

BULANIK MANTIK İLE KEMİK YAŞI TESPİTİ

Yasin YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

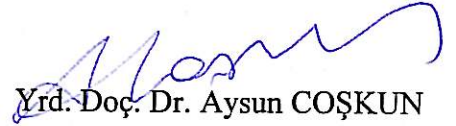
GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2011

ANKARA

Yasin YILMAZ tarafından hazırlanan BULANIK MANTIK İLE KEMİK YAŞI TESPİTİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Yrd. Doç. Dr. Aysun COŞKUN

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Doç. Dr. Recep DEMİRCİ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Aysun COŞKUN



Üye : Yrd. Doç. Dr. Nurettin DOĞAN



Tarih : 04 / 02 / 2011

Bu tez, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

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



Yasin Yılmaz

BULANIK MANTIK İLE KEMİK YAŞI TESPİTİ**(Yüksek Lisans Tezi)****Yasin Yılmaz****GAZİ ÜNİVERSİTESİ****BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ****Şubat 2011****ÖZET**

Bilgisayar sistemleri insanların hayatlarında karşılaştıkları problemleri çözme ve kolaylaştırma amacıyla geliştirilmiştir. En gelişmiş varlık olan insanın problemler karşısında bulduğu çözümleri sayısal sisteme uyarlamak çok önemlidir.

Bu tez çalışmasında insan gücü ile yapılan radyolojik graflerin bilgisayar ortamında yorumlanması hedeflenmiştir. El bilek grafleri kemik yaşının tespitinde kullanılmakta olup pediatri, adli tıp, çocuk gelişimi alanlarında sıklıkla incelenmektedir.

Kemik yaşı tespitinde kullanılan Greulich – Pyle yöntemi ile Tanner – Whitehouse yöntemi incelendi. Bu yöntemlerden Tanner – Whitehouse otomasyona daha uygun olmasına rağmen karmaşıklığı ve kullanılmaması sebebiyle kullanımı daha kolay ve yaygın olan Greulich – Pyle yöntemi tercih edildi.

Bilgisayar sistemlerinde karar verme mekanizmaları incelenerek bulanık mantık kullanılmasına karar verildi.

Kemik yaşı tespiti adına yapılan çalışmalar değerlendirildi. Yazılım tasarımı yapılarak Karpal kemikler üzerinden pre-puberte (0-7 yaş) dönemi çocukların el grafileri yorumlanmaya çalışıldı.

Bulanık mantık ile sol el grafilerini yorumlayacak yazılım geliştirildi. Geliştirilen yazılımla uzman kullanıcı tarafından seçilen karpal bölgedeki kemik alanlarından incelen grafiye ait kemik yaşı hesap edilmiştir.

Bilim kodu : 702.3.006

Anahtar kelimeler : bulanık mantık, karar verme mekanizmaları, kemik yaşı tespiti, kemik yaşı

Sayfa Adedi : 92

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Aysun COŞKUN

BONE AGE ASSESMENT WITH FUZZY LOGIC

(M.Sc. Thesis)

Yasin Yilmaz

**GAZI UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE**

February 2011

ABSTRACT

Computer systems have been developed in order to facilitate people's live and solve their problems. It is very important to compute solution of human who is the most advanced asset.

In this study, we aim to calculate of radiological radiographs which is examined by manpower. Bone age assessment based on the radiograph of the left hand and wrist. Radiographs are examined frequently by pediatric, forensic medicine, growth of child.

We examined Greulich & Pyle Method and Tanner & Whitehouse method which is used assesment of bone age. Rather Tanner & Whitehouse method is suitable of calculation than Greulich & Pyle Method, we chose Greulich & Pyle Method because of Tanner & Whitehouse method is useless and complex.

Decision maker systems is examined and we decided to use fuzzy logic algorithm which is very succesfully of understanding of digital system.

We examined studies of bone age assesment. We designed software and work to interpret of pre-puberty (0-7 years) children's radiograph by carpal bones.

Fuzzy logic with software developed to interpret the left hand radiographs. Expert user's selected region of carpal bone are processed with software and bone age assesment were estimated.

Science Code : 702.3.006

**Keywords : fuzzy logic, decision making system, bone age assessment,
bone age**

Page Number : 92

Adviser : Asistant Prof. Dr. Aysun COŞKUN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca katkı, destek ve anlayışından dolayı danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Aysun Coşkun'a, ODTÜ Elektrik Elektronik bölümünde araştırma görevlisi Sayın Osman Serdar Gedik'e, katkılarından dolayı Çocuk Endokrinolojisi ve Diyabet Derneğinden sayın Doç. Dr. Nesibe Andıran'a, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesinden sayın Dr. Nurullah Öztürk'e, desteklerini esirgemeyen eşim ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. BULANIK MANTIK.....	3
2.1. Bulanık Kümeleme	4
2.1.1. Bulanık kümeler	5
2.1.2. Bulanık kümelerin gösterimi.....	6
2.1.3. Bulanık küme işlemleri.....	7
2.2. Bulanık Kümeleme Algoritmaları	8
2.2.1. Bulanık C-Ortalamaları (BCO)	8
2.2.2. Gustafson – Kessel algoritması	12
2.2.3. Gath – Geva algoritması	12
2.3. Bulanık Sistemler	12
2.3.1. Bulanıklaştırma hazırlıkları.....	13
2.3.2. Bulanıklaştırma.....	14
2.3.3. Üyelik fonksiyonları.....	14
2.3.4. Bulanık sistemlerde mantıksal işlemler	19
2.3.5. Durulaştırma.....	19
2.4. Bulanık Modelleme.....	20

2.4.1.	Mamdani tipi bulanık modelleme.....	20
2.4.2.	Takagi – Sugeno bulanık modelleme	21
3.	KEMİK YAŞI.....	23
3.1.	Kemik Yaşı Tespitinde Kullanılan Yöntemler	23
3.1.1.	Greulich - Pyle yöntemi	25
3.1.2.	Tanner - Whitehouse (TW2) yöntemi.....	30
3.1.3.	TW2 ile G&P yöntemlerinin karşılaştırılması	32
4.	BULANIK MANTIK İLE KEMİK YAŞI TESPİTİ	33
4.1.	Kemik Yaşı Tespitinde Kullanılacak Klinik Yöntem.....	33
4.2.	Kemik Yaşı Tespiti İçin Yapılan Çalışmalar	34
4.2.1.	El grafileri üzerine yapılan çalışmalar	34
4.2.2.	Karpal kemiklerin yorumlanma çalışmaları.....	35
4.2.3.	Otomatik kemik yaşı tespiti	36
4.3.	Bulanık Mantık ile Kemik Yaşı Tespiti İçin Ön Çalışmalar	37
4.3.1.	Karpal bölge kemikleri	37
4.3.2.	Karpal kemiklerin alanlarının hesaplanması.....	38
4.3.3.	Karpal kemik alanlarının oranlanması ve girdilerin oluşturulması	41
4.4.	Kemik Yaşını Hesaplayacak Bulanık Sistemin Tasarlanması	44
4.4.1.	Bulanık sistem girdileri ve çıktısı.....	44
4.4.1.1.	Hm/Cp (hamate alan / capitate alan)	44
4.4.1.2.	Tri/Cp (Triquetral alan / capitate alan)	45
4.4.1.3.	Lun/Cp (Lunate alan / capitate alan)	47
4.4.1.4.	Scp/Cp (Scaphoid alan / capitate alan)	47
4.4.1.5.	Trm/Cp (Trapezium alan / capitate alan)	48
4.4.1.6.	Trd/Cp (Trapezoid alan / capitate alan)	49

4.4.1.7. Msor-cp (capitate ile hamate arası uzaklığın capitate alanına oranı).....	50
4.4.1.8. Sistem çıktısı (Hesaplanan kemik yaşı).....	50
4.4.2. Bulanık sistem kurallarının oluşturulması	52
4.4.3. Kemik yaşını hesaplayacak bulanık sistemin Matlab’de hazırlanması	54
5. PRE-PUBERTE (0-7 YAŞ) ÇOCUKLARDA BULANIK MANTIK İLE KEMİK YAŞI TESPİTİ YAZILIMI.....	60
5.1. Yazılım İşlemleri ve Özellikleri	60
5.1.1. Yazılım tasarımı ve arayüz.....	61
5.1.2. Grafinin yüklenmesi ve karpal bölge kemiklerinin seçtirilmesi	62
5.1.3. Kemik yaşının hesaplanması.....	63
5.1.4. Yazılımın sonuçlarının kaydedilmesi	64
5.2. Sonuçların Değerlendirilmesi.....	64
5.2.1. Test verileri ve yorumlanması.....	64
5.2.2. Yazılımın sonuçlarının değerlendirilmesi.....	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
KAYNAKÇA	74
EK- 1. Referans Görüntüler.....	77
EK-2. Bulanık Sistem Kodları (Kız çocuklar için).....	81
EK-3. Bulanık Sistem Kodları (Erkek çocuklar için)	84
EK – 4. Kemik Yaşı Tespiti Yazılımı Kodları	87
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. 20 verili BCO örneğin başlangıç kümeleme şekli	11
Şekil 2.2. 8. Adımda sonlanan örneğin algoritma çözümü	11
Şekil 2.3. Farklı başlangıç değerleri ve tekrar sayısı ile elde edilen çözüm	12
Şekil 2.4. Bir bulanık sistemin yapısı	13
Şekil 2.5. Üçgen şekilli üyelik fonksiyonu. Tepe değeri 6, alt değerler 3 ve 8.....	16
Şekil 2.6. Parametreleri 2 ve 5 olan gauss üyelik fonksiyonu eğrisi	17
Şekil 2.7. Yamuk eğrili üyelik fonksiyonu	18
Şekil 2.8. Üyelik fonksiyonların alabileceği fonksiyonların grafiklerinden örnekler	18
Şekil 2.9. Mamdani tipi modellemenin uygulama şekli	21
Şekil 3.1. Bir elin anatomisi	24
Şekil 3.2. 3 yaşındaki bir erkek çocuğuna ait el grafisi	25
Şekil 3.3. Greulich – Pyle kızlar için kemikleşme başlangıç yoğunluk ortalamaları.	27
Şekil 3.4. Greulich – Pyle atlasından bir örnek	28
Şekil 3.5. Greulich – Pyle atlasından karpal kemiklerin anlatımı	29
Şekil 3.6. TW2 ‘deki el grafisinden 11 bölüm	31
Şekil 3.7. Bir falanksın bölümleri.....	31
Şekil 3.8. Falanksların alabilecekleri durumlar	32
Şekil 4.1. Poetka’nın geliştirdiği teknikle falanksların bulunması.....	35
Şekil 4.2. Karpal bölge çalışmalarında kullanılan yöntemlerden bir örnek.....	36
Şekil 4.3. Bir elin anatomisi, karpal bölge kemikleri, radius, ulna	37
Şekil 4.4. Erkek bireyler için karpal kemik alanlarının yaşlara göre grafiği	39
Şekil 4.5. Bayan bireyler için karpal kemik alanlarının yaşlara göre grafiği.....	40
Şekil 4.6. Erkek bireylerde karpal kemik oranlarının grafiği.....	42
Şekil 4.7. Bayan bireylerde karpal kemik oranlarının grafiği	42
Şekil 4.8. a- erkeklere ait oran grafiği b-bayanlara ait oran grafiği.....	43
Şekil 4.9. Bulanık çıkarım sisteminde girdi ve çıktı ayarlamalarının yapılması.....	55
Şekil 4.10. Üyelik fonksiyonlarının ayarlanması	56
Şekil 4.11. Bulanık sistemin kural oluşturucu ile ifadelerinin belirlenmesi	57
Şekil 4.12. Bulanık sistem kural izleyicisi	58

Şekil 4.13. Kural izleyicide örneğe ait durulaştırma işlemi	59
Şekil 5.1. Kullanıcı arayüzü	61
Şekil 5.2. Grafinin yüklenmesi ve karpal alanın seçilmesi	62
Şekil 5.3. Odaklanılan karpal bölgenin çalışma paneline yüklenmesi	63
Şekil 5.4. Resmin son hali ve hesaplanan kemik yaşının ekrana yazdırılması	64

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1. Erkek bireylerin karpal kemik alanları	39
Çizelge 4.2. Bayan bireylerin karpal kemik alanları	40
Çizelge 4.3. Tüm bireylerin karpal kemik alanlarının capitate oranı	41
Çizelge 4.4. Hamate ve capitate arası uzaklık ve oran	43
Çizelge 4.5. Örneğe ait kural tablosu üyelik fonksiyonlarının değeri	53
Çizelge 5.1. Erkek bireyler değerlendirilen verilerin dağılımı.....	67
Çizelge 5.2. Bayan bireyler değerlendirilen verilerin dağılımı	67
Çizelge 5.3. Hesaplanan grafiğin derecesi ve kendi grubundaki toplama göre yüzdesi	68
Çizelge 5.4. Hesaplanan grafiğin cinsiyete göre ve kendi grubundaki toplama göre yüzdesi	69
Çizelge 5.5. Hesaplanan grafiğin yaş grubuna göre başarı yüzdesi	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
μ_A	Üyelik fonksiyonu
f_A	Bulanık olmayan küme
J_m	Ağırlıklandırılmış kare hatalarının toplamı
$U^{(k)}$	Üyelik derecesi

Kısaltmalar	Açıklama
TW2	Tanner – Whitehouse Yöntemi
G&P	Greulich – Pyle Yöntemi
BM	Bulanık Mantık
BCO	Bulanık C-Ortalamaları
ÜF	Üyelik Fonksiyonu
KY	Kemik Yaşı

1. GİRİŞ

“Bulanık mantık ile kemik yaşı tespiti” uygulaması, kemik yaşı tayininde kullanılan sol el graflerinin bilgisayar yardımıyla nesnel bir şekilde açıklanması hedeflenmiştir. Çocuk doktorları çocuk gelişim alanında ve hastalık teşhisi veya sağlıklı olduğuna karar aşamasında hastalardan sol el grafisi istemekte ve grafiye göre karar vermektedirler.

İskelet sisteminin matüritesini (olgunluğunu) değerlendirmek için yapılan radyografik görüntülemeler pediatri radyografi isteğinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Pediatri bölümüne gelen her çocuğun öncelikle gelişiminde bir problemin olup olmadığı hastalık tanıları için önemlidir. Kemik yaşının saptanması troid, pitüiter glandları ve gonadları etkileyen bazı endokrin hastalıklarda da önemlidir. Kronolojik yaşına göre boyu çok kısa ya da çok uzun olan çocuklarda da iskelet sisteminin matürasyonu radyolojik olarak değerlendirilebilir. Kemik matürasyonu ve büyümesi pek çok sendromda, beslenme bozukluklarında ve kemik displazilerinde artar veya azalabilir. Çocuklarda skolyozu, ekstremiteler boy farklılıklarını cerrahi olarak düzeltmek için kemik yaşına göre yorum yapılarak uygun tedavi belirlenebilir. Kemik matürasyonunun (olgunluğunun) değerlendirilmesi gözlemciler arası değişikliklere, çocuklarda görülen varyasyonlara bağlı olmak üzere değişebilen karmaşık bir iştir [1].

Aristo mantığı diye bilinen klasik mantık kuramları matematiğin başlangıcından itibaren problem çözümlerinde net sonuçlar vermiştir. İnsan yaşantısındaki problemlerin matematiksel formüle edilmesi ve uygulaması mümkündür. Sayısal sistemlerin başlangıcı sayılan “0” ve “1” lerle ifade edilen çözümler dijital sistemin temellerini oluşturmuştur. Diğer bir ifade ile “doğru” ve “yanlış” ile formüle edilen problemlerin kesin bir yargı ile çözümü beklenmiştir. Burada kesinlik ifade etmeyen veya kişilere göre değişen durumların sözel ifadelerinin matematiksel karşılığının bulunması bulanık mantık kavramının geliştirilmesi ile mümkün olmuştur. Örneğin hava sıcaklığının yorumlanmasında “sıcak” veya “soğuk” kavramlarının

sayısallaştırılması mümkünken “ılık” veya “sıcağa yakın” vb. kavramların sayısallaştırılması farklı bir yaklaşım gerektirecektir. Burada sayısal sistemlerin karar vermesinde bulanık mantık devreye girmekte ve karar aşaması bulanık mantıkla çözülmektedir.

Bulanık mantık yaklaşık akıl yürütme mantığıdır. Geleneksel mantık yapısı olarak tanımlanan sembolik mantık, idealleştirilmiş kavram ve önermelerden çıkarılacak ideal sonuçlarla ilgilenirken, bulanık mantık gerçek dünyadaki bulanıklığı ve belirsizliği ele alarak yaklaşık çözümler üretir. Bulanık mantık, ikili hesaplama yerine, çok seviyeli hesaplama tekniğini kullanır. Temel yaklaşım, kesin yanlış ve kesin doğru ifadelerinin arasına sonsuz sayıda doğruluk değerini içeren fonksiyon yerleştirmektir [2].

Tıpta karşılaşılan bir probleme bulanık mantıkla farklı bir çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Kliniklerde kemik yaşı tayininde Greulich – Pyle atlası olarak bilinen “Radiographic Atlas Of Skeletal Development of the Hand and Wrist” atlası ve sol el kemiklerinin tek tek değerlendirildiği Tanner Whitehouse olarak bilinen “TW2veya TW3” yöntemi kullanılmaktadır. Uygulamada en yaygın olarak kullanılan Greulich – Pyle atlası bilgisayar ortamında değerlendirilecek ve sol el kemikleriyle alakalı gözleme dayalı yorumları sayısal olarak ifade edilebilecektir.

2. BULANIK MANTIK

1965 yılında California Berkeley Üniversitesi'nden Lotfi A. Zadeh tarafından ilk defa ortaya atılmıştır. Bulanık mantık (BM) 0 – 1 lerden oluşan yani doğru – yanlış değerlendirmesi yerine çok değerli, ara doğruları da olan düşünceler ve uygulamalardan bahseder. BM ile matematik arasındaki temel fark bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek zordur çünkü veriler tam olmalıdır. BM kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 38,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek birçok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir. BM 'ta bulanık kümeler kadar önemli bir diğer kavramda sözel değişken (Linguistic Variable) kavramıdır. Sözel değişken “sıcak” veya “soğuk” gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir sözel değişkenin değerleri bulanık kümeler ile ifade edilir. Örneğin oda sıcaklığı sözel değişken için “sıcak”, “soğuk” ve “çok sıcak” ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı bulanık kümeleri ile modellenir.

Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda “insana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının kolayca modellenebilmesidir. Belirsiz kavramların matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur. Dünyada BM çalışmaları artarak devam etmekte ve bilim adamları özellikle bulanık süreç kontrolü olarak isimlendirilen özel amaçlı BM mikroişlemci çipinin üretilmesine çalışılmaktadır. Bu teknoloji fotoğraf makineleri, çamaşır makineleri, klimalar ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Bundan başka uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. Tusas Havacılık ve Uzay Sanayi (TAI)'de araştırma geliştirme kısmında BM konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Yine bir başka uygulama olarak otomatik cıvatalamaların değerlendirilmesinde BM kullanılmaktadır. BM yardımıyla cıvatalama kalitesi belirlenmekte, cıvatalama tekniği alanında bilgili olmayan kişiler açısından konu

şeffaf hale getirilmektedir. Burada bir uzmanın değerlendirme sınırlarına erişilmekte ve hatta geçilmektedir. Günümüzde bulanık mantıkla beraber genetik algoritma, uzman sistemler ve yapay sinir ağları gibi karar verme teknikleri kullanılmaktadır [3]. Genetik algoritma en uygun çözümü bulma konusunda direk sonuca gitmek yerine farklı varyasyonlar deneme ile en iyi sonucu bulmaya çalışmaktadır. Özellikle en uygun şekle sokma problemlerinde genetik algoritmalar daha başarılı sonuçlar vermektedir. Genetik algoritma biyolojideki gibi canlıların gen evrimini taklit etmektedir ve rasgeleliğe dayanmaktadır. Canlılardaki evrim süreci sonunda en iyi bireydeki sağlam genlerin sonraki nesle aktarılması gibi en iyi çözüm bir işleme tabi tutulur [4]. Yapay sinir ağları ise tecrübesel bilgiyi saklayabilen ve onu kullanılacak hale geriren dağılımlı bir işlemcidir. Bilgi ağ tarafından bir öğrenme projesi yoluyla elde edilmekte ve sinaptik ağırlıklar olarak ara nöronun bağlantı güçleri tarafından depolanmaktadır. Yapay sinir ağlarında sinaptik ağırlıkları arzu edilen tasarım düzeyine ulaştırmak için değiştiren prosedüre “Öğrenme Algoritması” adı verilmektedir [5,6]. Bu sistemler içinde bulanık mantık esnekliği, kural tabanlı olması ve uygulanabilirliğinin kolaylığı ile öne çıkmaktadır.

2.1. Bulanık Kümeleme

BM küme teorisine üyelik derecesi kavramını getirerek kümeye üyeliğin oranını yorumlamaktadır. Örneğin: yaşlılar kümesine 60 yaşındaki bir insan %100 üye iken 30 yaşındaki bir insan %35 üyedir şeklinde ifadelerle belirtilebilmektedir.

Bulanık kuramının merkez kavramı bulanık kümelerdir. Kavramın sınırları kişiden kişiye değişiklik gösterebilir. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Bir bulanık kümesi kendi aitlik fonksiyonu ile açık olarak temsil edilebilir. Aitlik fonksiyonu 0 ile 1 arasındaki her değeri alabilir. Böyle bir aitlik fonksiyonu ile “kesinlikle ait” veya “kesinlikle ait değil” arasında istenilen incelikte ayarlama yapmak mümkündür.

BM, mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik mantıkta "doğru" ve "yanlış" vardır, BM ikisinin arasında bir yerde olan önermeler ve ifadelere izin verilebilir. Gerçek hayata bakıldığında hemen hemen hiçbir şey

kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantığa klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlar dolayısıyla ihtiyaç duyulmuştur. Bulanık mantığın sistemi şu şekildedir. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerindedir, yok eğer tamamen doğru ise 1 değerindedir. BM uygulamalarının çoğu bir ifadenin 0 veya 1 değerini almasına izin vermezler veya özel durumlarda izin verirler. Bunların dışında tüm ifadeler 0'dan büyük 1'den küçük reel değerler alırlar. Yani değeri 0,32 olan bir ifadenin anlamı % 32 doğru, % 68 yanlış demektir.

2.1.1. Bulanık kümeler

Klasik küme teorisinde, bir eleman bir kümeye kesin olarak ya girer ya da girmez. Bulanık küme teorisi ise, elemanların farklı üyelik dereceleriyle birden fazla kümeye girmesini sağlayan, klasik küme teorisinin genişletilmiş versiyonudur. Üyelik fonksiyonları bir elemanın bir kümeye ne kadar ait olduğunu gösteren değerlerdir. 0 olması durumu, elemanın kümeye ait olmadığını, 1 olması durumu ise kesin olarak ait olduğunu gösterir. 1'ye yakın değerler elemanın yüksek derecede kümeye ait olduğunu, 0'a yakın değerlerde ise düşük derecede ait olduğunu gösterir. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için üç temel özelliği sağlaması tanım olarak gerekmektedir.

- 1) Bulanık kümenin normal olmasıdır; bunun için en azından o küme de bulunan elemanlardan bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip bulunması gerekliliğidir.
- 2) Bulanık kümenin monoton olması gerekir ki bunun anlamı üyelik derecesi 1'e eşit olan elemana yakın sağda ve soldaki elemanların üyelik derecelerinin de 1'e yakın olmasıdır.
- 3) Üyelik derecesi 1'e eşit olan elemandan sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan elemanların üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki buna da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir.

Klasik kümelerle bulanık kümelerin arasındaki önemli farklardan bir tanesi, klasik kümelerin sadece bir tane dikdörtgen üyelik derecesi fonksiyonu bulunmasına karşılık, bulanık kümenin yukarıdaki üç şarttan ilk ikisini mutlaka sağlayacak biçimde değişik üyelik derecesi fonksiyonlarına sahip olmasıdır. Buradan üyelik derecesi fonksiyonlarının mutlaka simetrik olma özelliğini sağlaması gerekmediği anlaşılabılır.

2.1.2. Bulanık kümelerin gösterimi

Verilen bir U evrensel kümesi için karakteristik fonksiyon f_A bulanık olmayan bir A kümesi için aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$f_A : U \rightarrow \{0,1\}$$

$$f_A(x) = 1 \quad x \in A$$

$$f_A(x) \neq 0 \quad x \notin A$$

Bulanık kümeler ise $[0,1]$ aralığında değişen üyelik derecelerini kullanır.

$$\mu_A : U \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

Bulanık kümeler 4'e yakın sayılar, siyaha yakın renkler, büyük gezegenler, yüksek sıcaklık, kısa uzaklık gibi kesin olmayan kavramları temsil eder. Bulanık küme alanları kesikli veya sürekli olabilir. Sonlu alana sahip bulanık küme A için yaygın olarak matematiksel notasyon

$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ve üyelik fonksiyonu μ_A ise:

$$\mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n \quad (2.2)$$

olarak ifade edilir.

Çoğu durumunda, bulanık kümeler sürekli alanlardan oluşur. Bu durumda üyelik fonksiyonları için matematiksel fonksiyonlar ve grafikler tanımlanır çoğu durumda, üçgen, yamuk, s-şekilli ve gauss fonksiyonları tercih edilir [14].

