

EL – BİLEK RÖNTGEN GÖRÜNTÜLERİNDEN RADYOLOJİK KEMİK YAŞI TESPİTİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANIMI

Esra HASALTIN¹

Erkan BEŞDOK²

¹ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi,

Erciyes Üniversitesi, 38039, Talas, Kayseri

² Bilgisayar Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Erciyes Üniversitesi, 38039, Talas, Kayseri

¹e-posta: esra@erciyes.edu.tr

² e-posta: ebesdok@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: Yapay sinir ağları, kemik yaşı

ABSTRACT

In this study researches about the use of artificial neural networks on radiological bone age assessment from hand and wrist x-ray images were done. Carpal bones have been used on bone age assessment. When the manually marked carpal bone edges are given to semi – automated system as inputs, radiological bone age has been taken as the output. In addition to this, chronological age and sex information were applied besides carpal bones and the results were investigated. Real data sets have been used in this study and this study is novel because it is the first research about bone age assessment on Turkish subjects.

1. GİRİŞ

Büyüme, vücut hacminin ve kitlesinin artmasını, gelişme (olgunlaşma, diferansiyon) ise, biyolojik işlevlerin kazanılmasını ifade eder.

Büyüme ve gelişmenin değerlendirilmesinde kullanılan en iyi ölçütlerden birisi, kemiklerin olgunluk derecesinin saptanmasıdır [1]. Kemik matürasyonunu izlemek ve mediko-legal konulara çözüm getirme noktasında, pediatrik endokrinoloji, ortopedi, adli tıp ve antropoloji gibi bilim dallarında kemik yaşı tespitinin önemi büyüktür [2,3].

Canlı olguların kemik yaşı tespiti el – bilek röntgen filmlerinin radyolojik incelenmesi ile gerçekleştirilir. Radyolojik incelemede kullanılan başlıca yöntemler Greulich – Pyle ve Tanner – Whitehouse yöntemleridir [4, 5]. Greulich – Pyle Atlası kronolojik yaş gruplarına göre olması gereken standart el – bilek

kemik haritalarından oluşmaktadır. Bu yöntemde el – bilek röntgen filmi atlastaki şablonlarla karşılaştırılarak kemik yaşı tespit edilir [4]. Tanner – Whitehouse yöntemi, ilgili kemiklerin, önceden belirlenmiş evrelerden birinin tayinine yönelik detaylı şekil analizleri ve sonuçta kemiklere atanan değerlerin toplanması ile skorun elde edilmesi ile kemik yaşı tespiti gerçekleştirilir [5].

Greulich – Pyle yöntemi uzman bir radyolog tarafından uygulanan bir yöntem olup özelliği ve zaman alması en önemli dezavantajlarıdır. Tanner – Whitehouse yöntemi otomatize edilmiş, uzman bağımsız özellikte olsa da hesaplama karmaşası zaman almasına neden olmaktadır.

Bu bildiriye, yapay sinir ağları kullanılarak kemik yaşı tayininde yarı – otomatik bir sistem geliştirilmiştir. Farklı öğrenme algoritmalarının performans analizi yapılmıştır. Yaygın olarak kullanılan Greulich – Pyle ve Tanner – Whitehouse yöntemlerinin dezavantajları ortadan kaldırılarak hızlı ve uzman bağımsız bir yöntem geliştirilmiştir.

Ayrıca bu çalışma Türk olgular üzerinde yapılan ilk çalışma olması nedeni ile önemlidir. Çalışmada, bir araştırma hastanesinin pediatri polikliniğine başvuran; büyüme-gelişme patolojisi bulunmayan 307 çocuk olguya ait veriler kullanılmıştır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında yapılan uyum testleri ile bu veriler ayıklanmış ve bu verilerden 251 tanesi kullanılarak çalışma sonlandırılmıştır.

2. KEMİK GELİŞİMİ VE KEMİK YAŞI TAYİNİ

Büyümeyi belirleyen en önemli unsur, iskeletin uzamasıdır. Uzun kemiklerin büyümesi, kıkırdak dokusunun proliferasyonu ile oluşur (kondroplazi). Osteogenez (kemikleşme) ise, kıkırdak dokusunun ve bağ dokusunun kemik dokusuna dönüşme sürecidir [1].

