde doğru bir kemik yaşı tayini yapılabilir. Çekilen radyografinin çözünürlüğünün, çekildiği mesafenin ve açının değişmesiyle, piksel sayısı da değişmektedir. Bu nedenle hesaplanan uzunlukta hatalara neden olmaması ve işlemlerin tüm görüntü

30

formatlarında doğru sonuç verebilmesi için E_D ve B_D, U_D ile E_0 ve B_0 ise U_0 ile normalize edilmektedir. Normalize etme işlemi şu şekilde gerçekleştirilir:

$$x = \frac{E_D}{U_D}, y = \frac{B_D}{U_D}, v = \frac{E_0}{U_0} \text{ ve } w = \frac{B_0}{U_0}$$

5

Belirtilen x, y, v ve w değişkenlerine ek olarak, cinsiyet (c) de bir değişken olarak tanımlanmıştır. Temel değişkenler ilk dördü olmakla birlikte kullanılacak karar verici veya tahmin edici (estimator) türüne göre farklı ek değişkenler tanımlanabilir. Ek bir değişken olan A ; yaş değerlerini belirli bir seviyeye ölçeklendirmeye yarayan herhangi

10

uygun bir sabit değer şeklinde kullanılmıştır. Karar verici ya da tahminci Bulanık Mantık gibi farklı yöntemler olursa farklı uygun ek değişkenler tanımlanabilir. Ancak yöntem için vazgeçilmez olanlar x, y, v ve w değişkenleridir. Çoğu sistem için cinsiyet (c) de olmazsa olmaz sayılabilir. Böylece yöntemde tercihen 5 adet değişken kullanılır.

Buluşa konu olan yöntem, kemik yaşı tayini için dünyada en yaygın olarak kullanılan

15

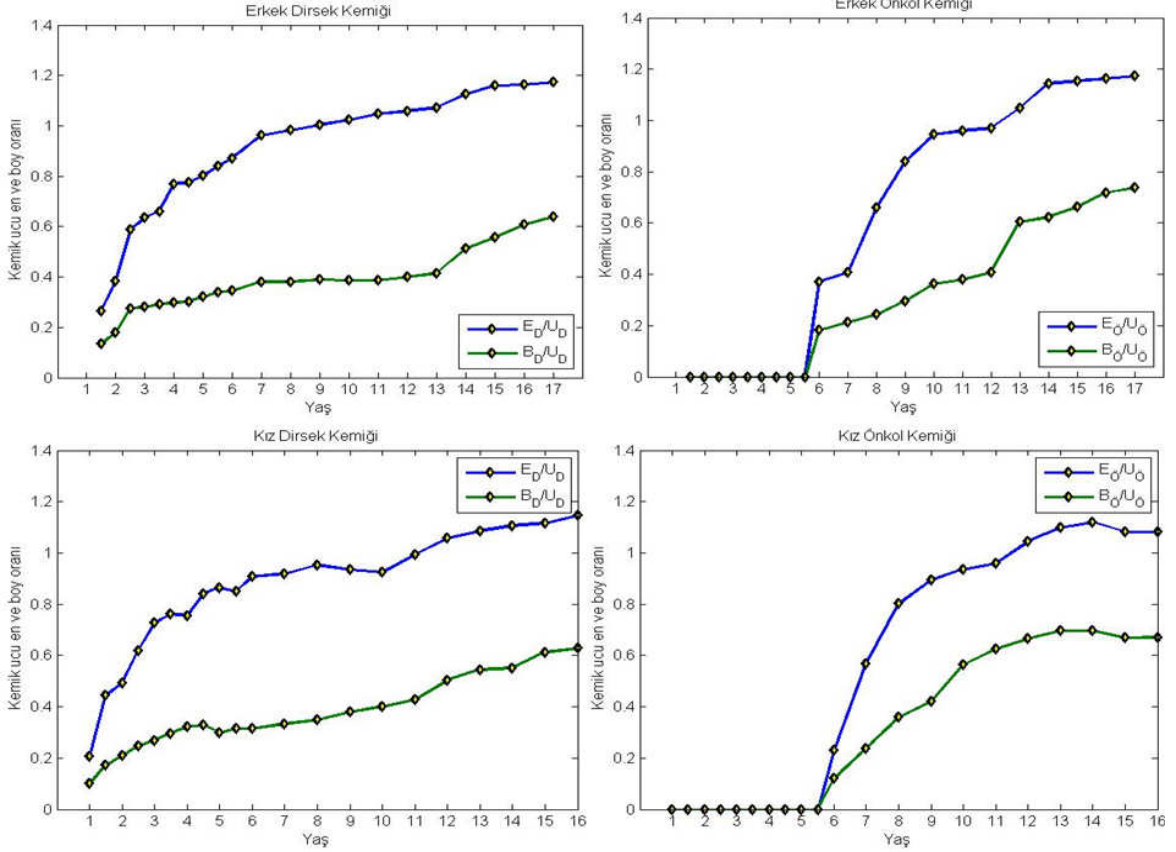
GPA'da uygulandığında, bahsi geçen 5 değişken ile kemik yaşları arasındaki ilişki Tablo 1 ve Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 1: Cinsiyete göre ilinti analizi sonuçları