2.1.3. Bulanık küme işlemleri

Cebirsel işlemlerde olduğu gibi bulanık kümeleme işlemlerinde de kesişim, birleşim, tümleyen gibi operatörler kullanılabilir. Bulanık kümeleme işlemleri 0 ile 1 arasındaki tüm işlemleri dikkate almakta ve ona göre işlem yapmaktadır.

Kesişim : Bulanık kümelerde kesişim “ $\wedge$ ” ifadesi ile gösterilir. Normal cebirsel işlemlerde kesişim iki kümenin ortak elemanlarını gösterirken bulanık kümelerde kesişim bulanık kümelerdeki elemanların minimumunu hesaplar.

$A_1, A_2, A_3 \dots \dots A_n$ bulanık kümeler olsun

$$\mu_{A(x)_1 \wedge A(x)_2 \dots \wedge A(x)_n} = \min \{ \mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x), \dots, \mu_{A_n}(x) \} \quad (2.3)$$

Olarak ifade edilir. Kesişim işlemleri mantıksal işlemlerde “ve” bağlacı manasına gelmektedir.

Birleşim : Bulanık kümelerde birleşim “ $\vee$ ” ifadesi ile gösterilir. Normal cebirsel işlemlerde birleşim iki kümenin tüm elemanlarını gösterirken bulanık kümelerde birleşim bulanık kümelerdeki elemanların maksimumunu hesaplar.

$A_1, A_2, A_3 \dots \dots A_n$ bulanık kümeler olsun

$$\mu_{A(x)_1 \vee A(x)_2 \dots \vee A(x)_n} = \max \{ \mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x), \dots, \mu_{A_n}(x) \} \quad (2.4)$$

Olarak ifade edilir. Birleşim işlemleri mantıksal işlemlerde “veya” bağlacı manasına gelmektedir.

Tümleyen : Bulanık kümelerde tümleyen “ $\bar{A}$ ” ifadesi ile gösterilir. Bir bulanık kümenin tümleyeni o küme dışındaki tüm elemanları gösterir.

$$\mu_{\bar{A}} = (1 - \mu_A) \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Kartezyen çarpım : Bulanık kümelerden farklı uzaydaki iki kümenin kartezyen çarpımı bulanık kümeler arası ilişki olarak tanımlanabilir. A, X evrensel uzayında B, Y evrensel uzayında iki bulanık küme ise kartezyen çarpımı yani aralarındaki ilişki R olacak şekilde

$$A \times B = R \subset X \times Y$$

olarak ifade edilir. Burada bulanık ilişki R

$$\mu_R = \mu(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilir.

2.2. Bulanık Kümeleme Algoritmaları

Bulanık kümeleme analizleri ve uygulamaları için farklı algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmalarından başlıca bilinenleri Bulanık C-Ortalamaları, Gath - Geva algoritması, Gustafson - Kessel algoritması sayılabilir. En meşhuru ve bir çok alanda kullanılan Bulanık C-Ortalamalarıdır (BCO).

2.2.1. Bulanık C-Ortalamaları (BCO)

BCO algoritması amaç fonksiyonuna dayanan tüm kümeleme tekniklerinin temelini oluşturmaktadır. BCO bulanık bölünmeli kümeleme tekniklerinden en iyi bilinen ve en yaygın kullanılanıdır. BCO algoritması 1973 yılında Dunn tarafından ortaya atılmış ve 1981'de Bezdek geliştirmiştir. Özellikle tıbbi elektronik, desen tanıma, görüntü işleme ve bulanık modelleme gibi uygulamalar için kullanılmaktadır.

Nesne hangi küme merkezine yakın ise o kümeye ait olma üyeliği diğer kümelere ait olma üyeliğinden daha büyük olacaktır. Amaç fonksiyonun belirlenen minimum ileme değerine yakınsaklaşmasıyla kümeleme işlemi tamamlanır. Algoritma, en küçük kareler yönteminin genellemesi amaç fonksiyonunu öteleyerek minimize etmek için çalışır.

BCO algoritması sonuçlandığında, p-boyutlu uzaydaki noktalar küresel bir şekil alır. Bu kümelerin yaklaşık olarak aynı boyutta olduğu varsayılır. Her bir kümeyi, küme merkezleri temsil eder. Uzaklık ölçüsü olarak, veriler ile küme merkezi arasındaki öklid uzaklığını kullanır.

Bu tekniğin uygulanabilmesi için, küme sayısının ve bireylerin kümeye üyelik derecelerinin önceden bilinmesi gerekmektedir. Bu tür parametrelerin önceden bilinmesi zor olduğundan, bu değerler deneme yanılma yoluyla ya da geliştirilen bazı teknikler ile bulunabilir.

Bu kümeleme yöntemi için kullanılan amaç fonksiyonu şu şekildedir:

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2 \quad 1 \leq m \leq \infty \quad (2.6)$$

Burada m 1’den büyük herhangi bir sayı, u_{ij} ise x_i ‘nin j kümesine üyelik derecesi, x_i ölçülen bilginin i. boyutunu, c_j kümeleme merkez boyutunu göstermektedir.

Bu fonksiyon en küçük kareler fonksiyonudur. N parametresi gözlem sayısını, c ise küme sayısını gösterir. J_m değeri ise tüm ağırlıklandırılmış kare hatalarının toplamının bir ölçüsüdür.

Eğer J_m fonksiyonu c’nin her değeri için minimize edilecek olursa yani c_i ’lere göre 1.dereceden türevi alınıp 0’a eşitlenirse BCO algoritması şekil olacaktır;

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m} \quad (2.7)$$

Burada bulanıklaştırıcı m BCO algoritması için önemli bir parametredir. Kaç tane kümenin üst üste geleceğini kontrol eder. Burada küme örnekleri yine aynı formül ile hesaplanır ve üyelikler ya 0 olacaktır ya 1 olacaktır. Veriler en küçük uzaklığa sahip olduğu kümeye girer. Ancak BCO algoritması 0’a bölüm hatasına yol açabileceğinden m değeri olarak 1 kullanılmasına izin vermez. Eğer m değeri çok büyük seçilirse bireylerin kümelere etkileri çok küçük olacaktır ve bireylerin kümelere üyelik dereceleri yaklaşık olarak $1/c$ olacaktır.

Bu tekrarlama $\max_{ij} \left\{ \left| u_{ij}^{(k+1)} - u_{ij}^{(k)} \right| \right\} \leq \varepsilon$ olduğunda duracaktır. ε 0 ile 1 arası durdurma kriteri, k tekrarlama adımlarıdır. Bu prosedür yerel minimuma veya J_m ‘nin düşük noktasına kadar yakınsar.

BCO algoritmasında, küme prototipleri ile bireyler arasındaki uzaklık (3.2)'te verilen, sadece küresel sekle sahip kümeler için uygun olan Öklid uzaklık ölçüsü ile hesaplanır. Ancak küme çeşitleri oval, dörtgen gibi farklı şekillere sahip bulunabilmektedir. Veri seti içindeki kümeler farklı boyuta ve yoğunluğa sahip olabilirler.

BCO Algoritması için Gerekli Adımlar:

1. Başlangıç Değerlerinin Girilmesi: Küme sayısı c , bulanıklık indeksi, m ve üyelik dereceleri matrisi u_i ve u_j küme örneklerini rastgele üret

$$U=[u_{ij}] \text{ matrix, } U^{(0)}$$

2. V küme örneklerinin rastgele üretildiği varsayılırsa bu değerler kullanılarak üyelik derecelerinin matrisini hesapla

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m} \quad (2.7)$$

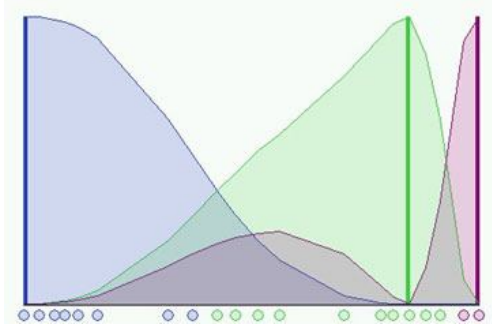
3. Güncelle $U^{(k)}$, $U^{(k+1)}$

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (2.6, 2.7)$$

4. Eğer $\|U^{(k+1)} - U^{(k)}\| < \varepsilon$ ise durdur aksi takdirde Adım2'ye geri dönülür.

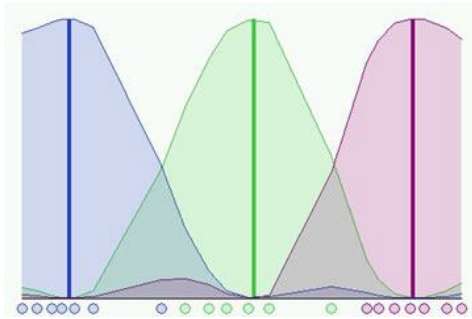
BCO algoritması uygulandıktan sonra hangi bireyin hangi kümeye gireceğine karar vermek için üyelik dereceleri kullanılır. Her bir bireyin hangi kümeye olan üyeliğinin en büyük olduğuna bakılır ve bu bireyler o kümeye dahil edilir. Ancak her bir birey diğer kümelere de belli bir üyelikle girerler [7,8,9,10].

Bir boyutlu bir BCO uygulaması tasarladığında, 20 veri, 3 küme başlangıç algoritması belirlenmiş ve U matrisi çalıştırılmıştır. Şekil 2.1'de üyelik değerleri her küme için farklı renkte gösterilmiştir.



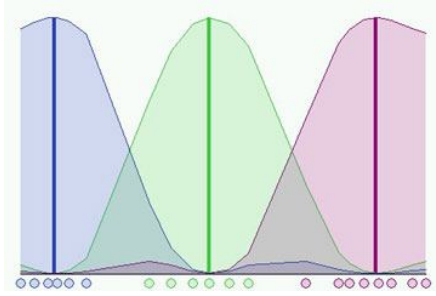
Şekil 2.1. 20 verili BCO örneğin başlangıç kümeleme şekli [9].

Yukarıdaki simülasyonda durulaştırma sabiti $m=2$ ve maksimum değer 0,3'den küçük olduğunda sonlandırılacaktır. Şekil(2.1) kümelemelerin bulanık dağılıklığının başlangıç şartlarına bağlı olduğunu göstermektedir. Algoritma sonlandırma şartlarını sağlayana kadar çalıştırabilir. Şekil (2.2) 8. Adımda sonlandırma şartlarının gerçekleştiğini gösteriyor. $M=2$ ve $\varepsilon = 0,3$



Şekil 2.2. 8. Adımda sonlanan örneğin algoritma çözümü [9].

Daha iyi bir sınıflandırma olabilir miydi sorusunun cevabı “tabi ki evet” olacaktır. Başlangıç değerleri aynı tutulup $\varepsilon = 0,01$ seçildiğinde daha fazla vakit harcayacak ama daha iyi bir sonuç bulunacaktır. 37 adımda gerçekleşecek bu tekrarlama sonucu şekil (2.3)’ü elde edilir.



Şekil 2.3. Farklı başlangıç değerleri ve tekrar sayısı ile elde edilen çözüm [9].

Başlangıç değerlerinin değişmesi algoritmanın farklı sonuçlar vermesine sebep olacaktır. Şekil 2.3 'de daha iyi bir sonuç elde edilmiştir.

2.2.2. Gustafson – Kessel algoritması

Gustafson – Kessel Algoritması diğer algoritmalarından daha çok elipssel kümeleri teşhis etmesindeki başarısı ile bilinir. BCO algoritması elipssel kümelerin belirlenmesinde Gustafson – Kessel algoritması kadar başarılı değildir. Gustafson – Kessel yöntemi her bir matris için sabit bir δ değeri tarafından ortaya çıkarılan kümeleri belirler. Bu sabit belirlenirken kümeler hakkında bilgilere karar verilmektedir.

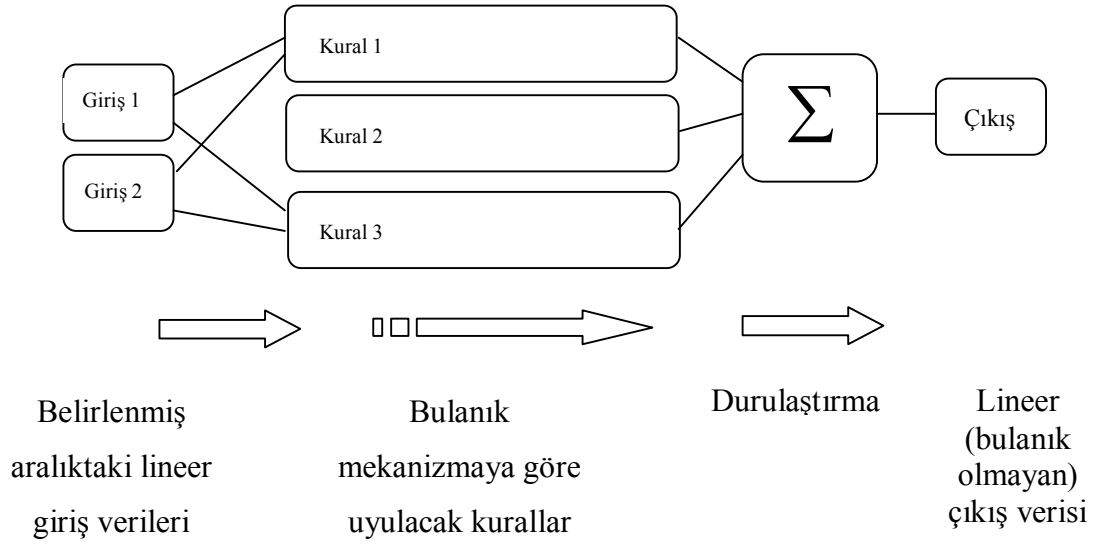
2.2.3. Gath – Geva algoritması

Gath – Geva algoritması gustafson – Kessel algoritmasının geliştirilmiş bir versiyonudur. Veri noktalarının p-boyutlu dağıldığı varsayılarak maksimum olabilirlik tahmin edicisinin bulanıklaştırılmasından elde edilir. Bu yaklaşım amaç fonksiyonu optimize etmeye değil deneye dayalı bir yöntemdir.

2.3. Bulanık Sistemler

Bir mekanizmanın çözüm yolu olarak bulanık mantığı kullanması bulanık sistemlerin varlığını oluşturmaktadır. Bulanık sistemler mekanizmaya giren giriş verileri, çıkış verileri ve bulanık mantık devresinden oluşmaktadır. Bulanık mantık devresi giriş

verilerini bulanığa dönüştürerek karar mekanizmasının içine alır sonrasında da durulaştırıcı ile kesin bilgiye çevirir.



Şekil 2.4. Bir bulanık sistemin yapısı

Bulanık sistem bulanık çıkarım mekanizmasının işlemini yapan kurallar kümesine göre karar vermektedir. Bulanık sistemler kontrol, karar verme, tanıma, sorgulama, optimize etme gibi sorunlara çözüm üretebilmektedir. Bulanık sistemler başlıca

- Kural tabanlı problem çözüm sistemleri
- Problemin teşhisini deneme yoluyla yapan tanımlayıcı sınıflandırma, desen tanıma gibi sistemler
- Performans koşul ve etkileri saptayan, deneyen optimizasyon sistemleri

ile ilgilenmektedir.

2.3.1. Bulanıklaştırma hazırlıkları

Bir bulanık sistem geliştirmek için :

- Sistemin ölçülebilir özellikleri tanımlanmalıdır. Bu özellikler kesin değerler olmamalıdır. Bulanık sistemler belirsizlik ile ilgilenmektedir.

- Her bir giriş değerinin özellikleri tanımlanmalı ve terimlerin kümesini oluşturulmalıdır.
- Sözel terimler için üyelik fonksiyonlarını oluşturulmalıdır.
- Bulanık sistemin çıktısı ile sistemin özellikleri arasındaki ilişkileri tanımlayan bilgi ortaya çıkarılmalı ve kural tablosu oluşturulmalıdır.
- Sistem düzgün çalışması ve sonuçların doğruluğu kontrol edilmelidir.
- Test aşaması değerlendirilmeli ve gerekli ise düzenlemeler yapılmalıdır.

Bu kurallar bulanık sistemin hazırlanma stratejisini anlatmaktadır. Bulanık sistemi tasarlamak deneme yanılma yoluyla olmaktadır. Sistemin anlamsal yapısının oluşturulmasında veri toplama ve yorumlama konusunda eksik olmaması sonucun doğruluğu açısından önemlidir.

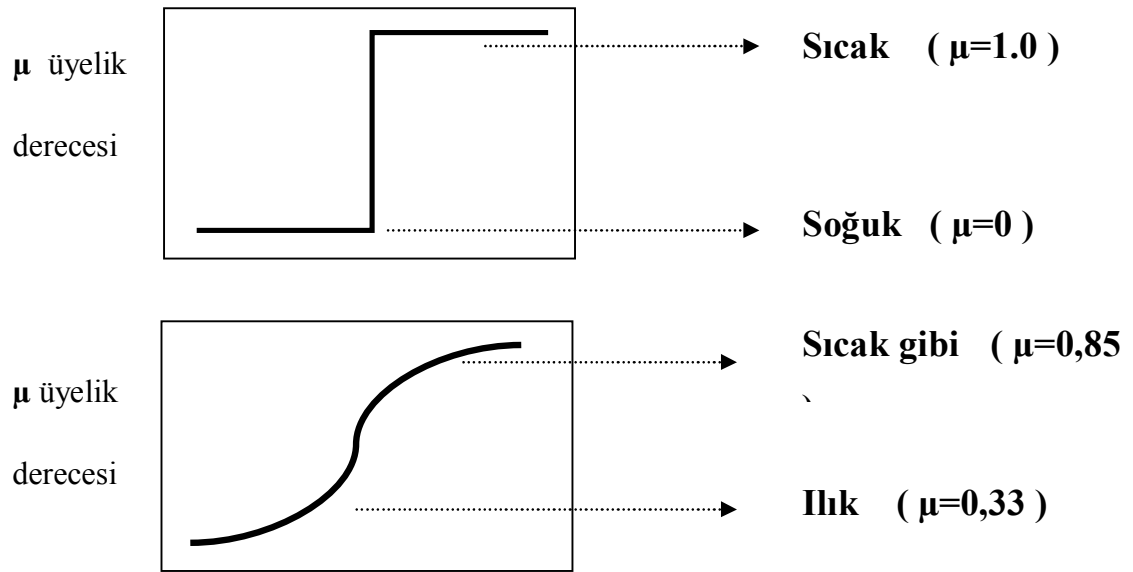
2.3.2. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma, bulanık dönüştürücü olarak bilinen ve girdi değerleri için belirsizliğin teşhis edildiği bu aşamadan sonra girdi kümesi, sözel bir değişkenle birleştirilir. Her bir sözel değişken için, değişkeni sübjektif olarak tanımlayan sözel terimler kümesi oluşturulur. Çoğu zaman, sözel terimler “sıcak”, “geniş” gibi sözel değişkenin büyüklüğünü tanımlayan kelimelerdir. Her sözel terim bir bulanık kümeye ve onun sahip olduğu üyelik fonksiyonuna karşılık gelmelidir. Sözel değişken ilgilenilen alanı tamamen kaplamalıdır. Benzer kavramları tanımlayan sözel terimlerin diğer tanımlamalarla kesişimin olması gerekir. Örnek olarak “sıcaklık” tan bahsedilecek olursa “ılık ” ve “soğuk” sözel terimlerini tanımlayan ortak değerler olmalıdır. Genellikle bitişik sözel terimler %10 ile %50 arasında yaklaşıklığa sahiptir. Her bir sözel değişkene uygun olan verilerin tüm bulanık kümeler için anlamı, bulanık kümelerdeki girdi değerlerinin üyelik değerlerini hesaplamaktır [11,12].

2.3.3. Üyelik fonksiyonları

Üyelik fonksiyonları (membership function MF) girdilerin bağlı olduğu şartlara göre 0 ile 1 arasında alacağı değerlerin grafiğidir. Bulanık kümelerde sınırlar net bir

şekilde belirlenmediğinden kümeler üyelik derecesi ile eleman olunmaktadır. Örneğin bir sınıftaki öğrenciler arasında uzun boylu olanlar denince o sınıfa görecelik ve uzun boya bağlı bir üyelik derecesine göre yorum yapılacaktır. Hava sıcaklıkları ile alakalı düşünülecek olursa sıcak ve soğuk kavramları matematiksel düz mantığa göre ifade edilecek olursa belirli bir değerin üzeri sıcak altı ise soğuk olarak ifade edilecektir[13].

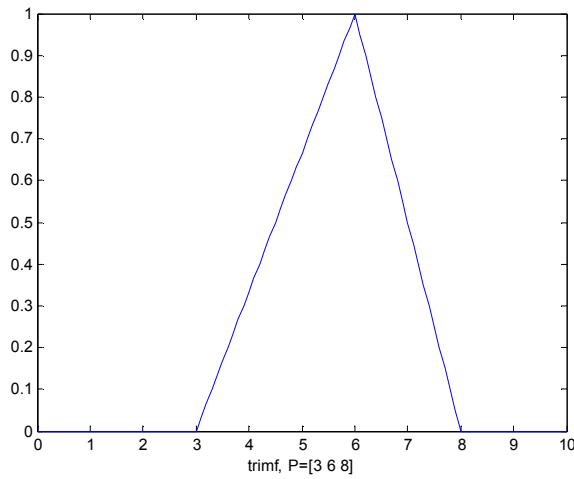


Üyelik dereceleri belirli bir aralıkta sürekli olacak şekilde olmalıdır. Verinin uzay kümesine göre farklı geometrik şekillerle ifade edilmektedir.

Üçgen şekilli üyelik fonksiyonları : üçgen eğrisi x 'e bağlı bir vektör fonksiyonudur. Üç sayısal parametreye bağlıdır.

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (2.8)$$

Üçgen şekilli üyelik fonksiyonu en çok kullanılan üyelik fonksiyonlarından biridir. Fonksiyon denklemine göre a ve c değerleri en alt seviyeyi b değeri de tepe değerini göstermektedir.

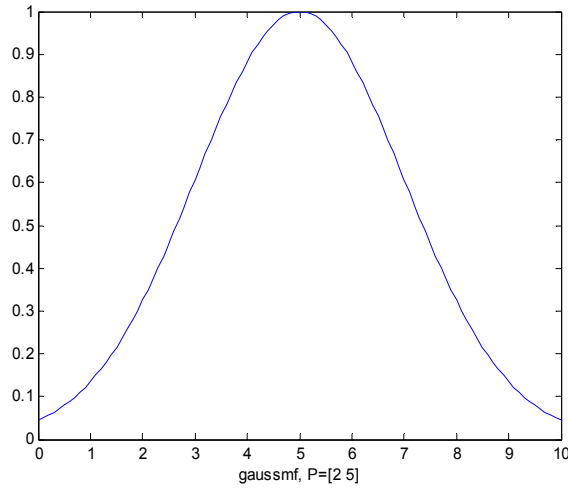


Şekil 2.5. Üçgen şekilli üyelik fonksiyonu. Tepe değeri 6, alt değerler 3 ve 8.

Gauss üyelik fonksiyonu : Simetrik gauss denklemini iki parametreye bağlıdır. δ ve c parametreleri

$$f(x; \delta, c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\delta^2}} \quad (2.9)$$

Denklemini ile fonksiyonun grafiği

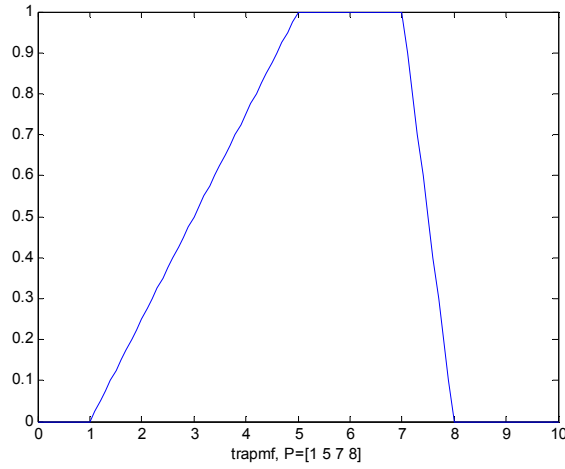


Şekil 2.6. Parametreleri 2 ve 5 olan gauss üyelik fonksiyonu eğrisi

Yamuk eğrili üyelik fonksiyonu : Hızlı hesaplama ve kolay uygulama yönüyle en çok tercih edilenler üyelik fonksiyonlarındandır. Yamuk eğrisi x 'e ve 4 sayısal parametreye bağlıdır. Fonksiyonun denklemi

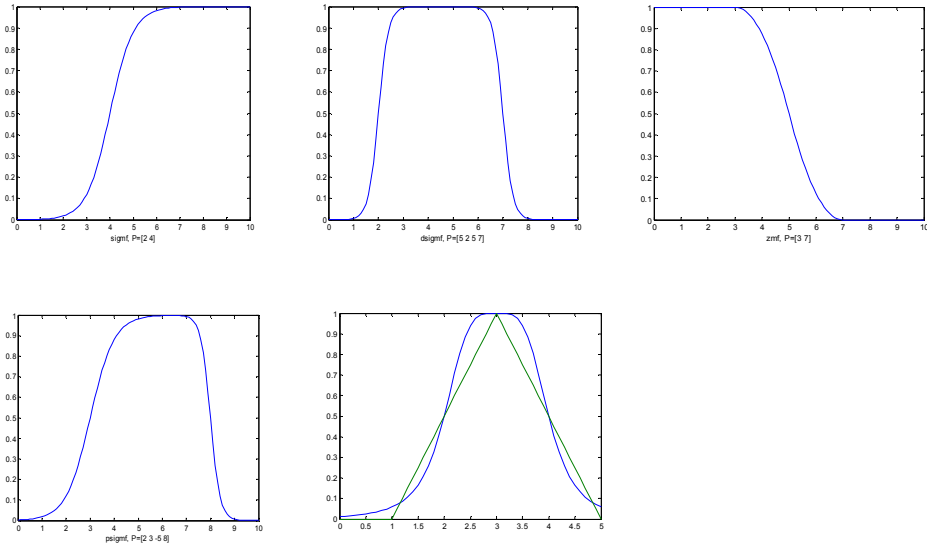
$$f(x; a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, c \leq x \leq d \\ 0, d \leq x \end{array} \right\} \quad (2.10)$$

Yamuk eğri grafiğine göre a ve d ayaklar b ve c ise omuzlar şeklindedir. Fonksiyonun grafiği



Şekil 2.7. Yamuk eğrili üyelik fonksiyonu

Bunlardan başka verilerin karşılığında gelebilecek çıktılarına göre üyelik fonksiyonları için değişik fonksiyonlar mevcuttur. Bu fonksiyonlardan bazılarının grafikleri şekil 2.8’ de verilmiştir.