Uzun kemiklerin olgunlaşması bağ dokusu, kıkırdak ve mineralizasyon evrelerinden geçer (endokondral osifikasyon). Primer kemikleşme merkezleri, kemiğin orta kısmından (diafiz) başlar ve uçlara doğru ilerler. Primer kemikleşme oluşuktan sonra ve daha geç olarak (genellikle doğumdan sonra) kıkırdak kemik taslağının uç kısımlarında da çekirdek şeklinde kemikleşme başlar (epifiz çekirdekleri). Epifizlerden başlayan kemikleşme sürecine “sekonder kemikleşme” adı verilir. Kemik epifizlerinin büyüklüğü, şekli ve diafiz ile ilişkisi, bir kemiğin olgunlaşma derecesinin ölçütüdür ve boy uzaması potansiyelini verir. Uzun kemiklerin diafizi ile epifizleri arasında kalan metafiz kısmı boy büyümesi tamamlanana kadar kıkırdak olarak kalır, ergenliğin sonunda metafiz – epifiz sınırları birleşince büyüme durur (epifizlerin kapanması). Büyüme devam ettiği sürece epifiz çekirdekleri ile metafiz arasında kıkırdak dokusu bulunur (metafiz kıkırdağı) [1].

Doğumdan olgunluğa dek, çeşitli kemikleşme merkezlerinin görünmesi ve birleşmesi oldukça belirli bir örneği izlediğinden, büyümeyi değerlendirmede önemli bir kriterdir [6]. Kemiklerin olgunlaşma (osteogenez) derecesi, **kemik yaşı** olarak ifade edilir. Kemik yaşının değerlendirilmesi normal çocuklar ile kıyaslama yoluyla yapılır. Kemik olgunlaşması normal olan bir çocukta kemik yaşı, kronolojik yaşa eşittir. Kemik yaşının değerlendirilmesi ilk 3 ayda diz ve ayak kemiklerinin, daha büyüklerde el ve el bileği kemiklerinin radyolojik incelemesi ile yapılır. Röntgen filminin okunmasında kriter ilk 6 yaşta sekonder kemikleşme merkezlerinin ve bilek kemiklerinin sayısı ve büyüklüğü, daha ileri yaşlarda epifiz ve diafiz birleşme derecesidir [1]. Radyografide, kemik yaşının belirlenmesinde aşağıdaki özelliklerden yararlanılır:

1. Herhangi bir kronolojik yaştaki epifizal merkezlerin sayısı ve büyüklüğü,
2. Kemiklerin uç kesiminin büyüklüğü, biçimi ve epifiz çizgisinin görünümü,
3. Epifizal merkezlerde geçici kalsifikasyon bölgesi arasındaki uzaklık ya da bu iki ögenin birleşme derecesi [6]

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

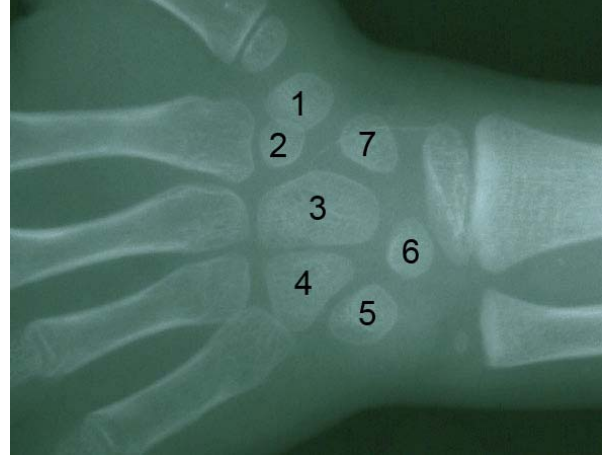
Bu çalışmada kullanılan veriler, Ocak 2000 ile Şubat 2001 tarihleri arasında, bir araştırma hastanesinin genel pediatri polikliniğine başvuran; büyüme ve gelişme patolojisi bulunmayan 2-9 yaş (24-119 ay) ve

arası gruptan 144’ü kız 163’ü erkek olmak üzere toplam 307 çocuk olguya aittir.

Bütün olguların sol el bilek grafileri, bir araştırma hastanesinin çocuk-ortopedi röntgen ünitesinde Toshiba KXO-15R ve Toshiba DC-12M model radyografi cihazlarında çekildi. Kemik yaşı tayini, uzman radyolog tarafından sol el bilek röntgen filmlerinin, Greulich-Pyle [4] Atlasına göre değerlendirilmesi suretiyle yapıldı.

El – bilek röntgen filmleri 600 dpi çözünürlükte taranarak sayısallaştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan karpal kemikler literatürdeki isimlerine göre Şekil 1’de numaralandırılmış olarak görülmektedir.