	Erkek	Kız
x	0.9046	0.8819
y	0.9422	0.9705
v	0.9573	0.9406
w	0.9793	0.9539

20

Tablo 2: Erkek ve kız çocuklarda; x, y, v ve w oranlarının kemik yaşına göre değişimi



Tablo 1 ve Tablo 2'den de görüleceği üzere cinsiyete göre değişkenlerin kemik yaşı ile olan ilişkisi oldukça yüksektir. Fizyolojik benzerliklerde %75 oranı yeterliyken; x, y, v ve w değişkenlerinin ilişki analiz sonuçları %90'nın üzerindedir.

Yöntem modellenerek;

$$Yaş = A + c(xy + vw)$$

10

şeklinde veya değişkenlerin kullanıldığı farklı kombinasyonlarla ifade edilebilir. Burada A bir sabittir, diğer değişkenler ise yukarıda tanımlandığı gibidirler. Bu modellemeye belirli aralıklar belirli yaşlara, kullanılan atlardan elde edilecek değerlere göre atanabilir. Yöntem ile herhangi bir atlası göre yaş aralıkları hesaplandıktan sonra artık yeni görüntülerde sadece yöntem değişkenlerine bakılarak yaş hızlı bir şekilde tayin edilebilir. Örneğin, bir ülke çocukları için oluşturulan el radyografisi atlasındaki dirsek kemiği epifizi (4) ve önkol kemiği epifizi (6) en-boy ölçüm verileri alınarak, bu veriler sunulan bu sade yöntemde kullanılır ve yeni kemik yaşları hızlı bir şekilde bulunabilir. Yöntemin, görüntü veri bankasında (7) yer alan radyografiler üzerinde ve kemik yaşı

15

hesaplanması istenilen el bileği radyografisinde uygulanması sonucunda, görüntü veri bankasında (7) elde edilen oranlarla, kemik yaşı hesaplanacak radyografinin oranı karşılaştırılır. En yakın sonuca göre kemik yaşı hesabı yapılır.

- 5 Sunulan yöntemin güvenilirliğini göstermek için yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada öncelikle GPA'daki görüntüler taranarak, yöntemde ölçülen ve kullanılan x , y , v ve w değişkenleri yaş ve cinsiyet için belirlenmiştir. Dirsek kemiği epifizinin (4) oluşmaya başladığı yaştan (çoğunlukla kızlarda 1, erkeklerde 2 yaş civarı) dirsek ve önkol kemiği epifizlerinin (4, 6), bu kemiklerin uçlarıyla (3, 5) tamamen
- 10 kaynaştıkları ergenlik yaşlarına (çoğunlukla kızlarda 15, erkeklerde 16 yaş) kadar doğru sonuçlar alabilir. Ancak ergenlik yaşı milletten millete değişiklik gösterebildiğinden her millet kendi referans değerlerini kullanarak doğru sonuçlar alabilir. Daha sonra bu değişkenlere ek olarak cinsiyet de (toplamda 5 değişken) YSA girişi olarak tanımlanmıştır. YSA beş giriş, bir ara katman (yedi hücreli) ve bir çıkış
- 15 olarak tasarlanmıştır.