Şekil 2.8. Üyelik fonksiyonların alabileceği fonksiyonların grafiklerinden örnekler

Bulanık kümeleri tanımlayan üyelik fonksiyonlarının karşılaştırılarak değerlendirilmesi deneysel problemlerin çözümünde önemli bir yer teşkil etmektedir. Hangi üyelik fonksiyonun kullanılacağının seçilmesi bulanık sistemin karar vermedeki doğruluk oranını artıracaktır. Problem girdilerinin düzenlendiği ve çıkış

gerekçelerinin belirlendiği durumların çoğunda üçgen ve yamuk şekilli üyelik fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlar verilerin düzenli artma veya azalma durumundan dolayı uygulanabilirliği kolay ve anlaşılırdır. Diğer sinüzal eğriler daha çok verilerin lineer olmayıp sinyale dayalı olduğu durumlarda kullanışlı olmaktadır. Çözüm kümesine ait üretilebilecek bir denkleme göre de yeni bir üyelik fonksiyonu oluşturulabilir. Burada verilerin ve çıktıların sürekliliğinin sağlanması önemlidir. Üyelik fonksiyonların girdi ve çıktılar kullanılarak seçimi için sezgi, yatay metot, dikey metot, ikili karşılaştırma gibi yöntemler kullanılmaktadır [14].

2.3.4. Bulanık sistemlerde mantıksal işlemler

Bulanık mantık işlemlerinde boolean mantık kuralları geçerlidir. “ 0 “ tamamen yanlış, “ 1 “ tamamen doğru standart mantıksal işlemler bulanık mantıkta üyelik fonksiyonların ilişkilendirilmesinde kullanılmaktadır.

A	B	min(A,B)
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1
VE (AND)		

A	B	min(A,B)
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1
VEYA (OR)		

A	1-A
0	1
1	0
TERSİ (NOT)	

Bulanık kümeler ve bulanık işlemler bulanık mantığı oluşturan nesneler olarak şart ifadelerini formüle etmek için eğer – ise kural cümleleri kullanılır. Tek şarta bağlı yani bir üyelik fonksiyonu olan bir bulanık sistemde kural cümlesi

Eğer $x = A$ ise $y=B$ olur (if x is A then y is B)

olarak ifade edilir. Burada A ve B bulanık kümelerde tanımlanmış değerlerdir.

2.3.5. Durulaştırma

Bulanık bir niceliği lineer bir sayıya dönüştürme işlemine durulaştırma denir. Bulanık sistemlerin üyelik fonksiyonları ile oluşturulan kural cümlelerinin hükümleri

durulaştırma ile tek bir ifade elde edilir. Durulaştırmada küme ağırlığı (centroid), maksimum ortalama, maksimum üyelik gibi yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden en fazla tercih edilen küme ağırlığı (centroid) yöntemidir.

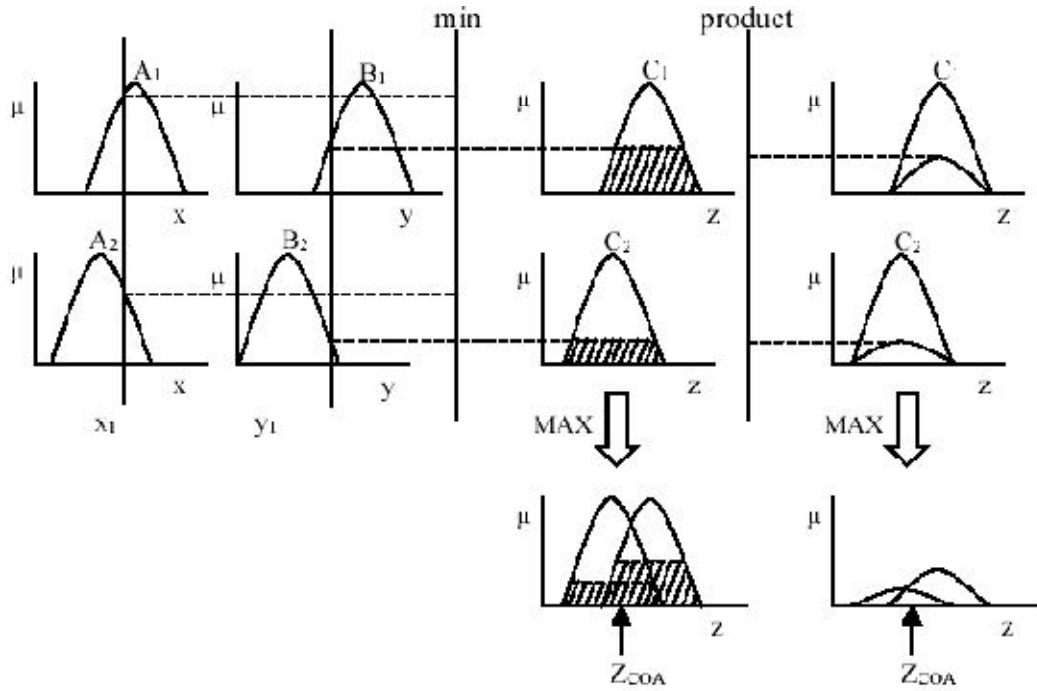
2.4. Bulanık Modelleme

Bulanık sistemlerin sonuca gitmesi için değişik modellemeler geliştirilmiştir. İlk modelleme Mamdani modellemesi diye bilinen modelleme Mamdani ve arkadaşlarının bir denetim sistemine bulanık mantığın uyarlanmasıdır.

2.4.1. Mamdani tipi bulanık modelleme

Sistemlerin matematiksel modeline gerek duymadan sadece istenilen çıkışı verecek şekilde girişe uygulanan işaret ayarlanır. Mamdani tipi bulanık model insan davranışlarına çok uygun olduğundan kullanışı en yaygın olan modellemedir. İlk defa bir buhar motorunun insan tecrübelerinden elde edilen sözel bilgilerin kontrolü amacıyla geliştirilmiştir [15]. Bu modelde girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonları ile ifade edilir ve kural tablosu ile birbirine bağlanır. Bu modelde önce “eğer” şart ifadesi sonra “ise” hüküm cümlesi gelmektedir. Kuralın “ise” hüküm vermesi bulanık önermelere göre olmaktadır. Mamdani modelleme aşamaları :

- Sistem girdilerinin bütün bulanık ifadeleri kullanarak girdi değişkenlerine ait üyelik derecelerinin belirlenmesi
- Sözel kuralların oluşturulması
- Bulanık küme işlemcileriyle (ve, veya) kuralların oluşturulması
- Bulanık kümelerin birleştirilmesi
- Bulanık sistemden durulaştırılmanın yapılması ile lineer bulanık olmayan bir çıktının üretilmesi [16]



Şekil 2.9. Mamdani tipi modellemenin uygulama şekli [10].

Şekil 2.9’de görüldüğü gibi iki girdi değişkeni tek çıktı değişkeni olan Mamdani tipi bulanık modelinde kuralları birleştirmek için maksimum-minimum yöntemi kullanıldığında, kuralın çıktısı x ve y bulanık kümelerinin kesişim kümesinden oluşmaktadır. Ayrıca yine aynı şekilden, kuralları birleştirmek için maksimum-ürün yöntemi kullanıldığı durumda, x ve y bulanık kümelerinin çarpılarak küçültüldüğü görülmektedir[10].

2.4.2. Takagi – Sugeno bulanık modelleme

Takagi – Sugeno bulanık mantık modellemesi Mamdani modelinin geliştirilmesi ile ortaya çıkmış bir modellemedir. İlk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani bulanık modelleme ile tamamen aynıdır. İki yöntem arasındaki fark çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktı üyelik fonksiyonları sadece lineer ya da sabittir. Çıktı üyelik fonksiyonları sabit olduğu zaman, 0. derece, 1. derece doğru denklemi şeklinde olduğu zaman ise birinci derece Sugeno bulanık model olarak adlandırılırlar. Takagi – Sugeno modelleme hesaplama için mamdani

gibi uygundur. Mamdani'den üstün olan özelliği lineer olmayan sistemlerin kontrolü içinde modelleme yapılabilir. Mamdani gibi sürekliliği sağlar ve matematiksel analiz için uygun yapıdadır [17].

3. KEMİK YAŞI

İnsan doğumuyla beraber epifizler kademe kademe kemikleşmeye başlarlar ve sonunda matür olunca (gelişmesini tamamlamasıyla) kemiğin cismi ile birleşir. Epifizlerin matürasyon (olgunlaşma) derecesinin sağlıklı insan standartları ile karşılaştırılması “kemik yaşı” veya “iskelet yaşı” diye bilinen iskelet olgunlaşmasının değerlendirilmesinin temelini oluşturur. İnsan gelişimine etki eden değişik faktörlerden bahsedilmekte fakat kişilere göre farklı olabilmektedir. En önemli etkenler; genetik yapı, çevresel faktörler, tiroksin, steroidler, büyüme hormonları şeklinde sıralanabilir [18].

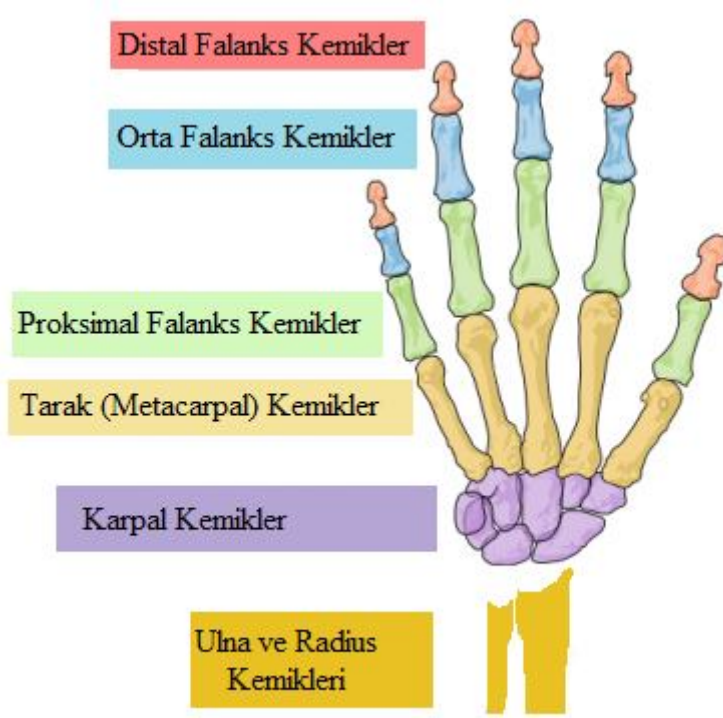
3.1. Kemik Yaşı Tespitinde Kullanılan Yöntemler

Yıllardır çocukların fiziksel gelişiminde takvim yaşı tam olarak belirleyici unsur olarak kabul edilememiştir. Bilim adamları doğumdan tam olgunluğa kadar gelişim derecelerini değerlendirmek için daha iyi teknikleri sürekli araştırmışlardır. Boy, kilo, kütle endeksi vb. değerler biyolojik olgunlukla alakadar olsa da gelişimi yansıtmaya yeterli olmamıştır.

El bilek grafisinden faydalanılarak elde edilen “kemik yaşı” veya “iskelet yaşı” olarak tabir edilen uygulama en sık kullanılan yöntemdir. Şu anda gelişimin tek göstergesi olan bu teknik, doğumdan olgunluğa kadar tüm büyüme periyodunu kapsamaktadır. Bu tekniği başlıca pediatristler, ortopedistler, fizik antropologları ve insan gelişimi ile ilgilenenler kullanmaktadır [19].

Greulich ve Pyle, Tanner-Whitehouse (TW2) bu zamanda en çok kullanılan iskelet yaşı belirleme teknikleridir. Bu iki teknik de farklı teorik yaklaşımlarına karşın olgunlaşma belirteçlerinin tanınmasını esas alır.

Sol el anatomisine bakıldığında önkol kemikleri olan radius-ulna ile bilek eklemine ve birbirleriyle eklem yapan 2 sıra halinde 8 kemikten oluşan küçük karpal kemikler, 5 tarak kemiği, 14 parmak kemiğinden oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 3.1. Bir elin anatomisi

Sol el grafileri değerlendirilirken anatomik yapının gelişmesine göre karar verilmektedir. Buradaki en önemli unsur karpal kemiklerin gelişimi, epifizler arası uzaklık, radius ve ulnanın durumudur (Şekil 2.2).



Şekil 3.2. 3 yaşındaki bir erkek çocuğuna ait el grafisi

3.1.1. Greulich - Pyle yöntemi

1929 yılında Western Reserve University tıp okulunda yaş tayini ile alakalı çalışmalar başladı. 1942 yılına kadar süren bu çalışmalarda diz, kalça, el, omuz, dirsek grafileri belirli aralıklarla (3,6,12 ay) alınarak oluşturulan veritabanında gelişim süreçleri izlendi. 1937 'de Wingate Todd tarafından "Atlas of Skeletal Maturation of the Hand" (el iskeletinin gelişim atlası) oluşturuldu [20]. Greulich – Pyle Atlası Todd tarafından geliştirilen bu atlası dayalıdır. 1950'de 1000'in üzerinde çocuğun üzerinde yapılan çalışmalarla William Walter Greulich ve Idell Pyle

tarafından Greulich – Pyle atlası olarak bilinen “Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist” oluşturulmuştur [21].

Greulich – Pyle atlasında takvim yaşı grupları içinde matüritenin merkez eğilimleri belirlenmiş ve standartlar oluşturulmuştur. Her bir standarta göre düzenlenen kemik yaşı referans alınan çocukların kemik yaşını göstermektedir. Greulich – Pyle atlasını kullanırken ele alınan grafi atlasla karşılaştırılır ve en uygun bulunan standarta göre yorum yapılır. En uygun referans grafiye göre kemik yaşı tespit edilmiş olur. Bir grafiye ait yaş skalası en uygun iki standarta göre yorumlanması uygun görülmektedir. Örneğin incelenen bir grafiye en uygun olan iki standart 3 yaş ve 4 yaş ise yorum yapılırken 3 ile 4 yaş arası şeklinde olmaktadır [18].

Greulich – Pyle atlası öncelikle erkek ve kızlar üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının 50, 100 ve tüm örnekler olmak üzere kemiklerin ve epifizlerin ortalamaları ve standart sapmalarını hesaplayarak tablolaştırmıştır (Şekil 3.3).

TABLE I (Continued)

ONSET OF OSSIFICATION
BRUSH FOUNDATION GIRLS

Bone Growth Center in:	50 Girls		100 Girls		All Girls		
	MEAN (MONTHS)	S.D.	MEAN (MONTHS)	S.D.	NO. OF GIRLS	MEAN (MONTHS)	S.D.
Femur, Head	3.6	1.6	3.6	1.6	149	3.9	1.9
Tibia, Distal epiphysis	3.6	1.5	3.7	1.4	153	4.0	1.5
Humerus, Capitulum	4.4	2.0	4.4	2.5	160	4.8	2.8
Humerus, Greater tubercle	6.7	3.1	6.5	2.9	155	6.7	3.1
Fibula, Distal epiphysis	8.9	2.4	8.7	2.8	165	9.0	2.8
Toe I, Distal phal. epiph.	9.6	3.0	9.4	3.0	167	9.4	3.0
Radius, Distal epiphysis	10.2	3.7	9.5	4.2	166	9.8	4.1
Finger 3, Prox. phal. epiph.	10.4	2.7	9.8	2.9	171	10.0	3.1
Finger 2, Prox. phal. epiph.	11.1	2.7	10.6	3.1	169	10.8	3.2
Finger 4, Prox. phal. epiph.	11.4	3.2	10.7	3.3	170	10.8	3.4
Toe III, Prox. phal. epiph.	11.4	3.5	11.2	3.6	174	11.5	3.8
Finger I, Distal phal. epiph.	12.1	4.1	11.6	4.2	171	12.1	4.6
Metacarpal 2, Epiphysis	12.4	2.9	12.0	3.2	174	12.3	2.9
Toe IV, Prox. phal. epiph.	13.6	3.7	12.4	3.8	173	12.7	4.1
Toe II, Prox. phal. epiph.	13.6	3.2	13.2	3.6	170	13.6	4.0
Metacarpal 3, Epiphysis	14.0	3.0	13.4	3.4	175	13.8	3.7
Finger 5, Prox. phal. epiph.	14.7	3.9	14.0	3.8	171	14.3	4.0
Finger 3, Middle phal. epiph.	15.2	4.6	14.7	4.6	171	15.4	5.5
Finger 4, Middle phal. epiph.	15.5	4.7	14.9	4.7	172	15.6	5.6
Metacarpal 4, Epiphysis	15.8	3.7	15.1	4.0	175	15.6	4.1
Medial cuneiform	16.2	6.2	15.6	6.8	174	15.7	6.9
Finger 2, Middle phal. epiph.	16.7	4.5	16.4	4.6	171	17.2	5.6
Metacarpal 5, Epiphysis	17.1	4.2	16.5	4.7	174	17.1	4.8
Finger 3, Distal phal. epiph.	18.5	4.8	17.6	4.5	179	18.4	5.2
Toe I, Prox. phal. epiph.	18.6	4.7	18.1	4.2	170	18.8	4.8
Metacarpal 1, Epiphysis	18.9	4.6	18.1	4.7	176	19.1	5.1
Finger 4, Distal phal. epiph.	19.0	5.3	17.8	4.8	179	18.7	5.4
Metatarsal 1, Epiphysis	19.5	3.5	19.2	3.4	179	19.9	3.9
Middle cuneiform	19.9	6.0	19.1	6.6	181	20.0	6.7
Finger 1, Prox. phal. epiph.	20.5	5.0	20.0	5.1	169	20.9	5.6
Toe V, Prox. phal. epiph.	21.0	5.4	20.1	5.4	173	20.9	5.8
Finger 5, Middle phal. epiph.	22.9	7.3	22.1	7.5	190	23.6	8.4
Triquetral	23.0	11.5	21.0	13.7	182	22.7	13.4
Finger 5, Distal phal. epiph.	23.6	5.8	22.8	5.8	186	23.7	6.3
Navicular (foot)	23.6	10.0	21.4	9.8	177	23.3	10.9
Finger 2, Distal phal. epiph.	23.7	6.0	23.4	5.8	185	24.1	6.5
Metatarsal 2, Epiphysis	24.9	3.8	24.0	4.7	186	24.3	5.0
Femur, Greater trochanter	29.1	5.0	29.0	5.2	189	28.4	5.4
Metatarsal 3, Epiphysis	29.2	4.6	28.6	4.6	200	28.6	5.6
Toe IV, Distal phal. epiph.	30.0	7.0	28.9	6.9	199	30.3	7.6
Patella	30.4	7.5	29.1	7.3	196	30.3	7.6
Toe III, Distal phal. epiph.	33.4	8.1	32.8	8.2	199	34.0	8.8
Metatarsal 4, Epiphysis	33.8	5.6	33.2	7.2	211	33.4	7.1
Fibula, Proximal epiphysis	34.3	10.6	33.0	11.2	194	34.3	10.6
Lunate	34.6	13.9	34.3	13.5	195	36.0	13.4
Toe II, Distal epiphysis	36.3	7.7	35.1	8.4	198	36.2	9.1
Metatarsal 5, Epiphysis	39.1	7.5	38.5	8.5	218	38.9	8.6
Humerus, Medial epicondyle	43.9	12.1	43.2	12.2	218	43.0	11.9
Radius, Proximal epiphysis	49.3	14.2	48.7	13.9	226	50.3	14.6
Trapezium (Greater Multangular)	49.7	14.4	47.3	14.2	229	47.4	14.6
Trapezoid (Lesser Multangular)	50.8	11.4	49.2	11.6	229	49.4	12.7
Scaphoid (Navicular-Hand)	51.6	11.0	50.9	11.8	228	50.4	12.6
Calcaneus, Epiphysis	62.1	10.8	60.0	10.6	236	61.6	12.7
Ulna, Distal epiphysis	73.0	11.3	69.4	13.0	238	68.3	13.1
Pisiform			94.6	13.1			
Adductor sesamoid			123.4	11.0			
Flexor sesamoid			132.0	12.0			

Şekil 3.3. Greulich – Pyle kızlar için kemikleşme başlangıç yoğunluk ortalamaları

Greulich – Pyle grafi değerlendirmelerini ve gelişim süreçleri ile alakalı açıklamalardan sonra da yeni doğan çocuk grafisinden başlamak üzere 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 32, 36, 42, 48, 54, 60 ay ve 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 yıl yaş grafileri kız ve erkek çocukları için ayrı ayrı referans görüntüler ve özellikleri ile beraber sınıflandırılmıştır (Şekil 3.4).

Greulich – Pyle sağlıklı çocuklarda iskelet matürasyonun düzenli, kemik merkezlerinin görünüş ve gelişiminin sabit bir yörüngeyi takip ettiği fikrine dayanır. El bilek grafisindeki tüm kemiklerin gelişim süreçleri, el içindeki yapısı, konumu atlasta belirtilmiştir (Şekil 3.5).

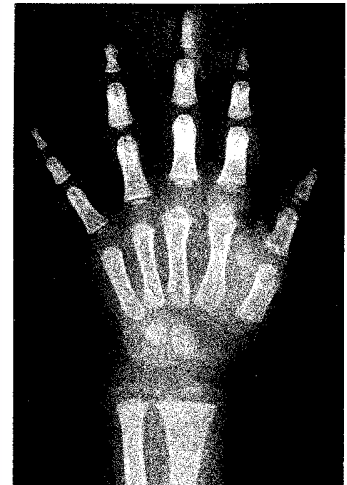
MALE STANDARD 8

SKELETAL AGE: 2 YEARS

Skeletal Age of Individual Bones

Distal End of Radius	21 mo.	Proximal Phalanx I	24 mo.
Distal End of Ulna	21 mo.	Proximal Phalanx II	24 mo.
Capitate	21 mo.	Proximal Phalanx III	24 mo.
Hamate	21 mo.	Proximal Phalanx IV	24 mo.
Triquetral	*	Proximal Phalanx V	24 mo.
Lunate	*	Middle Phalanx II	24 mo.
Scaphoid	*	Middle Phalanx III	24 mo.
Trapezium	*	Middle Phalanx IV	24 mo.
Trapezoid	*	Middle Phalanx V	24 mo.
Metacarpal I	24 mo.	Distal Phalanx I	25 mo.
Metacarpal II	24 mo.	Distal Phalanx II	25 mo.
Metacarpal III	24 mo.	Distal Phalanx III	25 mo.
Metacarpal IV	24 mo.	Distal Phalanx IV	25 mo.
Metacarpal V	24 mo.	Distal Phalanx V	25 mo.
Pisiform	*		
Adductor Sesamoid of Thumb	*		
Flexor Sesamoid of Thumb	*		

* These centers are still cartilaginous at this stage of development.



The capitate and hamate have increased further in size. A tiny center of ossification seems to be present in the epiphysis of the fifth metacarpal, in the original film. It is not visible in this illustration, however. Ossification has now begun in the epiphysis of the proximal phalanx of the fifth finger and in the epiphyses of the middle and distal phalanges of the third and fourth fingers. The epiphyses of the proximal phalanges, of the second, third, fourth, and fifth fingers and that of the distal phalanx of the thumb are now disc-shaped and their margins are smooth.

Şekil 3.4. Greulich – Pyle atlasından bir örnek

V

Capitate. The arrow inside the outline drawing points to the center of the capitate-hamate joint. The articular center can be identified in the film before the margin begins to be concave centrally by noting the site of closest apposition of the two bones.

Hamate. Its longest axis is now oblique and is directed distally toward the base of the fifth metacarpal.

	CAPITATE	HAMATE
<i>Male Standards</i>	7 and 8	8 and 9
<i>Female Standards</i>	7 and 8	7 and 8

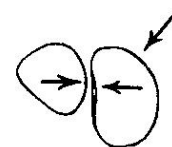


VI

Capitate. Its hamate surface is beginning to appear concave. The upper right-hand arrow points to the small, convex portion of the margin where its metacarpal II and trapezoid articular facets will subsequently develop. The curvature of the radial side of the capitate is beginning to be reduced. In some capitates a notch has now begun to form at the junction of its trapezoid and scaphoid facets.

Hamate. Its capitate margin has begun to shape vertically to the contour of the adjacent margin of the capitate. Its metacarpal IV facet has begun to flatten.

	CAPITATE	HAMATE
<i>Male Standards</i>	16 and 17	13 and 14
<i>Female Standards</i>	10 and 11	9 and 10

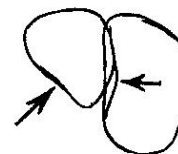


VII

Capitate. A small facet which will articulate with the base of the second metacarpal is now visible. The concavity on the hamate surface has enlarged vertically and has deepened, in the process of conforming further to the adjacent surface of the hamate.