Şekil-1 Çalışmada kullanılan karpal kemikler (Literatürdeki isimlerine göre; 1-Trapezium, 2-Trapezoid, 3-Capitate, 4-Hamate, 5-Triquetrum, 6-Lunate, 7-Scaphoid).

Kemik yaşı tespitinde karpal kemik alanları kullanılmıştır. Alan hesabı için öncelikle bir operatör karpal kemiğin kenarından noktalar seçmektedir. Bu noktalar kübik spline eğrisine dönüştürülmektedir.

Karpal kemik alanları hesaplandıktan sonra veri analizinde her bir karpal kemik için ayrı ayrı veri ayıkla işlemi yapılmıştır. Bunun için elde edilen karpal kemik alanı değerlerine ikinci dereceden polinomik eğri uydurularak belirlenen eşik değer doğrultusunda dağılıma uymayan değerler ayıklanmıştır. 1 numaralı karpal kemik için eşik değeri 1550, 2 numaralı karpal kemik için eşik değeri 1200, 3 numaralı karpal kemik için eşik değeri 2900, 4 numaralı karpal kemik için eşik değeri 1950, 5 numaralı karpal kemik için eşik değeri 1500, 6 numaralı karpal kemik için eşik değeri 1500, 7 numaralı karpal kemik için eşik değeri 1500 olarak seçilmiştir. Bu ayıklama işleminden sonra, 114’ü kız,

137'si erkek olmak üzere toplam 251 olgu bu çalışmada veri kümesi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada MLP yapısında yapay sinir ağı kullanılmıştır. Ağ tasarımı 5 farklı kombinasyon gerçekleştirilmiştir;

7 giriş (Karpal kemikler), 5 nöron ara katmanda, 1 çıkış (Kemik Yaşı)

8 giriş (Karpal kemikler ve kronolojik yaş), 5 nöron ara katmanda, 1 çıkış (Kemik Yaşı)

8 giriş (Karpal kemikler ve cinsiyet), 5 nöron ara katmanda, 1 çıkış (Kemik Yaşı)

7 giriş (Karpal kemikler – kız olgular), 5 nöron ara katmanda, 1 çıkış (Kemik Yaşı)

7 giriş (Karpal kemikler – erkek olgular), 5 nöron ara katmanda, 1 çıkış (Kemik Yaşı)

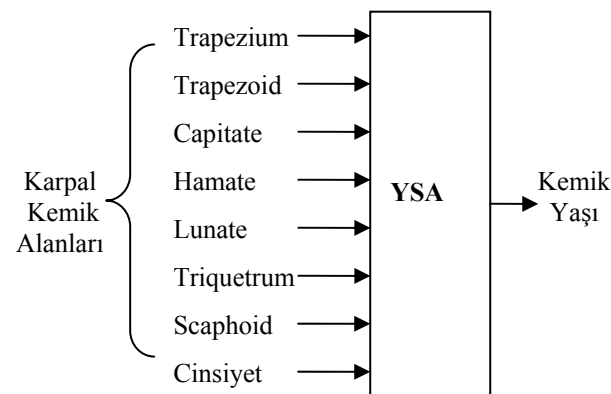
Şekil 2'de karpal kemik alanları ile birlikte cinsiyet bilgisinin de giriş olarak verildiği yapay sinir ağı yapısına ait blok diyagram görülmektedir.

Esnek Öğrenme (Resilient propagation - RP), Levenberg- Marquardt (LM) ve Momentumlu ve Adaptif Öğrenme Oranlı Gradyent Azaltımlı Öğrenme (GDX) algoritmalarının performansları incelenmiştir.

LM algoritması ile eğitilen yapay sinir ağı yapısında ara katmanda ve çıkış katmanında transfer fonksiyonu olarak sigmoid transfer fonksiyonu kullanılmıştır.

RP algoritması ile eğitilen yapay sinir ağı yapısında ara katmanda tanjant hiperbolik, çıkış katmanında sigmoig transfer fonksiyonu kullanılmıştır.

GDX algoritması ile eğitilen yapay sinir ağı yapısında ara katmanda lineer, çıkış katmanında sigmoid transfer fonksiyonları kullanılmıştır.



Şekil-2 Karpal kemik alanları ile birlikte cinsiyet bilgisinin de giriş olarak verildiği yapay sinir ağı yapısına ait blok diyagram.

Seçilen transfer fonksiyonları bu veri kümesi için, herbir öğrenme algoritmasında en iyi sonuç veren transfer fonksiyonlarıdır. Farklı transfer fonksiyonları ile de denemeler yapılmış ancak en iyi sonuç verenler burada kullanılmıştır.