MATLAB üzerinde yapılan testlerde, 165 radyografi görüntüsü üzerinde x , y , v ve w değişkenleri belirlenerek, kemik yaşı otomatik olarak tayin edilmiştir. Bu radyografiler Türklerin de yapısını yansıtan Kafkasya insanların yaş (kızlarda 1-15, erkeklerde 2-

20 16 yaş) ve cinsiyet görüntüsünü içermektedir. Otomatik olarak tayin edilen kemik yaşları, daha önce iki uzman tarafından aynı radyografiler için yapılan tayinlerle karşılaştırılmıştır. Test sonuçları ile uzmanların verdikleri kararlar arasındaki ortalama karesel hatalar Tablo 3'te verilmiştir.

25

Tablo 3: Ortalama karesel hatalar (yıl)

	1. Uzman	2. Uzman
Sunulan Yöntem	0.4275	0.2998

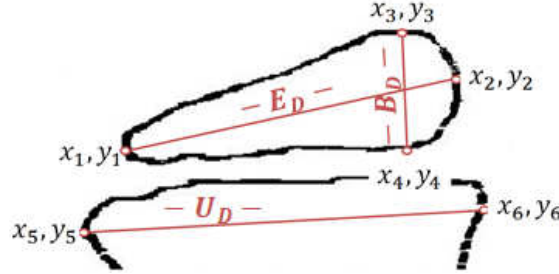
Tablo 3'ten de görüleceği üzere yöntemin ortalama karesel hatası oldukça düşüktür.

30 Meydana gelen hatanın bir kısmının da uzman görüşünden kaynaklandığı göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim iki uzman arasındaki ortalama karesel hata 0.23'tür. Ayrıca hatanın bir kısmı da kullanılan GPA'dan kaynaklanmaktadır. Her milliyet için özel kemik yaşı atlasları oluşturularak, hata payı daha da azaltılabilir ve bu yöntem sayesinde çok daha yüksek doğruluk oranlarıyla yaş tayini yapılabilir.

Ülkemizde ve dünyada yaş tayini henüz uzman incelemesi ile yapıldığından, sunulan bu yöntemin kullanılmasıyla otomatik sistemler çok daha hızlı ve ucuz bir şekilde geliştirilebilir. Geliştirilecek otomatik sistemler sayesinde uzman görüşünden bağımsız bir şekilde yaş tayini hızlıca yapılabilir. Ayrıca bu yöntem kolay bir şekilde uygulama cihazlarında (2) kullanılarak, herkesin radyografi üzerinde yaş tayini yapabilmelerini sağlayabilir. Hatta bir site üzerinden, her kullanıcının ulaşabileceği kendi radyografisi ile kemik yaşı tayinini kişi kendisi yapabilir.

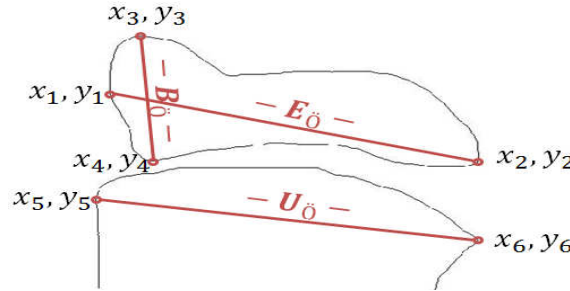
- 10 Bu yöntem sayesinde uzmanlar kullandıkları herhangi bir atlastan bu yöntemin ihtiyaç duyduğu özellikleri belirleyebilirler. Böylece daha sonra bu özelliklerden faydalanarak görüntülerdeki tüm kemikleri incelemek yerine sadece bahsi geçen dört değişkene bakarak bu yöntem ile zamandan büyük bir tasarruf edebilirler. Bu yöntem kullanılarak geliştirilecek sistemin hastanelerde kullanılan PACS (Picture Archiving Communication Systems / Görüntü Saklama ve İletişim Sistemleri) ile entegre edilmesiyle de kemik yaşı tayini, doğrudan PACS üzerinden ve otomatik bir şekilde yapılabilir.