Hamate. A concavity has begun to form on its ulnar margin opposite the distal end of the triquetral. That portion of the bone which articulates with the base of the fifth metacarpal begins to project.

	CAPITATE	HAMATE
<i>Male Standards</i>	17 and 18	15 and 16
<i>Female Standards</i>	16 and 17	14 and 15



Greulich ve Pyle kendi atlaslarının kullanımına yönelik herhangi bir teknik önermemişlerdir. Kullanıcıların atlastaki bilgilere dayalı bir çıkarımla karar vermelerini tercih etmişlerdir [22].

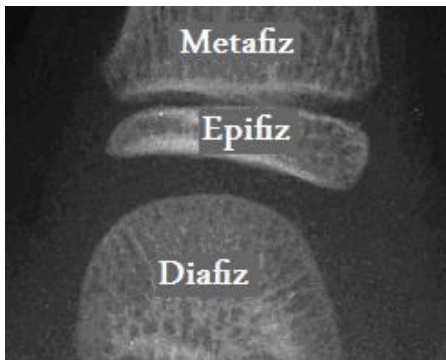
3.1.2. Tanner - Whitehouse (TW2) yöntemi

Tanner – Whitehouse yöntemi yaşa bağlı bir atlas kullanmamaktır. Her yaş için bir gelişim puanı (maturity score) vardır. TW2 yönteminde 20 ana bölge ayrı ayrı değerlendirilerek puan değerleri toplanır [21]. Bu ana bölgeler (şekil3.6) :

1. Başparmak metakarpal
2. Başparmak proksimal falanksı
3. Başparmak distal falanksı
4. Ortaparmak metakarpal
5. Ortaparmak proksimal falanksı
6. Ortaparmak orta falanksı
7. Ortaparmak distal falanksı
8. Serçe parmak metakarpal
9. Serçe parmak proksimal falanksı
10. Serçe parmak orta falanksı
11. Serçe parmak distal falanksı

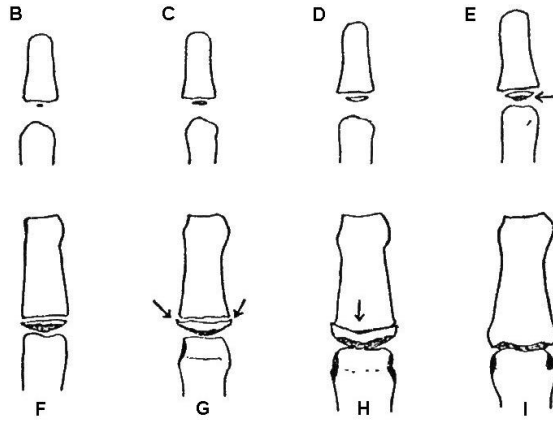


Şekil 3.6. TW2 'deki el grafisinden 11 bölüm



Şekil 3.7. Bir falanksın bölümleri

Bunlara ek olarak radius, ulna ve 7 adet karpal kemikle 20 bölge tamamlanmış olur. Bir falanks metafiz – epifiz – diafiz üçlüsünden oluşur (Şekil 3.7). Falanksların alabileceği durumlar (Şekil 3.8) gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Falanksların alabileceği durumlar

TW2 deki tüm ilgili bölümlerin aldıkları değerler bir çizelgeye doldurularak toplam puan hesaplanır. Yetişkin bir grafiye ait değer 1000 puan toplayacak diğer yaştaki grafiyerin değerlerine göre yorum yapılacaktır [23].

3.1.3. TW2 ile G&P yöntemlerinin karşılaştırılması

Türk çocuklar üzerinde hangi atlasın daha uygun olduğu ile alakalı yapılan bir araştırmada yöntemlerin birbirine yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir ama G&P atlasının belirli bir yaştan sonra daha doğru sonuçlar verdiği gözlenmiştir [24]. Yapılan başka bir araştırmada ise G&P atlasının doğruluk oranı % 95 olarak saptanmış ve okuma farklılığı da çok düşük olarak ifade edilmiştir [25]. G&P yöntemi uygulamasının kolay olması yönüyle daha fazla tercih edilmektedir. TW2 yöntemi hem uzun zaman alması hem de ölçümde kişisel farklılıklardan kaynaklı hata oranının yüksek olmasından dolayı tercih edilmemektedir.

4. BULANIK MANTIK İLE KEMİK YAŞI TESPİTİ

Önceki bölümlerde kemik yaşı tayinin ne olduğunu, doktorların kemik yaşı tayininde nasıl hareket ettikleri ve bulanık mantık anlatıldı. Uygulamanın amacı doktorlara bu alanda yardım edebilecek bir yazılım geliştirmektir.

Geliştirilecek yazılımın bu alanda çalışma yapanlara bir kolaylık sağlaması hedeflenmiştir. Hali hazırdaki durumda doktorlar kemik yaşı tayini ile alakalı çalışmaları göz kararı ile atlaslara bakarak gerçekleştirmektedirler.

Yazılım doktorların kullanacağı düşünülerek tasarlanmıştır.

4.1. Kemik Yaşı Tespitinde Kullanılacak Klinik Yöntem

Kemik yaşı tayinin de ana iki yöntem mevcuttur. Bir önceki bölümde de ifade edildiği gibi Greulich – Pyle ve Tanner – Whitehouse yöntemleridir. Programda kullanmak üzere kliniklerde kullanılan kemik yaşı tespit yöntemlerinden birisi tercih edilmelidir. Karar verilecek yöntem bulanık mantık uygulamasıyla yorumlanacak girdileri ve çıktısı olan bir yöntem haline getirilebilmelidir.

Tanner – Whitehouse yöntemi modüler bir yapıya sahiptir. Normalde bilgisayar sistemlerine uyarlanması daha kolay gibi gözükmektedir. Uygulamasının çok zaman almasından dolayı bilgisayar sistemleri ile yapılması daha uygun gibi görünmektedir. Fakat klinik uygulamalarında Tanner – Whitehouse yöntemi tercih edilmemekte, başarısı tartışılmaktadır [25]. Her k emiğin ve falanksın ayrı puanlar aldığı ve ona göre hesap yapılması istendiğinden dolayı bilgisayar sistemleri de olsa hata payının yüksek olduğu görülmektedir.

Greulich – Pyle yöntemi klinik uygulamalar için pratik bir yapıya sahiptir. Değişken sayısı fazla olmamakla beraber her yaş durumunun farklı grafileleri üzerinden yorum yapılmaktadır. Bilgisayar sistemlerine uygulaması daha zor gibi görünmektedir. Kuralcı bir yaklaşıma sahip değildir. Tanner – Whitehouse yöntemi yeni bir teknik değil Greulich – Pyle yönteminin formüle edilmiş hali de kabul edilebilir. Greulich – Pyle yönteminden farklı bir yöntem çıkarmak mümkün görülebilir.

Tasarlanan yazılımda Greulich – Pyle yöntemi referans alınarak bir çözüm geliştirildi ve doğru sonuca gitmeye çalışıldı. Greulich – Pyle veya diğer bilim adamları referans atlas oluştururken en iyi sonuçları değerlendirerek en iyisini referans kabul etmişlerdir. Tasarlanan çalışma Greulich – Pyle referans alınarak bir karşılaştırma olacaktır.

Bulanık mantıkla kemik yaşı tespiti uygulaması ile karpal kemik bölgesinde kemiklerin pre-puberte dönemi gelişimleri incelenmiş ve bir çözüm yolu bulunmuştur.

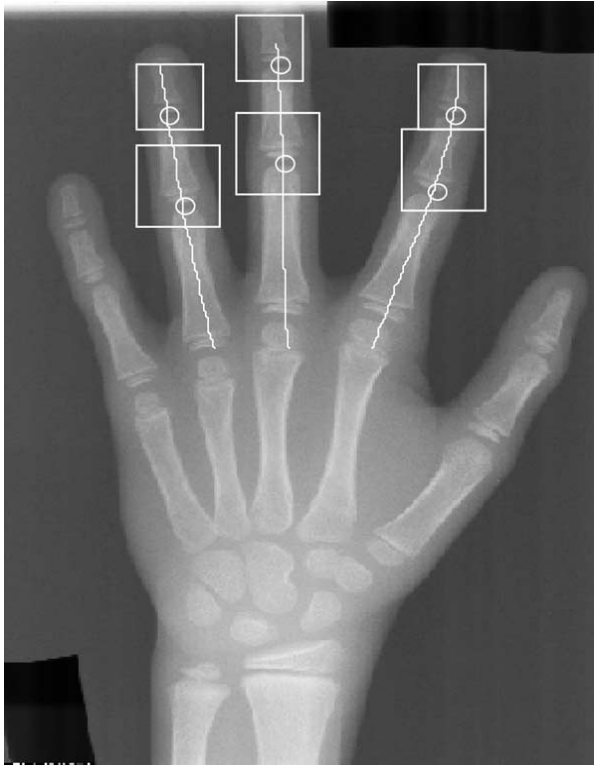
4.2. Kemik Yaşı Tespiti İçin Yapılan Çalışmalar

Radyografik görüntülemelerin yorumlanması çalışmaları öncelikli bir bölümünün yorumlanması şeklinde gelişmiştir. Bir bölüme ait çıkarılan verilerle sonuca gidilmeye çalışılmıştır. Tamamının bir sistemle cevap bulması mümkün olmamıştır. El grafilerinin görüntü işleme veya karar verme problemlerinde incelenmesi sonucu kemik yaşını hesaplayan programlar geliştirilmiştir. Özellikle tıbbi elektronik alanında bu konuda çalışmalar yapılmaktadır. Bulanık mantıkla kemik yaşı tespiti için de önemli katkıları olan bu çalışmalar bu konunun sanıldığı kadar kolay olmadığı farklı problemlerin çözümü adına çok değişik algoritmalar ve tekniklerin geliştirildiğini göstermektedir. Bu çalışmaları grafiler üzerinde tanımlama, karpal kemiklerin yorumlanması, otomatik kemik yaşı tespiti şeklinde sınıflandırabilir.

4.2.1. El grafileri üzerine yapılan çalışmalar

El grafileri üzerine ilk otomasyon çalışmaları 1980 yıllarının sonlarında başlamıştır. El grafilerinden kemiklerin ayırt edilmesi çalışmasıyla falankslardan biri ayırt edilebilmiştir. İşlem el grafisinde el kısmını arka plandan ayırmak için önce eşik değeri alınıyor (threshold), sonra kemiklerin bulunması planlanıyordu. Bu sistem yarı otomatik sayılabilecek bir sistemdi. Takip edilen bir kemiğin boyutunun ölçülmesi, büyüme grafikleri hastalık teşhisleri için nesnel bilgiler elde edilmesi önemli bir birikim idi. Yapılan çalışmalarda elde edilen başarılar günümüze göre çok başarılı denilebilecek durumda değildi.

Diğer bir metot Pietka tarafından geliştirildi. Pietka'nın geliştirdiği metot orta parmağı buluyor ve distal, proksimal, orta falanksların boyunu ölçüyordu. Bunun için yatay bir çizgi çiziyor, parmaklardan sonra gelen siyah çizgilere göre ilk parmağı başparmak olarak işaretleyip orta parmağı buluyordu. Kemik ve epifizleri ayırmak için gradyan görüntülere iki sobel filtresi uyguluyordu. Sonuçta kemiklerin kenar değerlerini saptıyordu [26,27].



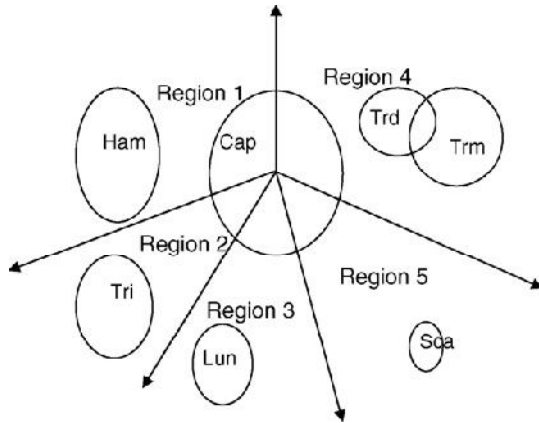
Şekil 4.1. Poetka'nın geliştirdiği teknikle falanksların bulunması

4.2.2. Karpal kemiklerin yorumlanma çalışmaları

Kemik yaşı tayininde karpal kemikler çok önemli bir yer tutar. Pre-puberte (ergenlik öncesi) çocukların yaş tayininde karpal kemiklerin durumuna göre karar vermek daha kolay olmaktadır. Literatüre bakıldığında karpal kemiklerden otomasyon çalışmaları aşamalı şekilde yapılmıştır. El yordamı ile karpal kemik alanları hesaplanarak yapay sinir ağlarından sonuç çıkarım çalışması yapılmıştır [28]. Pan Lin ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ise grafide ilgili bölüme anisotropik

difüzyon filtresi uygulanmakta ve karpal kemiklerin segmentasyonu (ayırımı) yapılmaya çalışılmaktadır.

Anisotropik difüzyon filtresi uygulandıktan sonra resim işlem yapmaya daha uygun hale gelmektedir [29,33].



Şekil 4.2. Karpal bölge çalışmalarında kullanılan yöntemlerden bir örnek

4.2.3. Otomatik kemik yaşı tespiti

Otomatik kemik yaşı tespiti adına değişik çalışmalar devam etmektedir. Karpal kemikler, falanksların, epifizlerin tanınmasına ait tüm çalışmalar otomasyonun tamamlanması adına önemlidir.

Genel olarak birkaç teknik birleştirilerek çalışmalar grup olarak yapılmıştır. Tanner – Whitehouse yöntemi güncellenerek (TW3) akıllı algoritmalar geliştirilmiştir [30]. Yapılan başka bir çalışmada ise kemik yaşı tespiti yarı otomatik bir şekilde bulunmaya çalışılmıştır. TW2 yöntemi ile geliştirilen web tabanlı yazılımda kemiklerin durumu seçenekler verilerek yapılmaktadır [31].

Tam olarak bir otomasyon çalışmasından bahsetmek maalesef mümkün değildir. Yapılan çalışmalar ya bir kısmının halledilmesi (falanks, metafiz, epifiz, karpal vb.) ya da yarı otomasyon şeklinde olmuştur. Tam otomasyonun olması şartlara bağlı olduğundan zorluklar ön plana çıkmaktadır. Çözüm yolundaki zorlukların önde gelenlerini

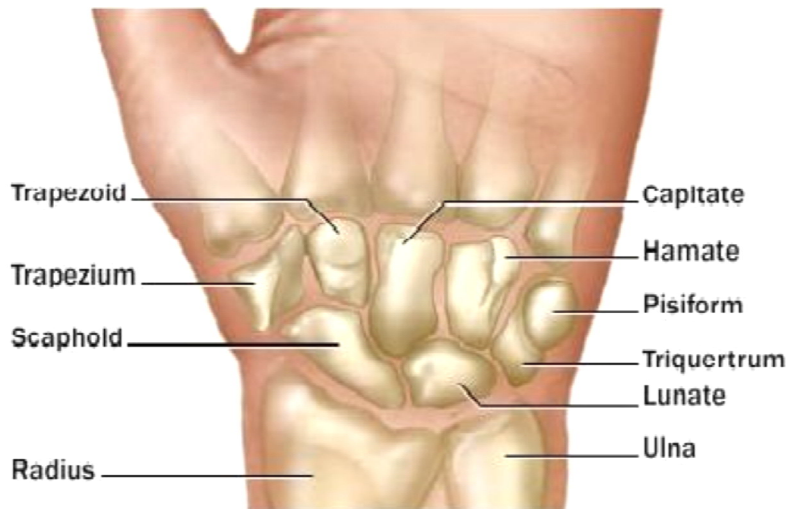
- Röntgen makinelerinin farklılığı ve dijital ortama aktarmadaki farklılıklar
 - Grafilerdeki et ve kemik içi yapıların çok benzemesinden kaynaklı zorluklar
 - Zamanla ortaya çıkan hormonsal sıkıntılar
- olarak sıralanabilir.

4.3. Bulanık Mantık ile Kemik Yaşı Tespiti İçin Ön Çalışmalar

Bu kısımda kemik yaşı tespit çalışmaları incelendiğinde pre-puberte dönemi çocuklarla alakalı karpal kemik gelişimlerinden kemik yaşı hesaplaması yapılabileceği sonucuna varıldı [32,33]. Erkek ve kız bireylerdeki gelişim farklılıkları da göz önüne alındığında karpal kemik bölgesindeki kemiklerin alanından bir sonuca gidileceği düşünüldü ve çözüm geliştirildi.

4.3.1. Karpal bölge kemikleri

Karpal bölgede yetişkin bir bireyde toplam 8 adet kemik bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Bir elin anatomisi, karpal bölge kemikleri, radius, ulna

Capitate : Karpal bölgede ilk ossifike olan (oluşan) kemiktir. Karpal kemikler içindeki en büyük kemik olup karpal bölgenin merkezinde yer almaktadır.

Hamate : Karpal bölgede capitate ile beraber doğumdan sonra oluşan kemiklerdendir. 3-4 yaş aralığına kadar sadece capitate ve hamate kemiği oluşmuştur.

Triquetrum : 3-4 yaş aralığında oluşmaya başlar.

Lunate : 4-5 yaş aralığında oluşmaya başlar.

Scaphoid : Genellikle 5-6 yaş aralığında oluşmaya başlar.

Trapezium : 5-6 yaş aralığında oluşmaya başlar.

Trapezoid : 5-6 yaş aralığında oluşmaya başlar. İlk 7 kemik arasında en son oluşan kemiklerdendir (trapezoid, trapezium, scaphoid)

Pisiform : 10-11 yaş aralığında oluşmaya başlar.

4.3.2. Karpal kemiklerin alanlarının hesaplanması

Karpal kemiklerin gelişimi ve kemik yaşının yorumlanması çalışmasında radyologların da referans kaynak olarak kullandıkları “El Kemik Yaşı”(Hand Bone Age) kitabı kullanıldı. Ek-1’de verilen referans görüntülere göre uygulama yapıldı. [18,34]. Referans olarak kullanılan resimler 512 X 512 çözünürlüktedir.

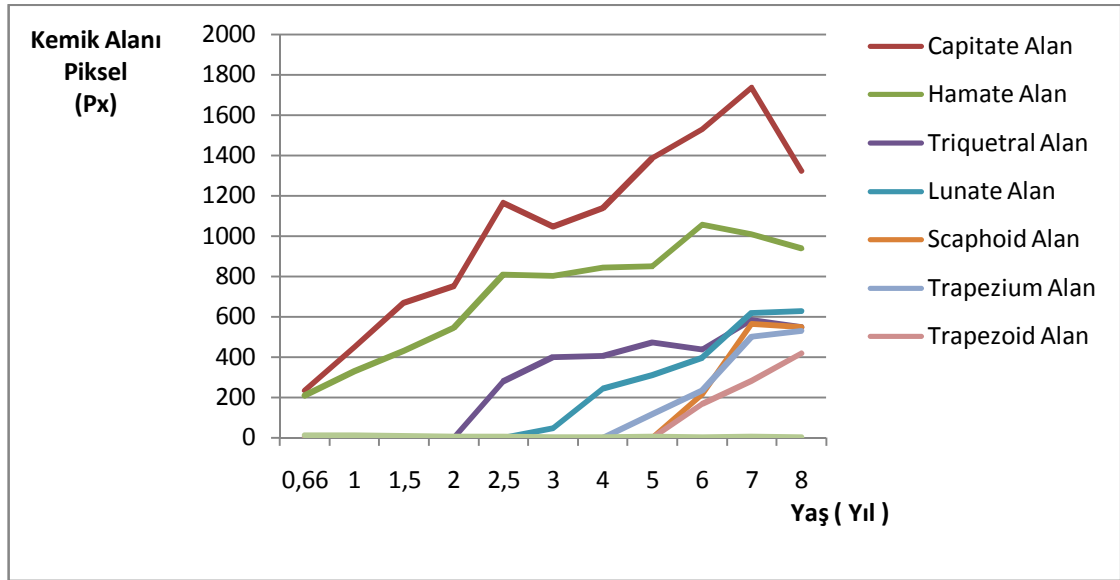
Referans alınan görüntüler için Matlab’da hazırlanan programla karpal bölgedeki kemiklerin alanları ve aralarındaki mesafeler kayıt altına alınmıştır. Burada yapılan işlem ilgili el grafisi yüklendikten sonra karpal bölgeye odaklanılmış ve karpal kemikler tek tek seçtirilerek tamamlandıktan sonra bir veritabanına bilgiler gönderilmiştir. Erkek ve bayan bireyler için karpal kemiklerin alan bilgileri ve alan grafikleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Matlab programında hesaplanan alanların değeri piksel (px) olarak hesaplanmaktadır. Piksel büyüklüğü resmin çözünürlüğüne bağlı bir matris büyüklüğüdür. Referans resimler belirli bir çözünürlük ve standartta olduğundan alanların değeri bir formatta olacaktır. Aynı görüntü kalitesi olduğundan dolayı hesaplanan değerlerin oranının bir standart oluşturması hedeflenmiştir.

Çizelge 4.1. Erkek bireylerin karpal kemik alanları

Yaş	Capitate Alan	Hamate Alan	Triquetral Alan	Lunate Alan	Scaphoid Alan	Trapezium Alan	Trapezoid Alan
0,66	233	210	0	0	0	0	0
1	448	330	0	0	0	0	0
1,5	667	431	0	0	0	0	0
2	752	546	0	0	0	0	0
2,5	1163	811	278	0	0	0	0
3	1046	804	398	49	0	0	0
4	1138	844	407	244	0	0	0
5	1386	850	472	312	0	117	0
6	1528	1058	438	397	214	233	168
7	1735	1009	583	618	563	499	284
8	1322	939	547	628	547	528	419

Karpal kemiklerin yaşlara göre grafiği ise şekildeki gibidir.

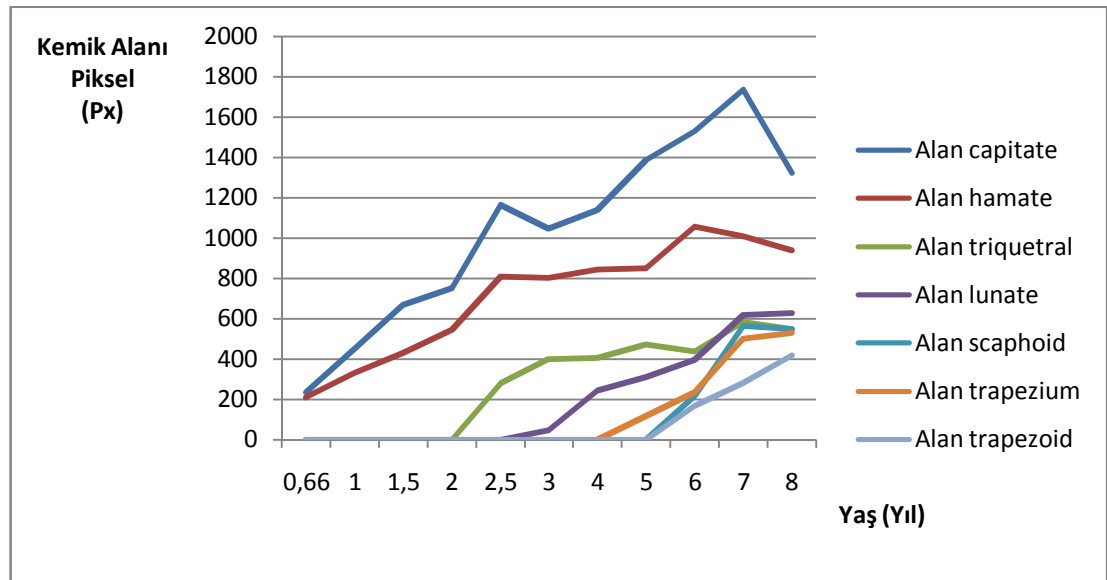


Şekil 4.4. Erkek bireyler için karpal kemik alanlarının yaşlara göre grafiği

Çizelge 4.2. Bayan bireylerin karpal kemik alanları

Yaş	Capitate Alan	Hamate Alan	Triquetral Alan	Lunate Alan	Scaphoid Alan	Trapezium Alan	Trapezoid Alan
0,66	312	210	0	0	0	0	0
1	461	425	0	0	0	0	0
1,5	838	558	0	0	0	0	0
2	662	502	242	0	0	0	0
2,5	1012	750	340	195	0	0	0
3	1190	885	439	222	0	0	0
4	1227	709	354	222	62	65	107
5	1336	978	521	424	236	175	189
6	1316	836	438	364	271	504	349
7	1252	817	502	431	462	522	425
8	1317	946	560	641	514	515	446

Bayan bireyler için karpal kemiklerin alan grafikleri



Şekil 4.5. Bayan bireyler için karpal kemik alanlarının yaşlara göre grafiği

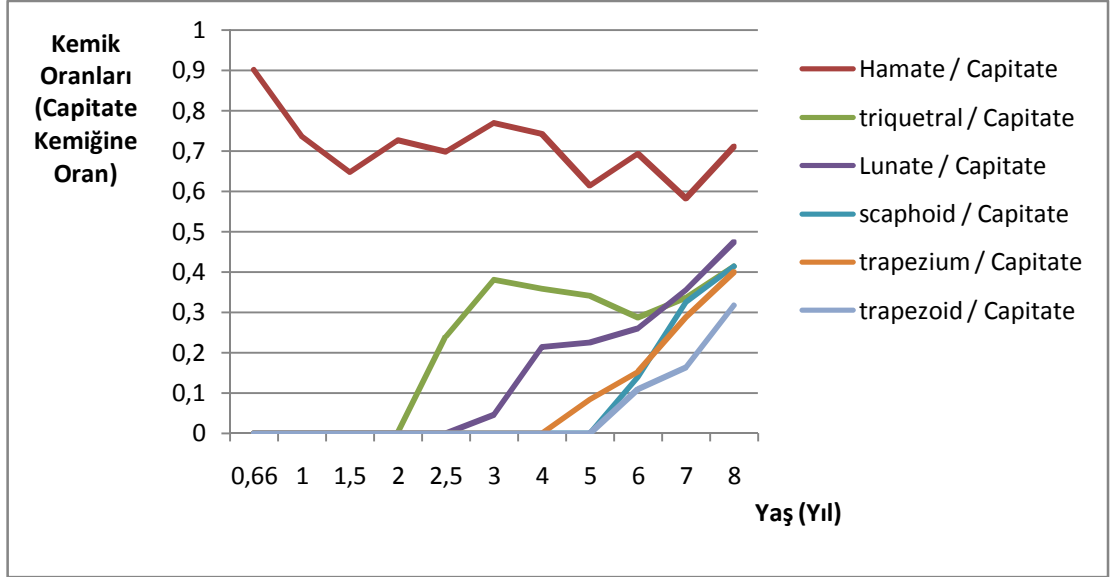
Buradan kemik alanlarının 3 boyutlu olduğu halde 2 boyutlu grafinin alanlarının hesaplaması yapıldığından kemik gelişim grafikleri sürekli artış veya azalış göstermemiş zamanla değişiklik göstermiştir. Farklı grafi resimlerinin farklı sonuçlar getireceğini de düşündüğümüzde alanların hesaplanmasına göre değil alanların oranına göre hesap çıkarılması daha uygun olacaktır.