251 olgudan oluşan veri kümesinin 150'si öğrenme, 101'i de test işlemi için kullanılmıştır. Veriler ağ girişine uygulanırken ölçeklendirilmiştir. Erkek ve kız olgular için ayrı incelemenin yapıldığı yapay sinir ağı yapılarında ise erkek olgular için 110 öğrenme, 27 test; kız olgular için 90 öğrenme, 24 test verisi kullanılmıştır.

4. SONUÇLAR

Tablo-1'de görüldüğü üzere sadece karpal kemik alanlarının giriş olarak kullanıldığı ve kemik yaşının çıkış olarak verildiği yapıda LM algoritması MSE hata kriterine göre en iyi sonucu üretmiştir. Sırası ile RP algoritması ikinci ve GDX algoritması da üçüncü sırada yer almıştır. Eğitim veri kümesinden farklı olan test verisinde ise en iyi sonucu RP algoritması üretmiştir. LM ve GDX algoritmaları ise yaklaşık değerler vermekle birlikte LM algoritması az da olsa daha iyi sonuç üretmiştir.

Tablo-2'de görüldüğü üzere, karpal kemik alanları ile birlikte kronolojik yaş bilgisinin de giriş olarak verildiği ve çıkışta kemik yaşı bilgisini veren yapay sinir ağı yapısında eğitim aşamasında en iyi sonucu LM algoritması üretmiştir. Sırası ile RP ikinci ve GDX ise üçüncü durumdadır. Test verilerinde ise sıralama aynı olmakla birlikte RP ve LM algoritmaların MSE değerleri birbirine oldukça yakındır. GDX algoritması daha büyük hata değeri üretmiştir.

Karpal kemik alanlarının yanında cinsiyet bilgisinin de giriş olarak verildiği ve çıkışta kemik yaşı bilgisini üreten üçüncü yapay sinir ağı yapısında sırası ile LM, RP ve GDX algoritmaları en iyi sonuçları üretmiştir. Test verilerinde ise en düşük hata değeri LM algoritması çıkmıştır. RP ve GDX algoritmalarının hata değerleri birbirine çok yakın olmakla birlikte GDX algoritması daha az hata üretmiştir (Tablo-3).

Tablo-4'de görüldüğü üzere sadece kız olgulara ait verilerin kullanıldığı ve karpal kemik alanlarının giriş olarak verildiği ve çıkışta kemik yaşının üretildiği yapay sinir ağı yapısında sırası ile en az hatayı LM, RP ve GDX algoritmaları üretmiştir. Test verilerinde de aynı sıralama gerçekleşmiştir.

Tablo 5'de görüldüğü üzere sadece erkek olgulara ait verilerin kullanıldığı ve karpal kemik alanlarının giriş olarak verildiği ve çıkışta kemik yaşının üretildiği yapay sinir ağı yapısında sırası ile en az hatayı LM, RP ve GDX algoritmaları üretmiştir. Test verilerinde ise en az hatayı sırası ile GDX, RP ve LM algoritmaları üretmiştir.

Tablo-1 Karpal kemik alanları giriş olarak alındığında kemik yaşının hesaplanmasında oluşan değerler. (150 öğrenme, 101 test verisi kullanılmıştır.) (KA: Karpal Kemik Alanları, KY: Kemik Yaşı, ÖA: Öğrenme Algoritması, Ep.: Epok)

G (7)	Ç (1)	ÖA	Ara Katman Transfer Fonks.	Çıkış Transfe Fonks.	Ep.	Öğrenme MSE	Test MSE
KA	KY	LM	Sigmoid	Sigmoid	375	2.58264e-008	2.2802e-007
KA	KY	RP	Hiperbolik tanjant	Sigmoid	30	1.6413e-007	1.6419e-007
KA	KY	GDX	Lineer	Sigmoid	300	2.8855e-007	2.6306e-007

Tablo-2 Karpal kemik alanları ve kronolojik yaş giriş olarak alındığında kemik yaşının hesaplanmasında oluşan değerler. (150 öğrenme, 101 test verisi kullanılmıştır.)

G (8)	Ç (1)	ÖA	Ara Katman Transfer Fonks.	Çıkış Transfer Fonks.	Ep.	Öğrenme MSE	Test MSE
KA, KrY	KY	LM	Sigmoid	Sigmoid	800	2.8363e-008	1.4381e-007
KA, KrY	KY	RP	Hiperbolik tanjant	Sigmoid	20	1.9078e-007	1.6830e-007
KA, KrY	KY	GDX	Lineer	Sigmoid	300	3.1176e-007	3.4788e-007

Tablo-3 Karpal kemik alanları ve cinsiyet giriş olarak alındığında kemik yaşının hesaplanmasında oluşan değerler. (150 öğrenme, 101 test verisi kullanılmıştır.)