Tablo 4: Dirsek kemiği ucu (3) ve dirsek kemiği epifizi (4) üzerindeki ölçüm yerleri



20

Tablo 5: Önkol kemiği ucu (5) ve önkol kemiği epifizi (6) üzerindeki ölçüm yerleri



25

Tekniğin Bilinen Durumunda Kullanılan Patentlere ve Makalelere ait Referanslar

- [1] C.W. Hsieh, v.d., "Method of automatically assessing skeletal age of hand radiographs" U.S. Patent US7421104 B2, 2 Eylül 2008.
- 5 [2] H.H. Thodberg, "Method for skeletal maturity determination" U.S. Patent US7848893 B2, 29 Mayıs 2006.
- [3] Tristan-Vega, A., & Arribas, J. I. (2008). A radius and ulna TW3 bone age assessment system. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 55(5), 1463-1476.
- [4] Jantan, S., Hussain, A., & Mustafa, M. M. (2010). Distal radius bone age estimation
10 based on fuzzy model. In 2010 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences, IECBES 2010.
- [5] Yuh, Y. S., Liu, C. C., Chang, J. D., & Yu, S. S. (2012, July). Later stage bone age assessment on hand radiographs. In *Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2012 7th IEEE Conference on* (pp. 1329-1332). IEEE.
- 15 [6] Giordano, D., Spampinato, C., Scarciofalo, G., & Leonardi, R. (2010). An automatic system for skeletal bone age measurement by robust processing of carpal and epiphysial/metaphysial bones. *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on*, 59(10), 2539-2553.
- [7] Thodberg, H. H., Kreiborg, S., Juul, A., & Pedersen, K. D. (2009). The BoneXpert
20 method for automated determination of skeletal maturity. *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, 28(1), 52-66.
- [8] Bocchi, L., Ferrara, F., Nicoletti, I., & Valli, G. (2003, September). An artificial neural network architecture for skeletal age assessment. In *Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on* (Vol. 1, pp. I-1077). IEEE.
- 25 [9] Liu, J., Qi, J., Liu, Z., Ning, Q., & Luo, X. (2008). Automatic bone age assessment based on intelligent algorithms and comparison with TW3 method. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 32(8), 678-684.
- [10] van Rijn, R. R., Lequin, M. H., & Thodberg, H. H. (2009). Automatic determination of Greulich and Pyle bone age in healthy Dutch children. *Pediatric radiology*, 39(6), 591-
30 597.
- [11] Gertych, A., Zhang, A., Sayre, J., Pospiech-Kurkowska, S., & Huang, H. K. (2007). Bone age assessment of children using a digital hand atlas. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 31(4), 322-331.

- [12] Hsieh, C. W., Jong, T. L. and Tiu, C. M., Bone age estimation based on phalanx information with fuzzy constrain of carpals, *Medical & biological engineering & computing*, 45(3):283-295, 2007.
- [13] Harmsen, M., Fischer, B., Schramm, H., Seidl, T., & Deserno, T. M. (2013).
5 Support vector machine classification based on correlation prototypes applied to bone age assessment. *Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of*, 17(1), 190-197.
- [14] Fischer, B., Welter, P., Günther, R. W., & Deserno, T. M. (2012). Web-based bone age assessment by content-based image retrieval for case-based reasoning. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 7(3), 389-399.
- 10 [15] Pietka, E., Pospiech-Kurkowska, S., Gertych, A. and Cao, F., Integration of computer assisted bone age assessment with clinical PACS. *Computerized medical imaging and graphics*, 27(2):217-228, 2003.
- [16] Aja-Fernández, S., de Luis-García, R., Martín-Fernández, M. A., Alberola-López, C.(2004) A computational TW3 classifier for skeletal maturity assessment. A computing
15 with words approach. *J. of Biomedical Inf.*, 37(2), 99-107.