4.3.3. Karpal kemik alanlarının oranlanması ve girdilerin oluşturulması

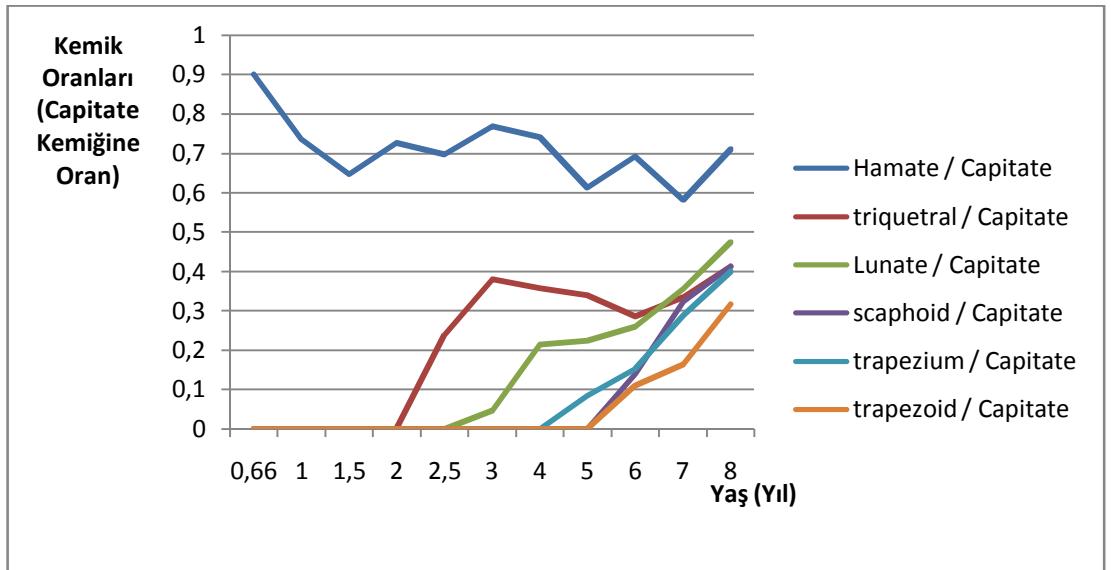
Alanlardan ilk oluşan ve en büyüğü capitate kemiğine göre oranlama yapıldığında bir sonuç alınabilir. Tüm karpal kemiklerin capitate kemiğine göre alanlarının oranları ise şu şekilde olacaktır.

Çizelge 4.3. Tüm bireylerin karpal kemik alanlarının capitate oranı

Yaş	Cinsiyet	Hamate / Capitate	triquetral / Capitate	Lunate / Capitate	scaphoid / Capitate	trapezium / Capitate	trapezoid / Capitate
0,66	Erkek	0,901288	0	0	0	0	0
1	Erkek	0,736607	0	0	0	0	0
1,5	Erkek	0,646177	0	0	0	0	0
2	Erkek	0,726064	0	0	0	0	0
2,5	Erkek	0,697334	0,239037	0	0	0	0
3	Erkek	0,768642	0,380497	0,046845	0	0	0
4	Erkek	0,741652	0,357645	0,214411	0	0	0
5	Erkek	0,613276	0,340548	0,225108	0	0,084416	0
6	Erkek	0,692408	0,286649	0,259817	0,140052	0,152487	0,109948
7	Erkek	0,581556	0,336023	0,356196	0,324496	0,287608	0,163689
8	Erkek	0,710287	0,413767	0,475038	0,413767	0,399395	0,316944
0,66	Kız	0,655488	0	0	0	0	0
1	Kız	0,921909	0	0	0	0	0
1,5	Kız	0,650588	0	0	0	0	0
2	Kız	0,758308	0,365559	0	0	0	0
2,5	Kız	0,741107	0,335968	0,192688	0	0	0
3	Kız	0,743697	0,368908	0,186555	0	0	0
4	Kız	0,577832	0,288509	0,180929	0,05053	0,052975	0,087205
5	Kız	0,732036	0,38997	0,317365	0,176647	0,130988	0,141467
6	Kız	0,635258	0,332827	0,276596	0,205927	0,382979	0,265198
7	Kız	0,652556	0,400958	0,344249	0,36901	0,416933	0,339457
8	Kız	0,718299	0,425209	0,486712	0,390281	0,39104	0,338648



Şekil 4.6. Erkek bireylerde karpal kemik oranlarının grafiği



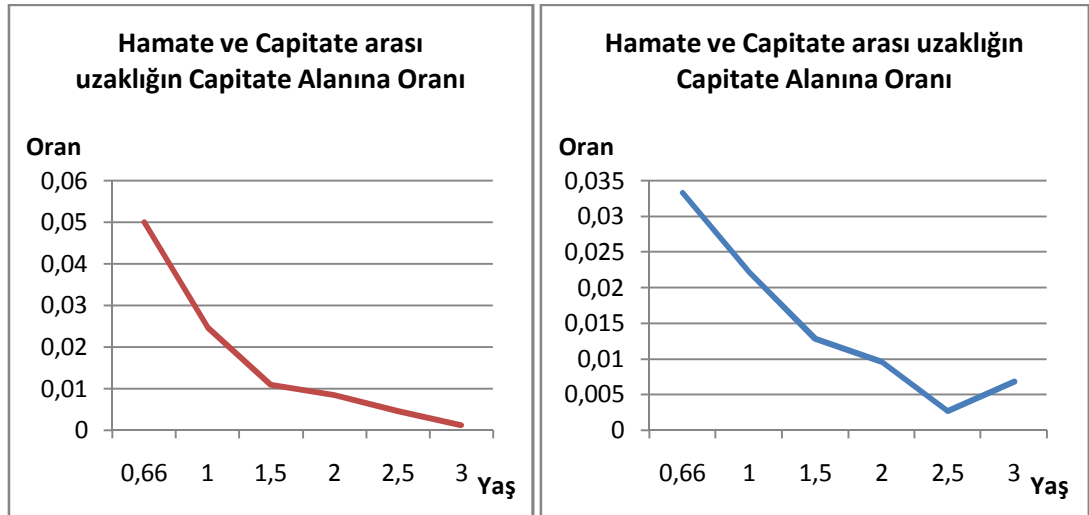
Şekil 4.7. Bayan bireylerde karpal kemik oranlarının grafiği

Karpal kemik oranları incelendiğinde 0,66 (8ay), 1 yaş, 1,5 yaş, 2 yaş, 2,5 yaş için oluşan kemikler sadece capitate ve hamate kemikleridir. Bu dönemde sadece hamate/capitate oranı vardır. Bu dönemdeki oranın düzenli bir eğri göstermemesi dolayısıyla başka bir veriye ihtiyaç duyulmaktadır. El grafileri incelendiğinde capitate ve hamate kemikleri birbirine yakınlıkları gittikçe azalmakta olduğu

gözlenmektedir. Bu veri kullanılarak kemik yaşı tespitine yardımcı olunacağı görülmektedir. Hamate ve capitate arası uzaklık ve bu uzaklığın capitate oranı çizelge 4.4. de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Hamate ve capitate arası uzaklık ve oran

Yaş	Cinsiyet	mesafe capitate - hamate	mes ham- cap / cap.alan
0,66	Erkek	11,65544	0,050023
1	Erkek	11,07924	0,02473
1,5	Erkek	7,281479	0,010917
2	Erkek	6,306392	0,008386
2,5	Erkek	5,378637	0,004625
3	Erkek	1,261463	0,001206
0,66	Kız	10,1033	0,03324
1	Kız	10,19493	0,022115
1,5	Kız	4,684913	0,012827
2	Kız	6,329682	0,009561
2,5	Kız	2,702823	0,002671
3	Kız	8,054325	0,006768



Şekil 4.8. a- erkekler için oran grafiği b- bayanlar için oran grafiği

Bu bilgiler doğrultusunda çözüm yolu tasarlanacaktır.

4.4. Kemik Yaşını Hesaplayacak Bulanık Sistemin Tasarlanması

Bulanık sistemde 7 giriş verisi (input) ve 1 çıkış verisi (output) bulunacaktır. Her giriş verisinin çözüm durumuna göre üyelik fonksiyonları belirlenecektir. Çıkış verisinin üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi ile bulanık sistemin kural tablosu oluşturulacak ve problemin çözümü istenecektir. Bulanık sistem matematiksel programlama alanında başarılı yazılımlardan “Matlab” ile oluşturulmuştur.

4.4.1. Bulanık sistem girdileri ve çıktısı

İlk başta sistem girdileri için alan hesaplamalarından oluşan oranlar kullanılmıştır. Test verileri sonrasında yapılan iyileştirme hesapları ile üyelik fonksiyonları son halini almıştır.

4.4.1.1. Hm/Cp (hamate alan / capitate alan)

12 adet üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. İlgili yaşlarda belirlenen üyelik fonksiyonları ile yaş durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Bulanık sistemin ilk girdisidir.

Üyelik fonksiyonlarının tanımlanması baylar için

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='0y_8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.98]

ÜF3='8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.9 0.98]

ÜF4='1y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.5 0.736 0.99]

ÜF5='1.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.5 0.646 0.76]

ÜF6='2y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.53 0.726 0.92]

ÜF7='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.55 0.697 0.92]

ÜF8='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.55 0.768 0.92]

ÜF9='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.4 0.741 0.9]

ÜF10='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.4 0.61 0.88]

ÜF11='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.43 0.692 0.83]

ÜF12='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.38 0.58 0.85]

Bayanlar için

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='0y_8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.99]

ÜF3='8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.67 0.99]

ÜF4='1y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.5 0.92 0.99]

ÜF5='1.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.5 0.66 0.94]

ÜF6='2y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.66 0.76 0.92]

ÜF7='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.4 0.74 0.92]

ÜF8='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.4 0.74 0.92]

ÜF9='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.4 0.577 0.9]

ÜF10='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.4 0.732 0.88]

ÜF11='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.39 0.635 0.82]

ÜF12='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.39 0.65 0.78]

Şeklindedir. Burada sadece “0 yaş” üyelik fonksiyonunda yamuk şekilli üyelik fonksiyonu tercih edilmiştir. 0 değerinin seçtirilebilmesi için bu tercih yapılmıştır.

4.4.1.2. Tri/Cp (Triquetral alan / capitate alan)

Baylar için 8 adet üyelik fonksiyonu, bayanlar için 9 adet üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Baylar için üyelik fonksiyonunun az olmasının sebebi bay ve bayanların gelişimlerinin farklı olmasından dolayıdır. Baylar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='2_2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 -0.01 0]

ÜF3='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.32]

ÜF4='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.18 0.418]

ÜF5='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.1 0.24 0.41]

ÜF6='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.23 0.32 0.42]

ÜF7='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.2 0.33 0.46]

ÜF8='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.2 0.336 0.49]

Bayanlar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='1.5_2y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.366]

ÜF3='2y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.366 0.72]

ÜF4='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.336 0.66]

ÜF5='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.368 0.448]

ÜF6='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.1 0.288 0.47]

ÜF7='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.1 0.39 0.47]

ÜF8='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.18 0.33 0.49]

ÜF9='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.2 0.4 0.53]

şeklindedir.

4.4.1.3. Lun/Cp (Lunate alan / capitate alan)

Baylar için 7 adet üyelik fonksiyonu, bayanlar için 8 adet üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Baylar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='2.5_3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.19]

ÜF3='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.046 0.27]

ÜF4='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.17 0.35]

ÜF5='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.1 0.225 0.36]

ÜF6='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.2 0.26 0.356]

ÜF7='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.15 0.3 0.51]

Bayanlar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='2_2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.25]

ÜF3='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.19 0.32]

ÜF4='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.186 0.38]

ÜF5='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.02 0.18 0.38]

ÜF6='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.02 0.317 0.45]

ÜF7='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.15 0.276 0.45]

ÜF8='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.276 0.344 0.55]

şeklindedir.

4.4.1.4. Scp/Cp (Scaphoid alan / capitate alan)

Baylar için 4 adet üyelik fonksiyonu, bayanlar için 6 adet üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Baylar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='5_6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.01 0 0.48]

ÜF3='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.01 0.14 0.324]

ÜF4='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.01 0.19 0.47]

Bayanlar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='3_4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.21]

ÜF3='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.05 0.317]

ÜF4='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.17 0.37]

ÜF5='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.2 0.45]

ÜF6='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.1 0.36 0.6]

şeklindedir.

4.4.1.5. Trm/Cp (Trapezium alan / capitate alan)

Baylar için 4 adet üyelik fonksiyonu, bayanlar için 6 adet üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Baylar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='5_6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 0 0.1]

ÜF3='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.03 0.152 0.39]

ÜF4='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.052 0.21 0.429]

Bayanlar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='3_4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.4]

ÜF3='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.05 0.4]

ÜF4='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.17 0.38]

ÜF5='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.2 0.48]

ÜF6='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.14 0.37 0.58]

şeklindedir.

4.4.1.6. Trd/Cp (Trapezoid alan / capitate alan)

Baylar için 4 adet üyelik fonksiyonu, bayanlar için 6 adet üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Baylar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='5_6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.2]

ÜF3='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.01 0.11 0.32]

ÜF4='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.1 0.173 0.34]

Bayanlar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1 -0.1 0 0]

ÜF2='3_4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.1 0 0.25]

ÜF3='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.09 0.28]

ÜF4='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.14 0.3]

ÜF5='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.00397 0.27 0.34]

ÜF6='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.34 0.42]

şeklindedir.

4.4.1.7. Msor-cp (capitate ile hamate arası uzaklığın capitate alanına oranı)

Baylar için 6 adet üyelik fonksiyonu, bayanlar için 4 adet üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Baylar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.01619 0.0494 0.08261]

ÜF2='1y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.011 0.025 0.05]

ÜF3='1.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.008 0.011 0.025]

ÜF4='2y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.00278 0.008 0.0171]

ÜF5='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.0012 0.005 0.01045]

ÜF6='0_8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.05 0.07]

Bayanlar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.022 0.032 0.042]

ÜF2='1y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.006 0.022 0.032]

ÜF3='1.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.0006 0.006 0.022]

ÜF4='0y_8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.005 0.023 0.05]

şeklindedir.

4.4.1.8. Sistem çıktısı (Hesaplanan kemik yaşı)

Baylar ve bayanlar için 12 adet üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Baylar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1.2 -0.12 0 0]

ÜF2='8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.66 1.32]

ÜF3='1y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.75 1.25 1.75]

ÜF4='1.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [1.14 1.81 2.39]

ÜF5='2y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [1.77 2.35 2.89]

ÜF6='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [1.96 2.5 2.96]

ÜF7='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [1.78 2.78 3.78]

ÜF8='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [3.7 4.7 5.77]

ÜF9='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [4.4 5.6 6.5]

ÜF10='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [4.6 5.8 6.89]

ÜF11='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [6.7 7.7 9.2]

ÜF12='0_8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.66 0 0.66]

Bayanlar için üyelik fonksiyonları:

ÜF1='0y': yamuk şekilli ve hesaplanan parametresi [-1.2 -0.1 0 0]

ÜF2='8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0 0.66 1.32]

ÜF3='1y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [0.5 1 1.77]

ÜF4='1.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [1 1.5 2]

ÜF5='2y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [1.5 2 2.5]

ÜF6='2.5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [2.5 3 3.5]

ÜF7='3y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [2.25 3.25 4.26]

ÜF8='4y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [3 4 5]

ÜF9='5y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [4 5 7]

ÜF10='6y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [5 6 7.9]

ÜF11='7y': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [6.78 7 9]

ÜF12='0_8ay': üçgen şekilli ve hesaplanan parametresi [-0.66 0 0.66]

şeklindedir.

4.4.2. Bulanık sistem kurallarının oluşturulması

Oluşturulan üyelik fonksiyonlarına göre girdilere ait kurallar ve bu kuralların çıkışa yani kemik yaşına (ky) karşılık gelen üyelik fonksiyonu belirtilecektir. Bulanık sistemden durulaştırma ile hesaplanan çıkış değeri sistemin sonucunu oluşturacaktır. Bulanık sistemin girdilerin ve çıktının üyelik fonksiyonlarına göre bulanık kuralları :

Kural 1 : Eğer ($hm/cp = 0y$) $\wedge$ ($tri/cp = 0y$) $\wedge$ ($lun/cp = 0y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) ise (çıkış değeri $ky = 0y$)

Kural 2 : Eğer ($hm/cp = 0y_8ay$) $\wedge$ ($tri/cp = 0y$) $\wedge$ ($lun/cp = 0y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) $\wedge$ ($msor-cp = 0_8ay$) ise (çıkış değeri $ky = 0_8ay$)

Kural 3 : Eğer ($hm/cp = 8ay$) $\wedge$ ($tri/cp = 0y$) $\wedge$ ($lun/cp = 0y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) $\wedge$ ($msor-cp = 8ay$) ise (çıkış değeri $ky = 8ay$)

Kural 4 : Eğer ($hm/cp = 1y$) $\wedge$ ($tri/cp = 0y$) $\wedge$ ($lun/cp = 0y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) $\wedge$ ($msor-cp = 1y$) ise (çıkış değeri $ky = 1y$)

Kural 5 : Eğer ($hm/cp = 1.5y$) $\wedge$ ($tri/cp = 0y$) $\wedge$ ($lun/cp = 0y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) $\wedge$ ($msor-cp = 1.5$) ise (çıkış değeri $ky = 1.5y$)

Kural 6 : Eğer ($hm/cp = 2y$) $\wedge$ ($tri/cp = 2_2.5y$) $\wedge$ ($lun/cp = 0y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) $\wedge$ ($msor-cp = 2y$) ise (çıkış değeri $ky = 2y$)

Kural 7 : Eğer ($hm/cp = 2.5y$) $\wedge$ ($tri/cp = 2.5y$) $\wedge$ ($lun/cp = 2.5_3y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) $\wedge$ ($msor-cp = 2.5y$) ise (çıkış değeri $ky = 2.5y$)

Kural 8 : Eğer ($hm/cp = 3y$) $\wedge$ ($tri/cp = 3y$) $\wedge$ ($lun/cp = 3y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) ise (çıkış değeri $ky = 3y$)

Kural 9 : Eğer ($hm/cp = 4y$) $\wedge$ ($tri/cp = 4y$) $\wedge$ ($lun/cp = 4y$) $\wedge$ ($scp/cp = 0y$) $\wedge$ ($trm/cp = 0y$) $\wedge$ ($trd/cp = 0y$) ise (çıkış değeri $ky = 4y$)

Kural 10 : Eğer ($hm/cp = 5y$) $\wedge$ ($tri/cp = 5y$) $\wedge$ ($lun/cp = 5y$) $\wedge$ ($scp/cp = 5_6y$) $\wedge$ ($trm/cp = 5_6y$) $\wedge$ ($trd/cp = 5_6y$) ise (çıkış değeri $ky = 5y$)

Kural 11 : Eğer ($hm/cp = 6y$) $\wedge$ ($tri/cp = 6y$) $\wedge$ ($lun/cp = 6y$) $\wedge$ ($scp/cp = 6y$) $\wedge$ ($trm/cp = 6y$) $\wedge$ ($trd/cp = 6y$) ise (çıkış değeri $ky = 6y$)

Kural 12 : Eğer ($hm/cp = 7y$) $\wedge$ ($tri/cp = 7y$) $\wedge$ ($lun/cp = 7y$) $\wedge$ ($scp/cp = 7y$) $\wedge$ ($trm/cp = 7y$) $\wedge$ ($trd/cp = 7y$) ise (çıkış değeri $ky = 7y$)

şeklindedir. Oluşturulan kuralların bulanık mantık hesaplamaları sonucu ky bulunacaktır. Örneğin : $hm/cp = 0,72$ $tri/cp = 0,256$ $lun/cp = 0,232$ $scp/cp = 0,21$ $trm/cp = 0,061$ $trd/cp = 0,13$ $msor-cp = 0,02$ olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre kurallara ait girdilerin karşılığı çizelgedeki gibidir.

Çizelge 4.5. Örneğe ait kural tablosu üyelik fonksiyonlarının değeri

	hm/cp	tri/cp	lun/cp	scp/cp	trm/cp	trd/cp	msor-cp	Ky
Girdiler	0,72	0,256	0,232	0,21	0,061	0,13	0,02	?
Kural 1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kural 2	0,2	0	0	0	0	0	0,33	0
Kural 3	0,86	0	0	0	0	0	0,09	0
Kural 4	0,97	0	0	0	0	0	0,72	0
Kural 5	0,45	0	0	0	0	0	0,52	0
Kural 6	0,49	0	0	0	0	0	0	0
Kural 7	0,99	0,2	0	0	0	0	0	0
Kural 8	0,89	0,82	0,21	0	0	0	X	0
Kural 9	0,98	0,99	0,83	0	0	0	X	0
Kural 10	0,82	0,31	0,99	0,78	0,82	0,71	X	0,31
Kural 11	0,99	0,45	0,77	0,82	0,27	0,92	X	0,27
Kural 12	0,62	0,59	0,71	0,99	0,17	0,48	X	0,17

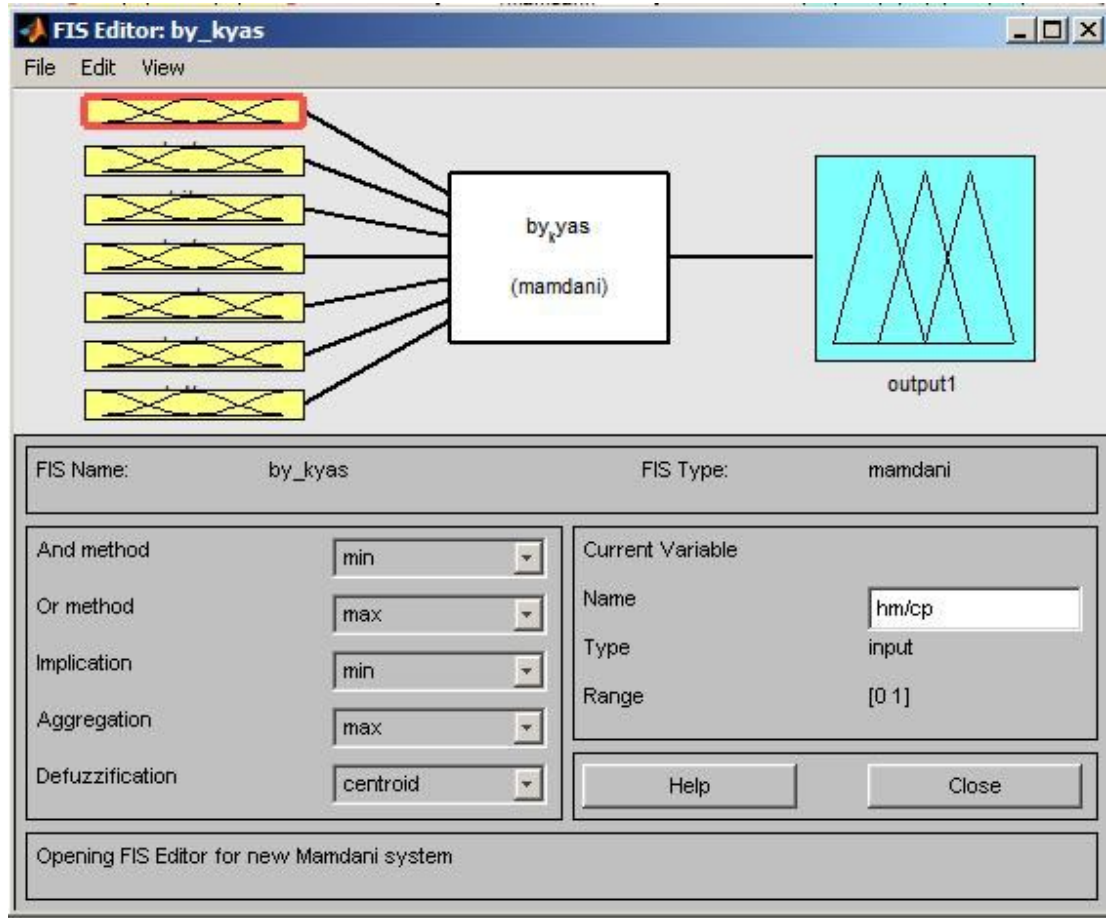
Bulanık sistem çıktısı kemik yaşı hesabı kural 10,11,12 de sonuç vermiştir. Buradaki hesaplanan bulanık ifadenin durulaştırılması yani lineer bir sonuca ulaşması gereklidir. Bu sonuçlar bulanık sistemden centroid durulaştırma yöntemi ile çıkarılacaktır.

$$ky = x = \frac{\int \mu(x)xdx}{\int \mu(x)dx} \quad (4.1)$$

centroid durulaştırma formülü ile $ky=5,93$ olarak hesaplanmıştır.