G (8)	Ç (1)	ÖA	Ara Katman Transfer Fonks.	Çıkış Transf. Fonks.	Ep.	Öğrenme MSE	Test MSE
KA,C	KY	LM	Sigmoid	Sigmoid	125	2.3452e-008	2.0435e-007
KA,C	KY	RP	Hiperbolik Tanjant	Sigmoid	23	2.7270e-007	3.4611e-007
KA, C	KY	GDX	Lineer	Sigmoid	19	3.5413e-007	3.4356e-007

Tablo-4 Kız olgulara ait karpal kemik alanları giriş olarak alındığında kemik yaşının hesaplanmasında oluşan değerler. (90 öğrenme, 24 test verisi kullanılmıştır.)

G (7)	Ç (1)	ÖA	Ara Katman Transfer Fonks.	Çıkış Transfer Fonks.	Ep.	Öğrenme MSE	Test MSE
KA	KY	LM	Sigmoid	Sigmoid	775	1.9973e-008	1.2116e-007
KA	KY	RP	Hiperbolik Tanjant	Sigmoid	23	2.1165e-007	3.2882e-007
KA	KY	GDX	Lineer	Sigmoid	297	2.7716e-007	4.9877e-007

Tablo-5 Erkek olgulara ait karpal kemik alanları giriş olarak alındığında kemik yaşının hesaplanmasında oluşan değerler. (110 öğrenme, 27 test verisi kullanılmıştır.)

G (7)	Ç (1)	ÖA	Ara Katman Transfer Fonks.	Çıkış Transfer Fonks.	Ep.	Öğrenme MSE	Test MSE
KA	KY	LM	Sigmoid	Sigmoid	150	1.8710e-008	1.6338e-006
KA	KY	RP	Hiperbolik Tanjant	Sigmoid	16	2.1080e-007	5.5927e-007
KA	KY	GDX	Lineer	Sigmoid	303	2.5399e-007	3.2864e-007

Sonuç olarak;

- Bu çalışma Türk olgular üzerinde gerçekleştirilen ilk çalışma olması nedeni ile literatürde önemli bir yere sahiptir.
- Kullanılan veri seti üzerinde uyumluluk analizleri gerçekleştirilmiş, uyumsuz veriler ayıklanmıştır. Her bir karpal kemik için alan hesaplamaları yapıldıktan sonra karpal kemik alanlarına ikinci dereceden polinomik eğriler uydurulmuş ve güven sınırları dışında kalan veriler ayıklanmıştır.
- Literatürde bildirilen birçok yöntemde hesaplama karmaşası mevcuttur. Bizim önerdiğimiz yöntem karmaşadan uzak sade hesaplama teknikleri kullanmaktadır.
- Bu yöntemin hızlı cevap verme özelliği literatürde bildirilen klasik yöntemlerdeki zaman kaybı dezavantajını ortadan kaldırmaktadır.
- Yarı – otomatik sistem tasarımı günümüzde yaygın olarak kullanılan Greulich – Pyle Atlas yönteminin öznellik dezavantajını ortadan kaldırmaktadır.
- Bu çalışmada 3 farklı öğrenme algoritmasının performans analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece çeşitli öğrenme algoritmalarının bu veri seti üzerindeki başarımı değerlendirilmiştir.

5.KAYNAKLAR

- [1] Neyzi, O., Ertuğrul, T., Pediatri (2.Baskı), s. 61-100, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 1993.
- [2] Işık, A.O., Güleç, M., Eki, M., 0-18 aylık çocuklarda el ve el bileğinde kemik matürasyonu, Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 7, 84 - 94, 1985.
- [3] Ontell FK, Ivanoviç M, Ablin DS, et al. Bone age in children of diverse ethnicity. AJR, 167, 1395 – 1398, 1996.
- [4] Greulich, W. W., Pyle, S. I., Radiographic Atlas Of Skeletal Development of the Hand and Wrist, Stanford University Press, Stanford, California, 1971.
- [5] Taner, J.M., Whitehouse, R.H., Marshall, W.A., Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height, Academic Pres, London-New York-San Fransico, 1975
- [6] Doğru, Ü., İmamoğlu, A., Öcal, G., Sarıbaş. S., Tümer, N., Türmen, T., Yüksel, M.,Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları – Cilt 1, Türkiye Klinikleri Yayınları No:1, Ankara, 1984.