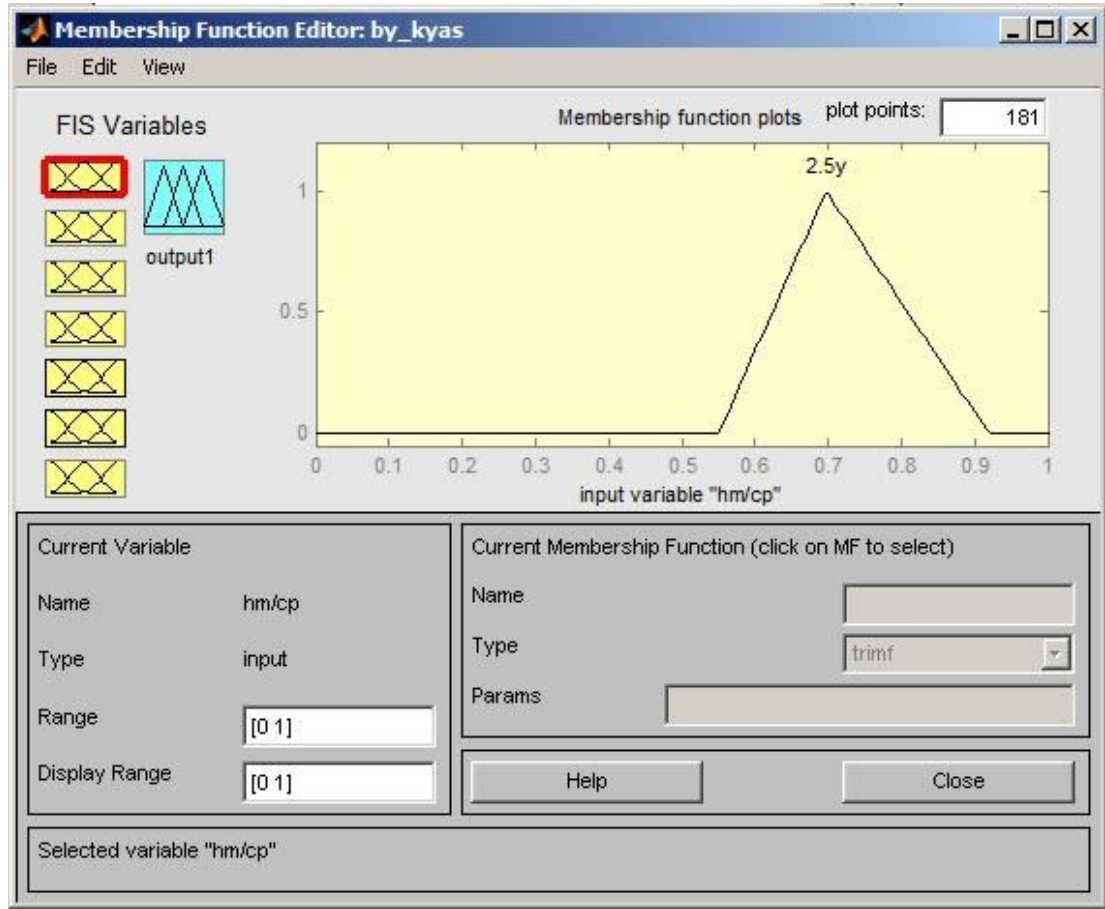
4.4.3. Kemik yaşı hesaplayacak bulanık sistemin Matlab’de hazırlanması

Bulanık sistem girdileri ve çıktıları hesaplanmış, kurallar bulanık sisteme göre sözel ifade edilmiştir. Bu girdiler ve çıktının üyelik fonksiyonları ile belirlenmesi, kurallarının oluşturulması ve durulaştırma sonucu sonucun hesaplanması Matlab bulanık mantık çıkarım sisteminde (fuzzy inference system) hazırlandı. Bulanık sistem için Mamdani bulanık modelleme seçilmiştir. 7 input ve 1 output olarak ayarlanan sistem: kesişim yöntemi (and method) minimum, birleşim yöntemi (or method) maksimum, kapsama (implication) minimum, toplama yöntemi (aggregation) maksimum ve durulaştırma yöntemi olarak küme ağırlığı (centroid) alınarak hazırlanmıştır.



Şekil 4.9. Bulanık çıkarım sisteminde girdi ve çıktı ayarlamalarının yapılması

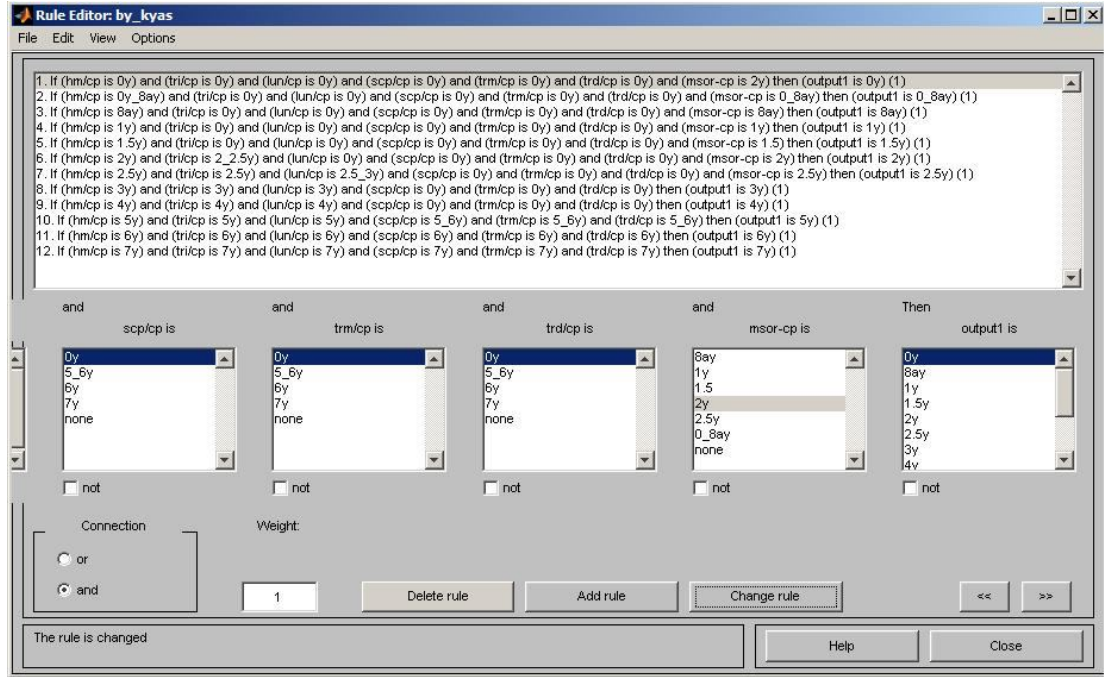
Bir önceki bölümde yapılan hesaplamalarla ifade edilen üyelik fonksiyonları her girdi ve çıktı da ayarlandı.



Şekil 4.10. Üyelik fonksiyonlarının ayarlanması

Üyelik fonksiyonları her girdi ve çıktı için ayrı ayrı oluşturuldu. Şekil 4.10 ekran çıktısında da görüldüğü gibi her üyelik fonksiyonun adı, seçilen ÜF şekline göre parametreleri ve ÜF'nin grafiği, ÜF'nin değer aralığı ve grafikte görünecek aralığı belirlenebilmektedir. Bölüm 4.4.1 deki verilere göre tüm girdiler ve çıktının ÜF'leri oluşturuldu.

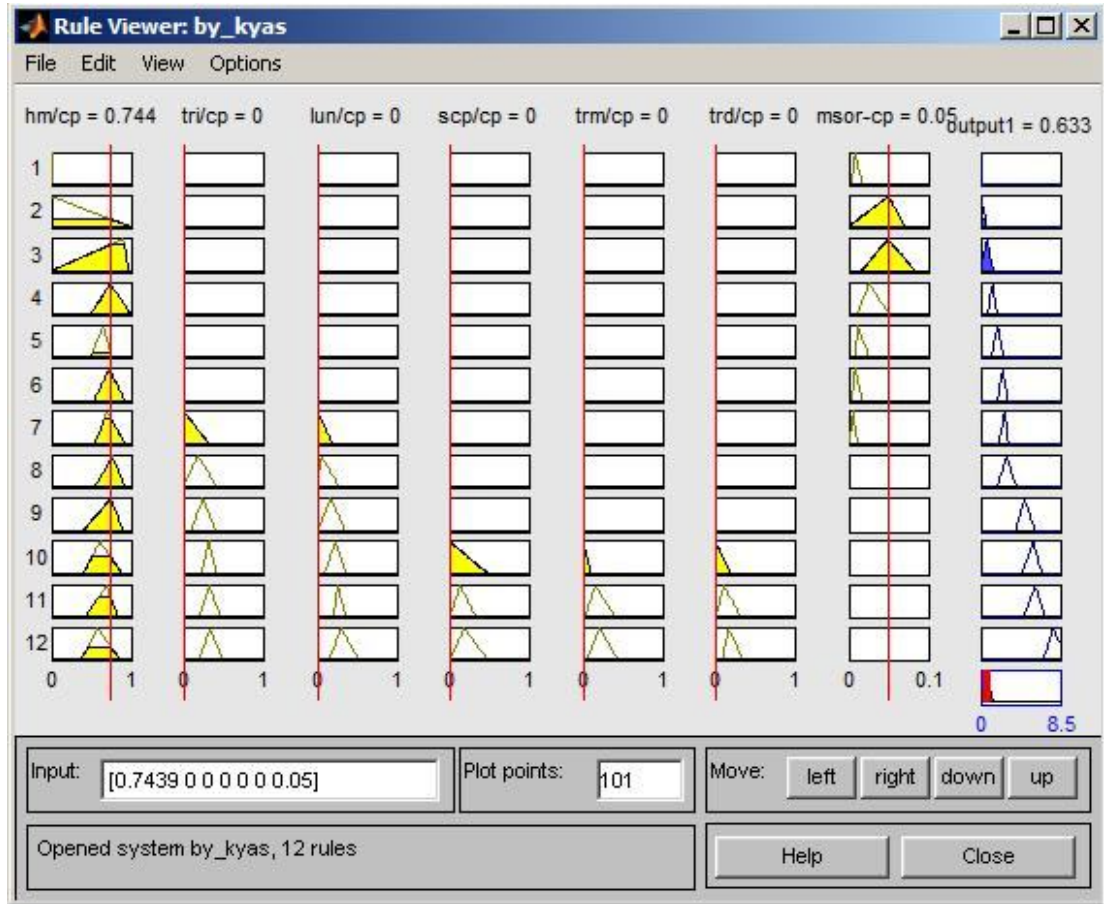
Üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra bu üyelik fonksiyonlarına göre sözel olarak ifade edilen kuralların kural oluşturucuda söz dizimi hazırlandı. Kural oluşturucu ile üyelik fonksiyonlarının birbirleri ile olan ilişkileri tanımlandı.



Şekil 4.11. Bulanık sistemin kural oluşturucu ile ifadelerinin belirlenmesi

Kural oluşturucuda her girdi ve çıktının ilgili üyelik fonksiyonların hangi kümeleme işlemine tabi tutulacağı belirlendi. Birleşim (veya) ve kesişim (ve) operatörleri ile üyelik fonksiyonları hesaplandı ve kural cümlesi eğer ise sonucu oluşturuldu.

Bulanık sistem tasarlandıktan sonra girdilerin durumuna göre üyelik derecelerinin alacağı değerler ve sonuca etkisi kural göstericiden bakılabilir. Şekil 4.12 de gösterildiği gibi giriş verileri ile her kural cümlesinin ilişkisi tespit edilebilir. Yeni tasarlanan bir sistemin durumu kontrol edilerek iyileştirme adımları belirlenebilir.



Şekil 4.12. Bulanık sistem kural izleyicisi

Matlab bulanık çıkarım sistemi kural izleyici üzerindeki verileri input girişinden veya el yordamı ile belirleyerek (girdiler üzerindeki kırmızı çizgiler Şekil 4.12) çıktı değeri görülebilir. Her kurala ait belirlenen üyelik fonksiyonun aldığı değer grafikte gözlemlenebilir. Bu değer bulanık bir ifadedir ve 0 ile 1 arası bir değer almaktadır. Kural cümlesinin hüküm değeri ilgili üyelik değerlerinin durumuna göre oluşur. Son durumda hesaplanan sonuca ait üyelik değerleri küme ağırlığı (centroid) yöntemi ile durulaştırılarak kemik yaşı ile ilgili sonuç çıkarılmış olmaktadır.

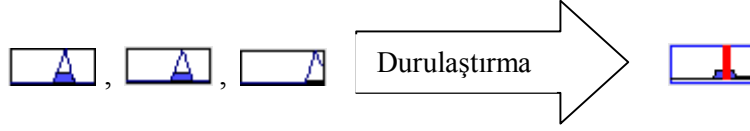
Çizelge 4.5 deki sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında kural 10,11,12'ye ait bulanık sonuç ve küme ağırlığı ile durulaştırma şekil 4.13 ile gösterilmiştir.

Kural 10 bulanık gösterimi : 

Kural 11 bulanık gösterimi : 

Kural 12 bulanık gösterimi : 

Küme ağırlığı (centroid) ile durulaştırma sonucu



Şekil 4.13. Kural izleyicide örneğe ait durulaştırma işlemi

5. PRE-PUBERTE (0-7 YAŞ) ÇOCUKLARDA BULANIK MANTIK İLE KEMİK YAŞI TESPİTİ YAZILIMI

Hazırlanan yazılım uzman bir kişinin yüklemiş olduğu grafiden kemik yaşını tespit edebileceği bir yazılımdır. Bulanık mantıkla kemik yaşı tespiti yazılımı 1-7 yaş arası çocuklar için geçerli olacaktır. Kullanıcı hedefi olarak hastanelerin pediatri bölümleri ve Pre-puberte çocuklara ait grafi çalışması yapan araştırmacılar olabilir. Hedeflenen sonuç kemik yaşının hesaplanması ve alan oran bilgilerinin veri tabanına kaydedilmesidir.

Bu çalışmada kullanılacak yaş tespit yöntemi bulanık sistemde tasarlanmış olan karpal bölge kemiklerinin oranı ile kemik yaşı hesaplanmasıdır. Tasarlanan bulanık sistem Greulich – Pyle kurallarına bağlı olarak geliştirilmiştir. Diğer kemik yaşı tespit yöntemi olan Tanner – Whitehouse yönteminin karmaşıklığı ve doktorlar tarafından tercih edilmiyor olmasından dolayı Greulich – Pyle kurallarına göre bir çözüm arayışı tercih edilmiştir.

Yazılım Matlab R2007a programında hazırlandı. Yazılımın en önemli kısmı bulanık mantıkla sistem modellemeyi önceki bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Matlab programlayıcı birçok algoritmanın üzerinde hazır olarak gelmesi ve algoritma tanıtımlarındaki başarısı ile ön plana çıkmaktadır.

5.1. Yazılım İşlemleri ve Özellikleri

Yazılım tamamlandığında son kullanıcılar için kullanışlı olmalıdır. Yazılım

- Çalışırken çok zaman almamalıdır.
- Genel tıp literatürüne hâkim olmalı ve Greulich – Pyle yönteminin kurallarını içermeli
- İşlem sonuçlarını kullanıcıya gösterebilmeli
- Arayüz kullanıcılar için anlaşılabilir olmalı
- Sonuçları ileride değerlendirme için kullanabilmeli

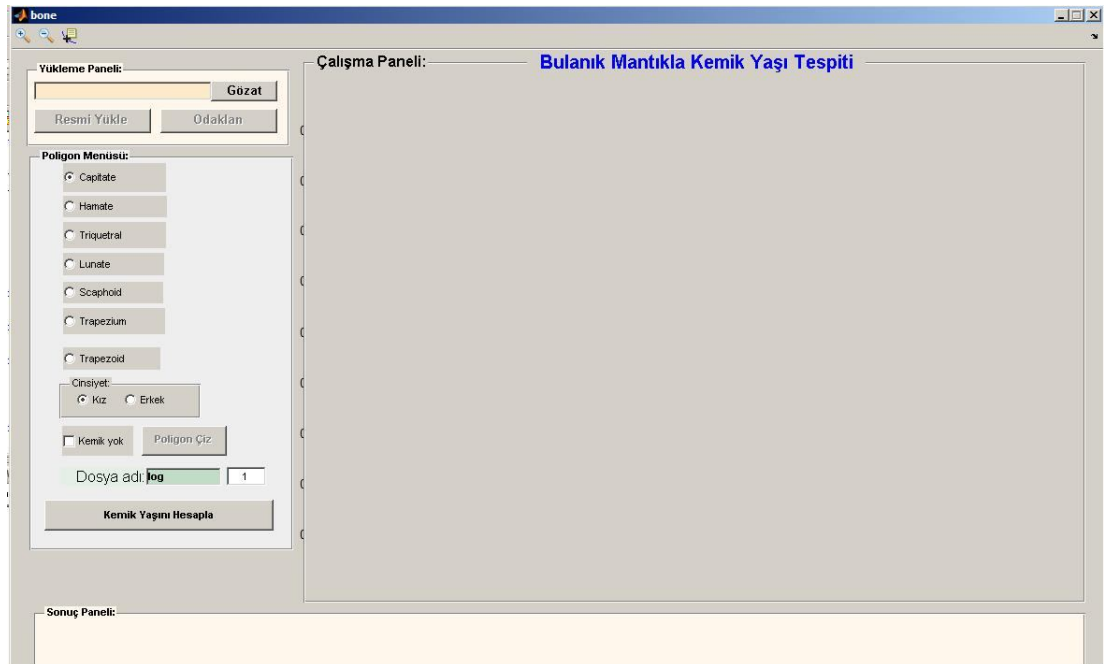
Eğitim, araştırma, tıp alanlarında kullanılabilecek bir yazılım hedeflendi. Yazılımın karpal kemiklerin alanını seçerek hesaplamasını ve belirlenecek bir veritabanına kaydının yapılması değerlendirme açısından hedeflenmiştir.

5.1.1. Yazılım tasarımı ve arayüz

Tasarım için kullanıcıların tüm işlemlerini yapabileceği karmaşık olmayan bir sayfa tasarlanması hedeflenmiştir. Matlab’de hazırlanan arayüz (GUI) sırası ile

- Resmin yüklenmesi
- Karpal bölge kemiklerinin poligon (kapalı çokgen eğri) olarak seçilmesi
- Kemik yaşının hesaplanması
- Verilerin kaydedileceği dosyaya yazdırılması

işlemlerini yapmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Kullanıcı arayüzü

5.1.2. Grafinin yüklenmesi ve karpal bölge kemiklerinin seçtirilmesi

Yükleme panelinden seçilen resim arayüzde çalışma paneli olarak ifade edilen alana yüklenir. Burada karpal kemik bölgesinde işlem yapmak zor olacağından odaklan fonksiyon ile grafideki karpal bölgenin seçilmesi ve bu bölgede kolay işlem yapılması hedeflenmiştir. “Odaklan” komut düğmesine basıldığında el grafisi üzerinde seçilen alan büyütülerek çalışma panelinin yeni görüntüsü elde edilmektedir. Odaklanma fonksiyonu X – Y koordinatlarında seçilen en geniş noktayı referans alarak o noktalara ait alanı yeni görüntü olarak almaktadır. Resmin çalışma paneline yüklenmesi ve karpal bölgeye odaklanılması Şekil 5.2 ve Şekil 5.3 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Grafinin yüklenmesi ve karpal alanın seçilmesi



Şekil 5.3. Odaklanılan karpal bölgenin çalışma paneline yüklenmesi

Çalışma paneline yüklenen karpal bölgede kemikler oluşma sırasına göre otomatik seçilir. “Poligon Çiz” komut düğmesine basarak ilgili kemik alanı seçtirilir. En fazla 60 nokta ile belirlenebilecek şekilde alan ayarlaması yapıldı. Her kemik seçimi tamamlandığında çift tıklama veya sağ tıklama ile kemik alanı belirlenmiş olur. Her seçilen kemikte renk değişikliği ile karışıklık olmaması hedeflenmiştir. Eğer bir kemik oluşmamışsa kemik yok işaretlenmeli ve uygula komut düğmesine basılmalıdır. Böylelikle oluşmayan kemiklerin alan değeri “0” olarak atanacaktır. İşlemi tamamlanan kemik sonrası otomatik olarak diğerine geçiş ayarlanmıştır.

5.1.3. Kemik yaşının hesaplanması

Yazılımda “Kemik Yaşını Hesapla” komut düğmesine basıldığında hesaplanan alanlara göre 7 değer bulanık sisteme gönderilecektir. Hamate alan / Capitate alan (hm/cp), triquetral alan / Capitate alan (tri/cp), Lunate alan / Capitate alan (lun/cp), Scaphoid alan / Capitate alan (scp/cp), trapezium alan / Capitate alan (trm/cp), Trapezoid alan / Capitate alan (trd/cp), Capitate ve Hamate arası uzaklık / Capitate alan(msor-cp) hesabı birer girdi olarak bulanık sisteme gönderilmiştir. Bulanık sistemden gelen sonuç ekrana yazdırılarak yaş aralığı da belirtilmiştir.



Şekil 5.4. Resmin son hali ve hesaplanan kemik yaşının ekrana yazdırılması

5.1.4. Yazılımın sonuçlarının kaydedilmesi

Hesaplanan kemik yaşı değeri ve alanlara ait oran ile mesafelerin alana oranı değerlendirme yapılabilmesi açısından bir Excel dosyasına yazdırılması hedeflenmiştir. Yazılımda dosya adı yazdırılacak şekilde ayarlanmış yazı kısmı mevcuttur. Yeni oluşturulan Excel dosyası matlab dosyasının olduğu yerde oluşturulmaktadır.

5.2. Sonuçların Değerlendirilmesi

Yazılımın bulanık mantık sistemi referans görüntüler üzerinden hazırlandı. İlk veriler üzerine bulanık sistemin eğitilmesi için test çalışmaları yapıldı ve test sonuçlarına göre bulanık sistemin açıkları giderildi.

5.2.1. Test verileri ve yorumlanması

Bulanık mantıkla kemik yaşı tespiti yazılımı hazırlandıktan sonra 4 farklı insan kümesinden 123 örnek değerlendirildi. Referans görüntüler 522 farklı grafi üzerinden

en belirgin ve net olanın seçilmesi ile oluşturulmuştur. Kemik yaşı araştırmalarında kullanılması için oluşturulan bir veritabanından 365 el grafisinden 123 grafi test ve geliştirme verisi olarak seçildi. Geliştirilen sistemle tüm grafi ler yeniden hesaplandı. Asyalı, Afrikalı, İspanyol ve Kafkas kökenli gruplardan her yaş döneminden erkek ve kız örneklerle test verileri geliştirildi [35].

İlk geliştirilen bulanık mantık sistemi ile yazılım çalıştırıldığında 123 test verisinden 33 tanesi bulanık sistemden sonuç alamadı. Burada ayarlanan üyelik fonksiyonlarının girilen değerleri içermediği anlaşılmıştır. Girilen değerlerin sınırlar dışında olmasının ve bulanık sistemden sonuç alamamasının sebebi program hatası, grafi sahiplerinin Greulich – Pyle atlasında belirlenen sınırlar dışında olması gösterilebilir. Çünkü çocuk gelişimlerinde karpal bölgedeki her kemik aynı düzene uymayabilmektedir. Bu durumu istisna kabul edilecektir. 123 veriden 33 tanesinin okunamaması bulanık sistemde ayarlamalar yapılması gerektiğini göstermiş ve yeni verileri de kullanarak sınırların tekrar belirlenmesi çalışması yapılmıştır.

Referans alınan grafi lerdeki gibi 3 yaş altı çocukların yaş aralığındaki hassasiyeti 0,5 olarak belirlenmiş 3 yaş üstü çocuklarda ise yaş hassasiyeti 1 olarak belirlenmiştir. Değerlendirme kıstası olarak hassasiyet derecesi 1 içinde ise çok başarılı, hassasiyet derecesi 2 içinde ise başarılı, hassasiyet derecesi 2 den fazla ise başarısız olarak değerlendirilmiştir.

İlk tasarlanan bulanık sistemde hesaplanan 123 verinin belirlenen hassasiyet oranlarına göre 25 tanesi çok başarılı 28 tanesi başarılı 25 tanesi başarısız 10 tane okuma hatası (kullanıcı hatası) hesaplanmıştır. 123 veride 10 okuma hatasını çıkarıldığında bulanık sistem % 47 başarılı olmuş oluyor. %29 bulanık sisteme girememe ve %22 başarısız sonuç alınmıştır. Bu sonuçlarla bulanık sistemin geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bulanık sistem tekrar yeni verilerle hassasiyet oranı ayarlanmış ve aynı verilerle tekrar kemik yaşı hesaplaması yapılmıştır. Yeni hesaplamada ise kullanıcı hataları çıkarıldığında % 54 çok başarılı, % 25 başarılı % 10 başarısız ve % 10 bulanık sisteme girememe hesaplanmıştır.

Burada üyelik fonksiyonlarında yapılan ayarlamalar ile bulanık sisteme girmeme oranı %29 ‘dan % 10 düşmüştür. Normalde üyelik fonksiyonlarının sınırlarının artırılması başarının düşmesine sebebiyet vereceğinden dolayı dikkat etmek gerekmektedir. Yeniden tasarlanan bulanık sistemde çok başarılı oranı %22 den %54’e çıkmış, başarılı oranı %24’den %25 çıkmış, toplam başarı oranı %79’a çıkmıştır. Başarısız olan oran %29 dan %10’a düşmüştür.

5.2.2. Yazılımın sonuçlarının değerlendirilmesi

Test verileri ile gerekli düzenlemelerin yapıldığı bulanık sistemle kemik yaşı araştırmaları için derlenmiş grafler incelendi. İncelenen grafler ile karpal kemik alanları oranı ve iki kemik arası (capitate-hamate) uzaklığın alana oranı hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında kemik oluşumlarının yaşlara göre değerlendirilmesi yapılabilir. Farklı insan grupları arası gelişimler incelenebilir. Sonuç değerlendirmesi kemik yaşı ve kronolojik yaş arası farklılık incelenerek cinsiyet ve gruplar arası farklılığın yorumlanması hedeflenmiştir.

Kemik yaşı araştırmaları için düzenlenen “image processing ve informatic labs and computer-aided bone age assessment of children using a digital hand atlas” başlıklı <http://www.ipilab.org/Research/BAA/BAAindex.php> adlı sitedeki veriler değerlendirilecektir. Veritabanındaki el graflerinin sınıflandırılması çizelge 5.1. ve çizelge 5.2 de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Erkek bireyler için değerlendirilen verilerin dağılımı

	Erkek	0 Yaş Grubu	1 Yaş Grubu	2 Yaş Grubu	3 Yaş Grubu	4 Yaş Grubu	5 Yaş Grubu	6 Yaş Grubu	7 Yaş Grubu
Asya	44	2	5	5	5	5	9	6	7
Afrika	50	5	5	5	5	5	9	7	9
Kafkas	51	3	5	5	5	5	10	9	9
İspanyol	52	4	5	5	5	5	9	9	10
Toplam	197	14	20	20	20	20	37	31	35

Çizelge 5.2. Bayan bireyler için değerlendirilen verilerin dağılımı

	Bayan	0 Yaş Grubu	1 Yaş Grubu	2 Yaş Grubu	3 Yaş Grubu	4 Yaş Grubu	5 Yaş Grubu	6 Yaş Grubu	7 Yaş Grubu
Asya	42	1	5	5	5	5	8	6	7
Afrika	51	4	5	5	5	5	9	9	9
Kafkas	45	3	5	5	5	5	7	7	8
İspanyol	51	1	5	5	5	5	10	10	10
Toplam	189	9	20	20	20	20	34	32	34

Tüm veriler değerlendirildikten sonra öncelikli bulanık mantıkla kemik yaşı yazılımının başarı durumunu incelenmelidir.

İncelenen 387 grafinin 14 tanesi okuyucu hatalarından dolayı elenmiştir. Bu sayı bilgisayar yazılımını anlamama, konuya hakim olamama ve dikkat eksikliklerinden ileri gelmektedir. Bu durum bir değerlendirme için iyi bir orandır. 373 grafinin sonucu üzerinden değerlendirme yapılacaktır.

Çizelge 5.3.Hesaplanan grafilerin derecesi ve kendi grubundaki toplama göre yüzdesi

	Hesaplanan değer kötü		Hesaplanan değer iyi		Hesaplanan değer çok iyi		Bulanık sistem okuma hatası		Toplam
Asyalı	14	17%	22	26%	42	50%	6	7%	84
Afrikalı	18	19%	21	23%	44	47%	10	11%	93
Kafkas Köken	12	12%	17	17%	65	65%	6	6%	100
İspanyol Köken	10	10%	30	31%	41	43%	15	16%	96
Toplam	54	14%	90	24%	192	51%	37	10%	373

Hesaplanan değerler ele alındığında bulanık sistem en fazla Kafkas kökenlilerde başarılı olmuştur. Kafkas kökenlilerde başarılı tespit oranı % 82 olmuştur. Diğer kökenlerde ise İspanyol kökenlilerde % 75, Afrikalılarda % 65, Asyalılarda ise % 64 oranda başarılı olmuştur. Bunun sebebi referans görüntülerinin Kafkas kökene ait olması olarak da gösterilebilir. Buradan köken farklılıklarının gelişime etkisi bir kez daha gözlemlenmiştir. Hesaplanan değerler açısından çok iyi oran alanında da Kafkas kökenlilerde % 65 gibi farklı bir başarı gözlemlenmektedir.

Cinsiyet farklılıkları göz önüne alındığında Çizelge 5.4 deki değerler bulunmuştur.

Çizelge 5.4. Hesaplanan grafiğerin cinsiyete göre ve kendi grubundaki toplama göre yüzdesi

		Hesaplanan değęr kötü		Hesaplanan değęr iyi		Hesaplanan değęr çok iyi		Bulanık sistem okuma hatası		Topla m
Asyalı	Byn	5	13%	11	28%	24	60%	0	0%	40
Asyalı	Erk	9	20%	11	25%	18	41%	6	14%	44
Afrikalı	Byn	5	11%	10	22%	28	62%	2	4%	45
Afrikalı	Erk	13	27%	11	23%	16	33%	8	17%	48
Kafkas Köken	Byn	3	6%	10	20%	36	72%	1	2%	50
Kafkas Köken	Erk	9	18%	7	14%	29	58%	5	10%	50
İspanyol Köken	Byn	4	8%	15	31%	27	56%	2	4%	48
İspanyol Köken	Erk	6	13%	15	31%	14	29%	13	27%	48
Toplam	Byn	17	9%	46	25%	115	63%	5	3%	183
Toplam	Erk	37	19%	44	23%	77	41%	32	17%	190
Toplam		54	14%	90	24%	192	51%	37	10%	373

Hesaplanan değęrlerin cinsiyete göre değęrlendirmesi yapıldığı zaman kız çocuklarına ait grafiğerin daha başarılı sonuçlar verdiği görölmektedir. Kız çocuklarında % 88 olan başarılı oran erkek çocuklarında % 64’de kalmıştır. Buradan

da hazırlanan bulanık sistemin kızlarda daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5.5. Hesaplanan grafiğin yaş grubuna göre başarı yüzdesi

Cnsyt	Yaş	Hesaplanan değer kötü		Hesaplanan değer iyi		Hesaplanan değer çok iyi		Bulanık sistem okuma hatası		Toplam
Byn	0	1	13%	3	38%	4	50%	0	0%	8
Byn	1	1	5%	1	5%	16	84%	1	5%	19
Byn	2	4	22%	7	39%	6	33%	1	6%	18
Byn	3	2	10%	3	15%	15	75%	0	0%	20
Byn	4	2	10%	9	45%	9	45%	0	0%	20
Byn	5	4	12%	10	30%	19	58%	0	0%	33
Byn	6	2	6%	6	19%	22	71%	1	3%	31
Byn	7	1	3%	7	21%	24	71%	2	6%	34
Erk	0	2	20%	4	40%	3	30%	1	10%	10
Erk	1	4	22%	8	44%	6	33%	0	0%	18
Erk	2	7	37%	4	21%	7	37%	1	5%	19
Erk	3	3	16%	5	26%	8	42%	3	16%	19
Erk	4	8	38%	2	10%	10	48%	1	5%	21
Erk	5	4	12%	9	26%	10	29%	11	32%	34
Erk	6	4	12%	9	27%	15	45%	5	15%	33
Erk	7	5	15%	3	9%	18	53%	10	29%	34

Hesaplanan değerlerin yaş gruplarına göre başarısı bulanık sistemin temelini oluşturduğundan dolayı diğer anlamda bulanık sistemin de başarısı ve eksik yönlerini göstermektedir. Tasarlanan bulanık sistemde % 90 başarı hedeflenmiş ise % 90 başarının altında kalan yerlerin üyelik fonksiyonları yeniden gözden geçirilmelidir.

Üyelik fonksiyonlarındaki değişiklikler tüm bulanık sistemi etkileyeceği göz önüne alınarak tüm sistemde iyileştirme yapılması gerecektir.

Yaş gruplarına göre kız çocuklarında 0 yaş grubu için başarılı oran % 88, 1 yaş grubu için % 89, 2 yaş grubu için %72, 3 yaş grubu için % 90, 4 yaş grubu için % 88, 5 yaş grubu için % 88, 6 yaş grubu için % 90, 7 yaş grubu için %92 olarak hesaplanmıştır. Buradan anlaşılabacağı üzere kız çocukları için bulanık sistemin 2 yaş grubundaki doğruluk değeri istenen seviyenin çok altındadır.

Erkek çocuklarında 0 yaş grubu için başarılı oran % 70, 1 yaş grubu için % 77, 2 yaş grubu için %58, 3 yaş grubu için % 68, 4 yaş grubu için % 58, 5 yaş grubu için % 55, 6 yaş grubu için % 72, 7 yaş grubu için % 62 olarak hesaplanmıştır. Buradan anlaşılabacağı üzere erkek çocukları için bulanık sistem istenen doğruluk seviyesinin çok altında kalmıştır. Erkek çocuklar için yeni bir değerlendirme yapmak gerekmektedir. Gelişim düzeyleri yeniden incelenip üyelik fonksiyonları tekrardan oluşturulmalıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Bulanık mantık ile kemik yaşı tespiti” çalışması ile kemik yaşı değerlendirmeleri için farklı bir açıdan çözüm bulunması hedeflenmiştir. Tasarlanan bulanık sistem ve yazılım ile bütün örnekler üzerinden % 75 başarı elde edilmiştir. Kız çocukları için tasarlanan bulanık sistemin daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir (%88 ‘e %64). İnsan gruplarında da en başarılı Kafkas kökenlilerde olduğu gözlemlenmiştir (%82).

Yapılan çalışma kemik yaşı hesaplamalarına farklı bir çözüm sunmuştur. Karpal bölge kemik alanlarından geliştirilen bu yöntem kemiklerin otomatik algılanacağı sistemlerin geliştirilmesi ile kemik yaşı tespit otomasyonunun bir parçası olabileceği düşünülmektedir. Kemik alanlarının değişimi ve yazılım tarafından hesaplanarak kaydedilmesi gelecekte çocuk gelişimini araştıranlara önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Kemik yaşı tespit çalışmaları tıp alanında önemli bir yer tuttuğundan dolayı zamanla artarak devam etmesi beklenmektedir. Hastanelerde görüşülen radyologlar çocuk gelişimi konusunda uzman olmadıkları halde el grafi yorumlamak zorunda olduklarını ifade etmişler ve bu alandaki otomasyon çalışmalarının kendi alanları için önemine vurgu yapmışlardır. Bu alanda yapılacak çalışmalar ekonomik anlamda da iyi bir yatırım olacağı görülmektedir.

Bulanık süreç kontrol sistemlerinin bu alanda da kullanılabileceği görülmektedir. Bulanık sistemlerin önemi akıllı cihazlara olan ilgi arttıkça daha iyi anlaşılmaktadır. Günümüzde üreticiler insan gereksinimleri ile beraber insan faktörüne uyum sağlayan ürünler üzerinde çalışma yapmaktadırlar. İnsanların işlerini kolaylaştıran bir çok cihaz kullanım tehlikelerinden dolayı bir çok riski de beraberinde taşımaktadır. Örneğin bir kolaylık aracı olan ütü, eşyaların yanmasına, elektrik masraflarının artmasına veya değişik vucut yanmalarını da sebebiyet verebilmektedir. Bulanık mantık yaklaşımları ile geliştirilen sistemler sayesinde bu riskler azaltılabilmekte ve unutma, yanlış kullanma gibi durumlar bulanık sistem tasarımları içinde çözülebilmektedir. Kullanılan cihazların kazandığı bu “akıllı” tasarımlar geleceğin en önemli farklılıklarından olacağı tahmin edilmektedir.

Hazırlanan bulanık sistem çözümünde tıp alanındaki bir zorluk için çözüm aranmış, geliştirilen sistem büyük oranda problemin çözümüne yardımcı olmuştur. Kullanılan veri tabanında kişilerin vakit harcayarak yaptıkları iki ayrı değerlendirme mevcuttur. Bulanık sistemin başarı oranı Tanner – Whitehouse yöntemi ile yapılan bu değerlendirmelere göre daha başarılı olduğu veritabanı karşılaştırmalarından anlaşılmıştır. Asıl hedeflenen öznel değerlendirmeler ile hesaplanan kemik yaşı tespiti bulanık sistemle hesaplanabilmiş ve bir yazılım aracılığı ile ilgililerin kullanımına sunulmuştur. Bulanık sistemde yapılacak düzenlemeler ile daha iyi bir sistem tasarlanması mümkündür. 373 grafinin sonucuna göre tasarlanacak sistemin başarı oranının daha yüksek olması beklenmektedir.

Referans grafilele tasarlanan sistemin başarı oranı test grafileleri ile iyileştirme sonrasında arttığı gözlemlenmiştir. Araştırmacıların tasarlayacağı daha fazla örnekle elde edilecek sistemin başarısının daha yüksek olacağı düşünülmektedir.

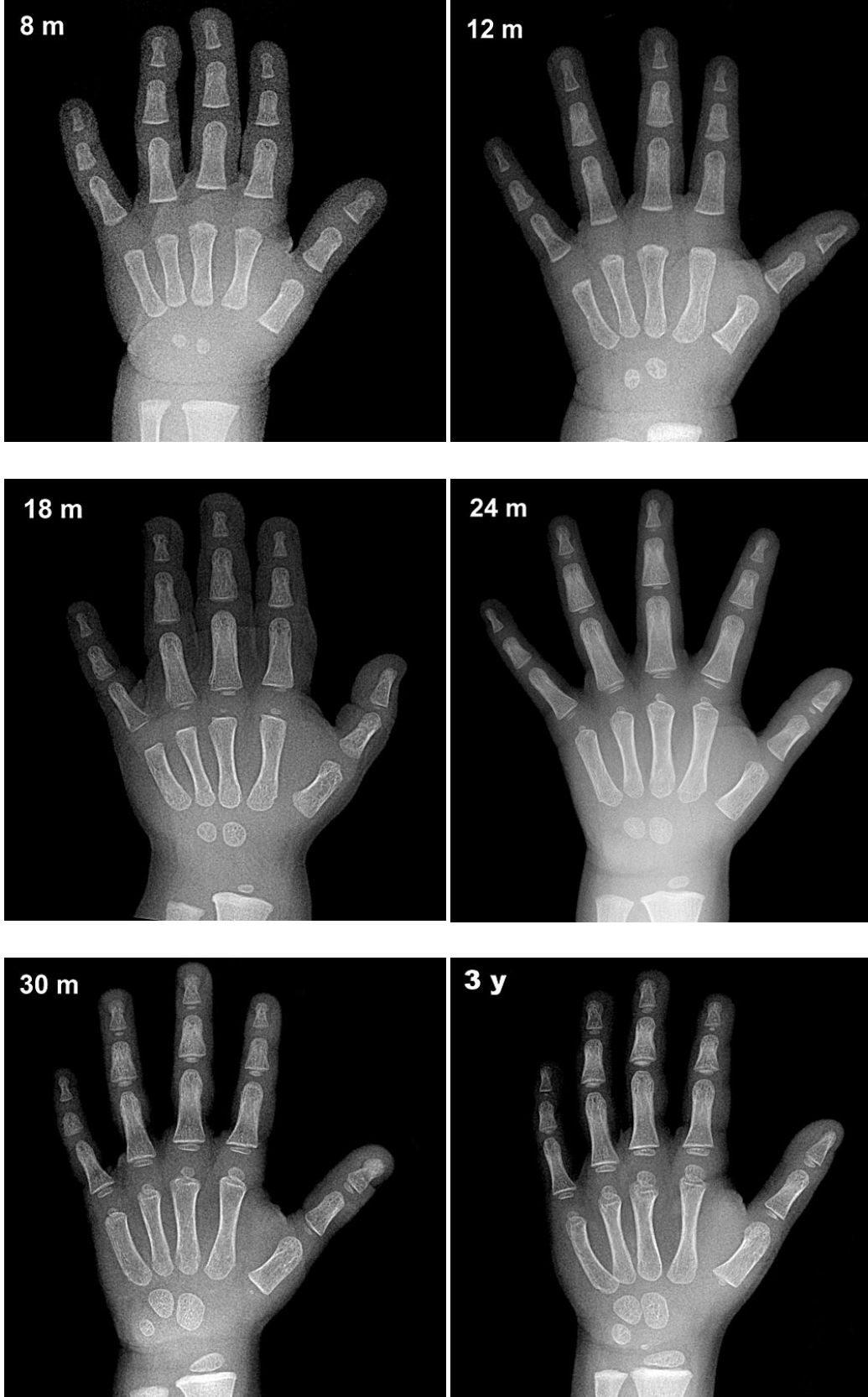
KAYNAKÇA

1. Boyunağa, Ö., “Radyolojik Olarak Kemik Yaşı Tayini”, *Klinik Pediatri* 1, 81-85 (2002).
2. Tütmez, B. ve Tercan, E., “Bulanık modelleme yaklaşımının tenör kestiriminde kullanılması”, *Madencilik*, (45):2, 39-47 (2006).
3. Kara, Y., “Hücrel üretim sistemi tasarımıda kullanılan yapay zeka teknikleri ile sezgisel yöntemlerin karşılaştırılması ve uygulama analizleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 23-33 (2000).
4. Coşkun, A., “Genetik algoritma kullanılarak kimyasal maddelerin deriden geçiş katsayılarının ve molekül yapılarının bulunması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 5-12 (2006).
5. Pirim, H., “Yapay Zeka”, *Bilim Teknik*, 12, 24-25 (2000).
6. Doğan, A., “Yapay Zeka”, *Kariyer Yayıncılık*, 27-33 (2002).
7. Güler, N., “Bulanık Kümeleme Analizi ve Bulanık Modellemeye Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 12-49 (2006).
8. Bezdek, J.,” Pattern Recognition with Fuzzy Objective Functions”, *Plenum Press*, New York, 20-44 (1981).
9. İnternet : “*A Tutorial on Clustering Algorithms and Fuzzy C Means clustering*”
http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/cmeans.html,
(2010).
10. Çitli, N., “Bulanık çok kriterli karar verme”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 21-30 (2006).
11. Altaş, İ., ”Bulanık mantık : bulanık denetim”, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik - 3e*, 64, 76-81 (1999).
12. Gökçeoğlu C. ve ark., “Bulanık mantık: özellikleri ve süreksizlik denetimli şev duyarsızlığına uygulanması”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 25, 19-31 (2001).
13. Altaş, İ., ”Bulanık mantık : bulanıklık kavramı”, *Enerji ,Elektrik, Elektromekanik - 3e*, 62, 80-85 (1999).

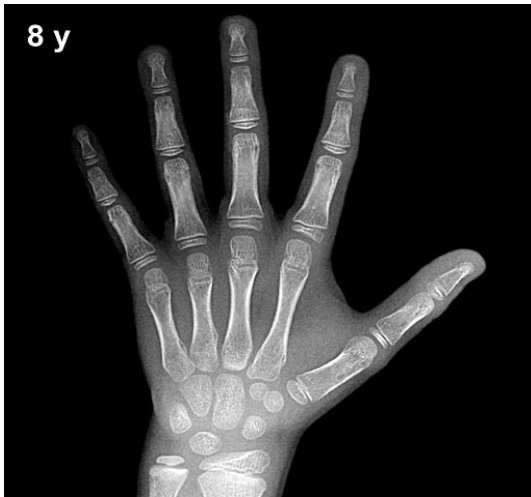
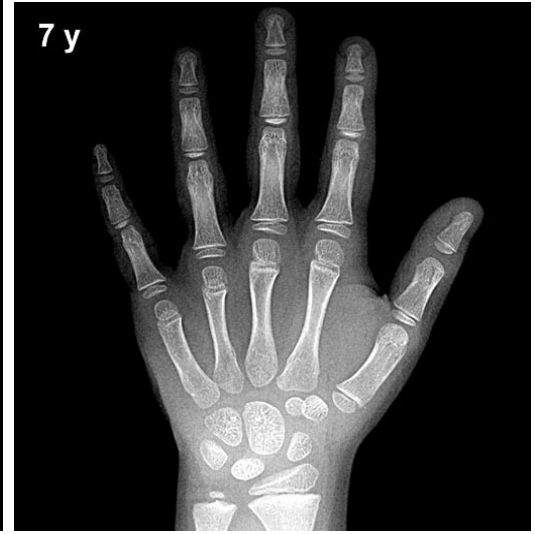
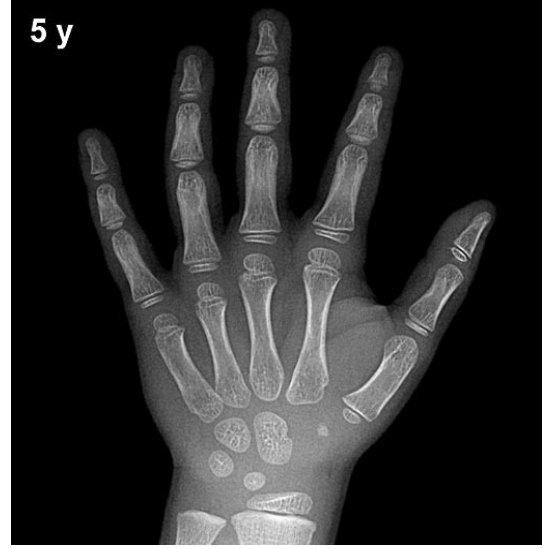
14. Yardımcı, A., ” Soft Computing in Medicine”, *Applied Soft Computing*, 9, 1029-1043 (2009).
15. Mamdani, E., “Application of fuzzy algorithms of simple dynamic plant”, *IEE Prociding*, 121, 1585-1588 (1974).
16. Gökalp, E. ve Boz, Y., “Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesinde Bulanık Mantık ve Geleneksel Yaklaşımların İrdelenmesi”, *TUJK 2004 Yılı Bilimsel Toplantısı Mühendislik Ölçmelerinde Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Zonguldak, 14-16 (2004).
17. Tosun, M. ve ark., “Rule-based Mamdani-type fuzzy modelling of thermal performance of multi-layer precast concrete panels used in residential buildings in Turkey”, *Expert Systems with Applications*, 38, 5553-5560 (2011).
18. Chi-Hsing, C. ve ark., ”A fully automatic computerized bone age assessment procedure based on phalange ossification analysis”, *16th IPPR Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Kinnmen China, 463-468 (2003).
19. Molinary L. ve ark., “TW3 bone age: RUS/CB and gender differences of percentiles for score and score increments”, *Annals of Human Biology*, 31, 421-425 (2004).
20. Gilsanz, V. ve Ratib, O., “Hand Bone Age” , *Springer*, 5-17 (2007).
21. Bocchi, L. ve ark., “An artificial neural network architecture for skeletal age assessment” *Proceedings of ICIP*, 1, 1077-1080 (2003).
22. Spampinato, C., “Skeletal bone age assesment” , *Proceedings of ICIP*, 1, 1077-1080 (2003).
23. Greulich, W.W. ve Pyle, S.I., “Radiographic atlas of skeletal development of hand and wrist”, *Stanford University Press*, 2nd edition, 1-220 (1971).
24. Tanner, J. M. ve Whitehouse, R. H., “Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 Method)”, *London Academic*, 22-53 (1975).
25. Büken, B. ve ark., “Comparison of the three age estimation methods: Which is more reliable for Turkish children?”, *Forensic Science International* 183, 1-7 (2009).

26. Yüzügüllü, S. ve ark., “Bölgemizde 2-24 ay arasındaki sağlıklı çocukların sol el-elbileği grafilinde kemiklerin olgunlaşma derecelerinin Greulich-Pyle iskelet gelişme atlasına göre uyumluluğunun karşılaştırılması”, *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 30:(2), 75-79 (2004).
27. Michael, D. ve Nelson, A., “Hand X: a model-based system for automatic segmentation of bones from digital hand radiographs”, *IEEE Transaction on medical Imaging* 8, 2-5 (1989).
28. Hasaltın, E. ve Beşdok, E., “El bilek röntgen görüntülerinden radyolojik kemik yaşı tespitinde yapay sinir ağlarının kullanımı”, *Kayseri Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-5 (2007).
29. Lin, P. ve ark., “X-ray carpal-bone image boundary feature analysis using region statistical feature based level set method for skeletal age assessment application”, *Optica Applicata*, 2, 1-5 (2005).
30. Lui, J. ve ark., “Automatic bone age assessment based on intelligent algorithms and comparison with TW3 method” *Computerized Medical Imaging and Graphics* 32, 678–684 (2008).
31. Haktan, M., “Computer asisted bone age assesment”, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü*, 1-65 (2005).
32. Srivastav, A. ve ark., “A study of wrist ossification for age estimation in pediatric group in central rajasthan”, *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*, 26:(4), 132-135 (2007).
33. Zhang, A. ve ark., “Automatic bone age assessment for young children from newborn to 7-year-old using carpal bones”, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 31, 299–310 (2007).
34. Pietka, E. ve ark., “Remotely accessible e-atlas for bone age assessment”, *International Congress Series*, 1281, 260-265 (2005).
35. İnternet : image processing ve informatic labs “*Computer-aided Bone Age Assessment of Children Using a Digital Hand Atlas*” <http://www.ipilab.org/Research/BAA/BAAindex.php> , (2010).

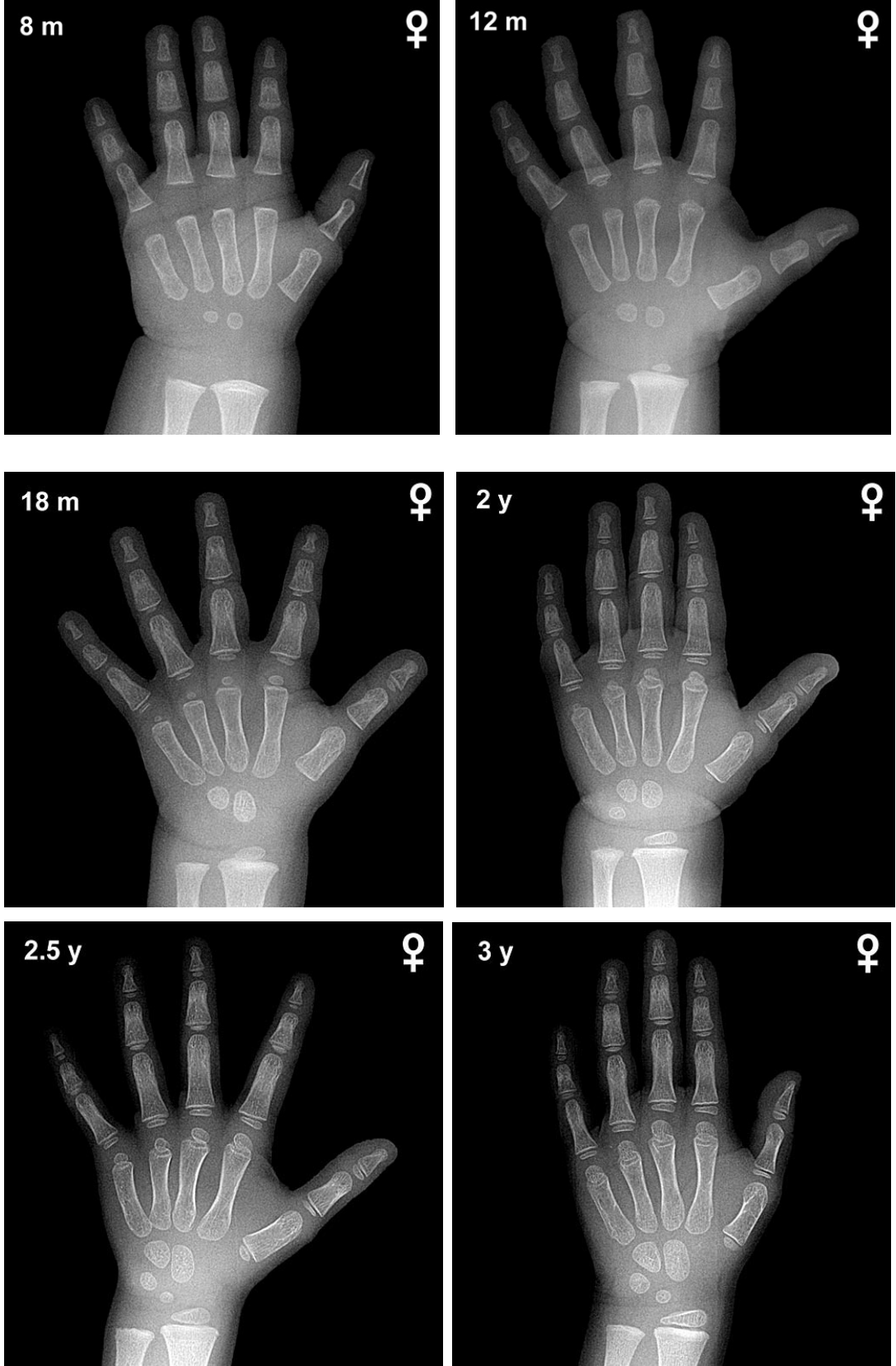
EK- 1. Referans görüntüler



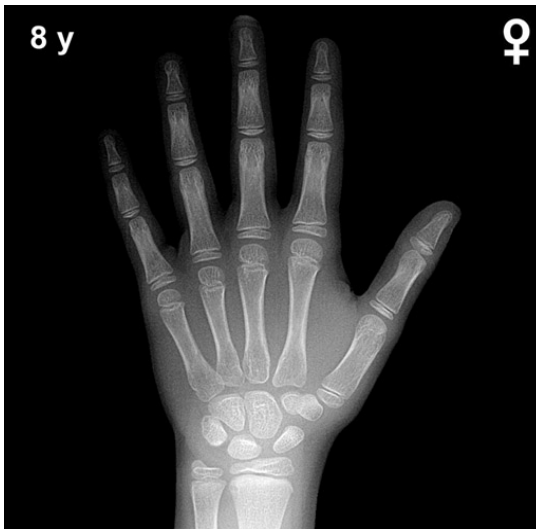
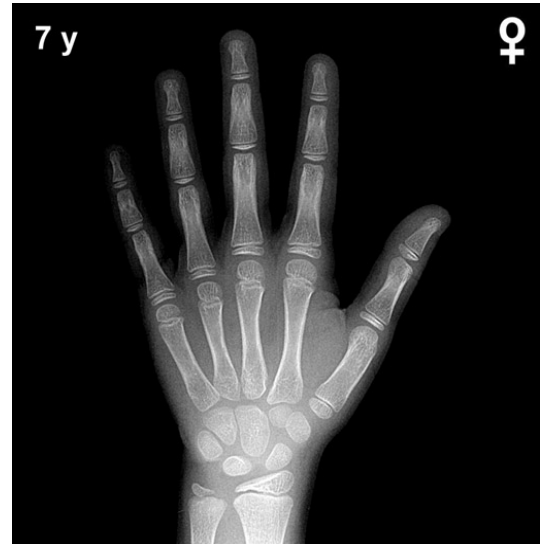
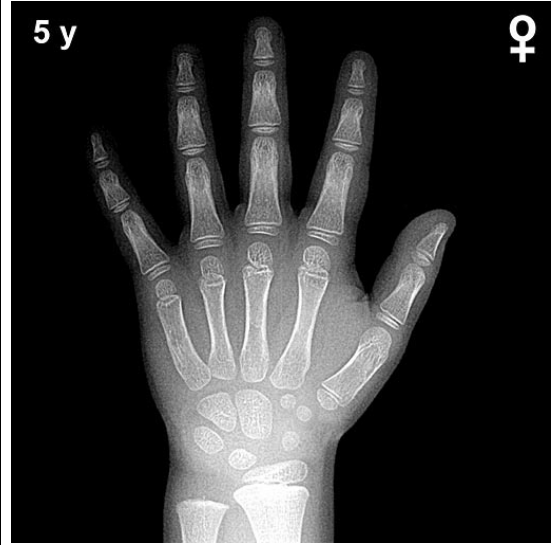
EK- 1(Devam). Referans görüntüler



EK- 1(Devam). Referans görüntüler



EK- 1(Devam). Referans görüntüler



EK-2. Bulanık sistem kodları (kız çocuklar için)

```
[System]
Name='bynkyaş'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=7
NumOutputs=1
NumRules=12
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='hm/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=12
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='0y_8ay': 'trimf', [-0.1 0 0.99]
MF3='8ay': 'trimf', [0 0.67 0.99]
MF4='1y': 'trimf', [0.5 0.92 0.99]
MF5='1.5y': 'trimf', [0.5 0.66 0.94]
MF6='2y': 'trimf', [0.66 0.76 0.92]
MF7='2.5y': 'trimf', [0.4 0.74 0.92]
MF8='3y': 'trimf', [0.4 0.74 0.92]
MF9='4y': 'trimf', [0.4 0.577 0.9]
MF10='5y': 'trimf', [0.4 0.732 0.88]
MF11='6y': 'trimf', [0.39 0.635 0.82]
MF12='7y': 'trimf', [0.39 0.65 0.78]

[Input2]
Name='tri/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=9
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='1.5_2y': 'trimf', [-0.1 0 0.366]
MF3='2y': 'trimf', [0 0.366 0.72]
MF4='2.5y': 'trimf', [0 0.336 0.66]
MF5='3y': 'trimf', [0 0.368 0.448]
MF6='4y': 'trimf', [0.1 0.288 0.47]
MF7='5y': 'trimf', [0.1 0.39 0.47]
MF8='6y': 'trimf', [0.18 0.33 0.49]
MF9='7y': 'trimf', [0.2 0.4 0.53]

[Input3]
Name='lun/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=8
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='2_2.5y': 'trimf', [-0.1 0 0.25]
MF3='2.5y': 'trimf', [0 0.19 0.32]
MF4='3y': 'trimf', [0 0.186 0.38]
MF5='4y': 'trimf', [0.02 0.18 0.38]
MF6='5y': 'trimf', [0.02 0.317 0.45]
MF7='6y': 'trimf', [0.15 0.276 0.45]
MF8='7y': 'trimf', [0.276 0.344 0.55]
```

EK-2(Devam). Bulanık sistem kodları (kız çocuklar için)

```
[Input4]
Name='scp/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=6
MF1='0y':'trapmf',[-1 -0.1 0 0]
MF2='3_4y':'trimf',[-0.1 0 0.21]
MF3='4y':'trimf',[0 0.05 0.317]
MF4='5y':'trimf',[0 0.17 0.37]
MF5='6y':'trimf',[0 0.2 0.45]
MF6='7y':'trimf',[0.1 0.36 0.6]

[Input5]
Name='trm/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=6
MF1='0y':'trapmf',[-1 -0.1 0 0]
MF2='3_4y':'trimf',[-0.1 0 0.4]
MF3='4y':'trimf',[0 0.05 0.4]
MF4='5y':'trimf',[0 0.17 0.38]
MF5='6y':'trimf',[0 0.2 0.48]
MF6='7y':'trimf',[0.14 0.37 0.58]

[Input6]
Name='trd/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=6
MF1='0y':'trapmf',[-1 -0.1 0 0]
MF2='3_4y':'trimf',[-0.1 0 0.25]
MF3='4y':'trimf',[0 0.09 0.28]
MF4='5y':'trimf',[0 0.14 0.3]
MF5='6y':'trimf',[-0.004 0.27 0.34]
MF6='7y':'trimf',[0 0.34 0.42]

[Input7]
Name='msor-cp'
Range=[0 0.1]
NumMFs=4
MF1='8ay':'trimf',[0.022 0.032 0.042]
MF2='1y':'trimf',[0.006 0.022 0.032]
MF3='1.5y':'trimf',[0.0006 0.006 0.022]
MF4='0y_8ay':'trimf',[0.005 0.023 0.05]

[Output1]
Name='output1'
Range=[0 8.5]
NumMFs=12
MF1='0y':'trapmf',[-1.286 -0.128 0 0]
MF2='8ay':'trimf',[0 0.66 1.32]
MF3='1y':'trimf',[0.5 1 1.76]
MF4='1.5y':'trimf',[1 1.5 2]
MF5='2y':'trimf',[1.5 2 2.5]
MF6='2.5y':'trimf',[2.5 3 3.5]
MF7='3y':'trimf',[2.247 3.247 4.257]
MF8='4y':'trimf',[3 4 5]
```

EK-2(Devam). Bulanık sistem kodları (kız çocuklar için)

```
MF9='5y': 'trimf', [4 5 7]
MF10='6y': 'trimf', [5 6 7.97]
MF11='7y': 'trimf', [6.77 7 9]
MF12='0_8ay': 'trimf', [-0.66 0 0.66]
```

```
[Rules]
1 1 1 1 1 1 0, 1 (1) : 1
2 1 1 1 1 1 4, 12 (1) : 1
3 1 1 1 1 1 1, 2 (1) : 1
4 1 1 1 1 1 2, 3 (1) : 1
5 2 1 1 1 1 3, 4 (1) : 1
6 3 2 1 1 1 0, 5 (1) : 1
7 4 3 1 1 1 0, 6 (1) : 1
8 5 4 2 2 2 0, 7 (1) : 1
9 6 5 3 3 3 0, 8 (1) : 1
10 7 6 4 4 4 0, 9 (1) : 1
11 8 7 5 5 5 0, 10 (1) : 1
12 9 8 6 6 6 0, 11 (1) : 1
```

EK-3. Bulanık sistem kodları (erkek çocuklar için)

```
[System]
Name='by_kyas'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=7
NumOutputs=1
NumRules=12
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='hm/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=12
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='0y_8ay': 'trimf', [-0.1 0 0.98]
MF3='8ay': 'trimf', [0 0.9 0.98]
MF4='1y': 'trimf', [0.5 0.736 0.99]
MF5='1.5y': 'trimf', [0.5 0.646 0.76]
MF6='2y': 'trimf', [0.53 0.726 0.92]
MF7='2.5y': 'trimf', [0.55 0.697 0.92]
MF8='3y': 'trimf', [0.55 0.768 0.92]
MF9='4y': 'trimf', [0.4 0.741 0.9]
MF10='5y': 'trimf', [0.4 0.61 0.88]
MF11='6y': 'trimf', [0.43 0.692 0.83]
MF12='7y': 'trimf', [0.38 0.58 0.85]

[Input2]
Name='tri/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=8
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='2_2.5y': 'trimf', [-0.1 -0.01 0]
MF3='2.5y': 'trimf', [-0.1 0 0.32]
MF4='3y': 'trimf', [0 0.18 0.418]
MF5='4y': 'trimf', [0.1 0.24 0.41]
MF6='5y': 'trimf', [0.23 0.32 0.42]
MF7='6y': 'trimf', [0.2 0.33 0.46]
MF8='7y': 'trimf', [0.2 0.336 0.49]

[Input3]
Name='lun/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=7
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='2.5_3y': 'trimf', [-0.1 0 0.19]
MF3='3y': 'trimf', [0 0.046 0.27]
MF4='4y': 'trimf', [0 0.17 0.35]
MF5='5y': 'trimf', [0.1 0.225 0.36]
MF6='6y': 'trimf', [0.2 0.26 0.356]
MF7='7y': 'trimf', [0.15 0.3 0.51]
```

EK-3(Devam). Bulanık sistem kodları (erkek çocuklar için)

```
[Input4]
Name='scp/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=4
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='5_6y': 'trimf', [-0.01 0 0.48]
MF3='6y': 'trimf', [0.01 0.14 0.324]
MF4='7y': 'trimf', [0.01 0.19 0.47]

[Input5]
Name='trm/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=4
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='5_6y': 'trimf', [-1 0 0.1]
MF3='6y': 'trimf', [0.03 0.152 0.39]
MF4='7y': 'trimf', [0.052 0.21 0.429]

[Input6]
Name='trd/cp'
Range=[0 1]
NumMFs=4
MF1='0y': 'trapmf', [-1 -0.1 0 0]
MF2='5_6y': 'trimf', [-0.1 0 0.2]
MF3='6y': 'trimf', [0.01 0.11 0.32]
MF4='7y': 'trimf', [0.1 0.173 0.34]

[Input7]
Name='msor-cp'
Range=[0 0.1]
NumMFs=6
MF1='8ay': 'trimf', [0.016 0.049 0.083]
MF2='1y': 'trimf', [0.011 0.025 0.05]
MF3='1.5': 'trimf', [0.008 0.011 0.025]
MF4='2y': 'trimf', [0.0027 0.008 0.017]
MF5='2.5y': 'trimf', [0.0012 0.005 0.01]
MF6='0_8ay': 'trimf', [0 0.05 0.07]

[Output1]
Name='output1'
Range=[0 8.5]
NumMFs=12
MF1='0y': 'trapmf', [-1.2 -0.16 0 0]
MF2='8ay': 'trimf', [0 0.66 1.32]
MF3='1y': 'trimf', [0.747 1.247 1.747]
MF4='1.5y': 'trimf', [1.14 1.81 2.394]
MF5='2y': 'trimf', [1.77 2.35 2.89]
MF6='2.5y': 'trimf', [1.96 2.55 2.96]
MF7='3y': 'trimf', [1.77 2.77 3.77]
MF8='4y': 'trimf', [3.69 4.69 5.77]
MF9='5y': 'trimf', [4.42 5.61 6.51]
```


EK-3(Devam). Bulanık sistem kodları (erkek çocuklar için)

```
MF10='6y': 'trimf', [4.62 5.822 6.89]
MF11='7y': 'trimf', [6.72 7.72 9.23]
MF12='0_8ay': 'trimf', [-0.66 0 0.66]
```

```
[Rules]
1 1 1 1 1 1 0, 1 (1) : 1
2 1 1 1 1 1 6, 12 (1) : 1
3 1 1 1 1 1 1, 2 (1) : 1
4 1 1 1 1 1 2, 3 (1) : 1
5 1 1 1 1 1 3, 4 (1) : 1
6 2 1 1 1 1 4, 5 (1) : 1
7 3 2 1 1 1 5, 6 (1) : 1
8 4 3 1 1 1 0, 7 (1) : 1
9 5 4 1 1 1 0, 8 (1) : 1
10 6 5 2 2 2 0, 9 (1) : 1
11 7 6 3 3 3 0, 10 (1) : 1
12 8 7 4 4 4 0, 11 (1) : 1
```

EK – 4. Kemik yaşı tespiti yazılımı kodları

```

function varargout = bone(varargin)
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @bone_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @bone_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before bone is made visible.
function bone_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
function varargout = bone_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function browse_Callback(hObject, eventdata, handles)
global file;
[file, pathname] = uigetfile( ...
{ '*.jpg','JPEG (*.jpg)'; ...
  '*.bmp','Windows Bitmap (*.bmp)'; ...
  '*.fig','Figures (*.fig)'; ...
  '.*', 'All Files (*.*)'}, ...
'Choose image(s) to be processed', ...
'MultiSelect', 'off');
set(handles.address, 'string', strcat(pathname, file));
address_Callback(hObject, eventdata, handles);
function address_Callback(hObject, eventdata, handles)
if isempty(get(handles.address, 'string'));
    set(handles.loadim1, 'enable', 'off');
else
    set(handles.loadim1, 'enable', 'on');
end;

function address_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function loadim1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global im1;

```

EK – 4(Devam). Kemik yaşı tespiti yazılımı kodları

```

filename= get (handles.address, 'string');
im1=imread(filename,'jpg');
axes(handles.axes1);
imshow(im1);
guidata(hObject, handles);
set (handles.zoom, 'enable', 'on');
set (handles.dpoly, 'enable', 'on');
function zoom_Callback(hObject, eventdata, handles)
global im1;
global im2;
global polys;
[x, y, BW, xi, yi] = roipoly;
maxx = round(max(xi));
minx = round(min(xi));
maxy = round(max(yi));
miny = round(min(yi));
im2 = im1(miny:maxy,minx:maxx);
[h 1] = size(im2);
polys=0;
polys(h,1)=0;
axes(handles.axes1);
imshow(im2);
guidata(hObject, handles);
function save_Callback(hObject, eventdata, handles)
global data;
global file;
global dd;
filename = get (handles.edit2, 'string');
cnt = str2double(get(handles.ee, 'string'));
if cnt ==1
info = {'No:', 'Dosya Adı', 'Cinsiyet', 'Ham/Cap', 'Tri/Cap',
'Lun/Cap', 'Scap/Cap', 'Trpzm/Cap', 'Trpzd/Cap', 'M(Cap-Ham)/Cap',
'Hesaplanan yaş'};
xlswrite(strcat(filename, '.xls'),info, 'Data', strcat('A',
num2str(cnt)));
end;
cnt=cnt+1;
xlswrite(strcat(filename, '.xls'),[cnt-1 0 0 dd], 'Data', strcat('A',
num2str(cnt)));
xlswrite(strcat(filename, '.xls'),{file}, 'Data', strcat('B',
num2str(cnt)));
if data(1)==1
xlswrite(strcat(filename, '.xls'),{'Erkek'}, 'Data', strcat('C',
num2str(cnt)));
else xlswrite(strcat(filename, '.xls'),{'Kız'}, 'Data', strcat('C',
num2str(cnt)));
end;
set (handles.ee, 'string', num2str(cnt));
set(handles.dpoly, 'enable', 'on');
set(handles.store, 'enable', 'on');
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))

```

EK – 4(Devam). Kemik yaşı tespiti yazılımı kodları

```

        set(hObject,'BackgroundColor','white');
    end
    function capitate_Callback(hObject, eventdata, handles)
    function hamate_Callback(hObject, eventdata, handles)
    function triquetral_Callback(hObject, eventdata, handles)
    function lunate_Callback(hObject, eventdata, handles)
    function scaphoid_Callback(hObject, eventdata, handles)
    function trapezium_Callback(hObject, eventdata, handles)
    function trapezoid_Callback(hObject, eventdata, handles)
    function dpoly_Callback(hObject, eventdata, handles)
    global data;
    global x;
    global y;
    nobone = get (handles.nobone, 'Value');
    axes(handles.axes1);
    if nobone==0
        [xx, yy, BW, xi, yi] = roipoly;
        hold on;
        hp = patch(xi,yi,[rand rand rand]);
        set(hp,'FaceAlpha',0.3)
        hold off;
        guidata(hObject, handles);
        area = sum(sum(BW));
    else if nobone==1
        area=0;
        xi = zeros(1,60);
        yi = zeros(1,60);
    end;
end;
ca = get (handles.capitate, 'Value');
ha = get (handles.hamate, 'Value');
tr = get (handles.triquetral, 'Value');
lu = get (handles.lunate, 'Value');
sc = get (handles.scaphoid, 'Value');
t2 = get (handles.trapezium, 'Value');
t3 = get (handles.trapezoid, 'Value');
data(1) = get (handles.m, 'Value'); %sex
x(7,60)=0;
y(7,60)=0;
if ca
    x(1,1:length(xi)) = xi;
    y(1,1:length(yi)) = yi;
    data(2) = area;
    set (handles.hamate, 'Value', 1);
else if ha
    x(2,1:length(xi)) = xi;
    y(2,1:length(yi)) = yi;
    data(3) = area;
    set (handles.triquetral, 'Value',1);
else if tr
    x(3,1:length(xi)) = xi;
    y(3,1:length(yi)) = yi;
    data(4) = area;
    set (handles.lunate, 'Value',1);
else if lu

```

EK – 4(Devam). Kemik yaşı tespiti yazılımı kodları

```

        x(4,1:length(xi)) = xi;
        y(4,1:length(yi)) = yi;
        data(5) = area;
        set(handles.scaphoid, 'Value',1);
    else if sc
        x(5,1:length(xi)) = xi;
        y(5,1:length(yi)) = yi;
        data(6) = area;
        set(handles.trapezium, 'Value',1);
    else if t2
        x(6,1:length(xi)) = xi;
        y(6,1:length(yi)) = yi;
        data(7) = area;
        set(handles.trapezoid, 'Value',1);
    else if t3
        x(7,1:length(xi)) = xi;
        y(7,1:length(yi)) = yi;
        data(8) = area;
    end;
end;
end;
end;
end;
end;
end;

function store_Callback(hObject, eventdata, handles)
global data;
global x;
global y;
global dd;

for n2=2:1:7
    d=inf*ones(60);
    for n1=1:60
        for n3=1:60
            if x(n2,n1) == 0 || y(n2,n1)==0 || x(1,n3)==0
                || y(1,n3)==0
            else
                d(n1,n3)=dist(x(n2,n1),y(n2,n1),x(1,n3),y(1,n3));
            end;
        end;
    end;
    data(n2+7)=min(min(d));
    if data(n2+7) == inf
        data(n2+7) = 0;
    end;
end;
x=0;
y=0;
fise=readfis('by_kyas.fis');
fisk=readfis('bynkyas.fis');
if data(2)==0
    dd=zeros(1,7);
else

```

EK – 4(Devam). Kemik yaşı tespiti yazılımı kodları

```

dd=[data(3)/data(2) data(4)/data(2) data(5)/data(2)
data(6)/data(2) data(7)/data(2) data(8)/data(2) data(9)/data(2)];
end;
if data(1)== 1
    out=evalfis(dd(1:7), fise);
else
    out=evalfis(dd(1:7), fisk);
end;
dd(8)=out;
alt=floor(2*out)/2;
set(handles.out1, 'string', strcat('Hesaplanan kemik yaşı:
',num2str(out)));
set(handles.out2, 'string', strcat(num2str(alt), ' -
',num2str(alt+0.5), ' yaş aralığındadır'));
set(handles.capitate, 'Value', 1);
save_Callback(hObject, eventdata, handles);
function k = dist(x1,y1,x2,y2)
k=sqrt((x1-x2)^2+(y1-y2)^2);
function nobone_Callback(hObject, eventdata, handles)

if get(handles.nobone, 'Value')
    set(handles.dpoly, 'string', 'Uygula');
else
    set(handles.dpoly, 'string', 'Poligon Çiz');
end;
function sex_Callback(hObject, eventdata, handles)
function sex_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function f_Callback(hObject, eventdata, handles)
function m_Callback(hObject, eventdata, handles)
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
function checkbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function ee_Callback(hObject, eventdata, handles)
function ee_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YILMAZ, Yasin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 30.05.1981 Çorum
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 481 50 91
e-mail : yyilmaz@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /BE Bilgisayar Eğitimi	2011
Lisans	Gazi Üniversitesi/ BÖTE	2007
Lise	Kırıkkale Fen Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-	Özel Sektör	Bilgi Teknolojileri

Yabancı Dil

İngilizce