T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KORONER KALP HASTALIĞI RİSKİ TANISI VE TEDAVİSİ İÇİN HİYERARŞİK BİR BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI

Serhat TORUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

Konya, 2007

T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KORONER KALP HASTALIĞI RİSKİ TANISI VE TEDAVİSİ İÇİN HİYERARŞİK BİR BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI

SERHAT TORUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez 05/11/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir

Prof.Dr.Novruz ALLAHVERDİ	Doç.Dr.Hakan IŞIK	Yrd.Doç.Dr.Mehmet ÇUNKAŞ
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KORONER KALP HASTALIĞI RİSKİ TANISI VE TEDAVİSİ İÇİN HİYERARŞİK BİR BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI

Serhat TORUN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof.Dr.Novruz ALAHVERDİ

2007, 108 Sayfa

Jüri : Prof.Dr.Novruz ALLAHVERDİ

Doç.Dr.Hakan IŞIK

Yrd.Doç.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

Bu çalışmanın amacı hastanın 10 yıllık CHD (coronary heart disease-koroner kalp hastalığı) riskini belirlemek için bir bulanık uzman sistem tasarlamaktır. Tasarlanmış sistem kullanıcıya risk oranını verir ve normal yaşam; diyet; ilaç tedavilerinden birini kullanmayı önerir. Tasarlanmış sistemin belirlemiş olduğu risk oranı literatürdeki veriler ile karşılaştırılmış ve tasarlanan sistemde daha iyi sonuçlar gözlemlenmiştir. Sistem, CHD risk belirlemede varolan metotlar için bir alternatif olarak görülebilir.

Anahtar kelimeler: Koroner Kalp Hastalığı Riski, Bulanık Uzman Sistem, Kolesterol

ABSTRACT

Master Thesis

DESIGN OF A HYRARCHICAL FUZZY EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS AND THERAPHY OF CORONARY HEART DISEASE RISK

Serhat TORUN

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Departman of Electronic and Computer Systems

Supervisor : Prof.Dr.Novruz ALAHVERDİ

2007, 108 page

Jury : Prof.Dr.Novruz ALLAHVERDİ

Assoc.Prof.Dr.Hakan IŞIK

Assist.Prof.Dr.Mehmet ÇUNKAŞ

The aim of this study is to design a Fuzzy Expert System to determine coronary heart disease (CHD) risk of patient for the next ten-years. The designed system gives the ratio of the risk to user and may recommend using one of three results; (1) normal live; (2) diet; (3) drug treatment. The data (risk ratio) obtained from designed system are compared with the data in the literature and better results are observed in the designed system. The system can be viewed as an alternative for existing methods to determine CHD risk.

Key words: Coronary Heart Disease Risk, Fuzzy Expert System, Cholesterol

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında bana sabırları ile destek veren eşim Pelin hanım olmak üzere değerli hocam Prof.Dr.Novruz ALLAHVERDİ'ye, Öğr.Gör.İsmail SARITAŞ'a ve Meram tıp fakültesi dahili tıp bilimleri bölümü kardiyoloji anabilim dalı öğretim üyelerinden Doç.Dr.Mehmet TOKAÇ'a sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1
1.1. Tezin Organizasyonu 3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi 5
1.3. Kaynak Araştırması 6
2. BULANIK KÜME TEORİSİ 9
2.1. Bulanık Küme Matematiğine Giriş 9
2.2. Klasik Küme 9
2.3. Klasik Kümelerde Temel Küme İşlemleri 11
2.3.1. Kümelerde eleman kavramı 11
2.3.2. İki kümenin birleşimi 12
2.3.3. İki kümenin kesişimi 12
2.3.4. Bir kümenin tümleyeni 12
2.4. Klasik Kümelerde Diğer Özellikler 13
2.4.1. Değişme özelliği 13
2.4.2. Birleşme özelliği 13
2.4.3. Dağılma özelliği 13
2.4.4. Çift negatiflik özelliği 13
2.4.5. De Morgan kuralı 13
2.4.6. Tekrarlama kuralı 14
2.5. Bulanık Kümeler 14
2.5.1. Bulanık kümelerde tanımlama yöntemleri 14
2.5.1.1. Sıralı ikili ile gösterim yöntemi 14
2.5.1.2. Toplam formunda gösterim yöntemi 15
2.5.2. Üyelik fonksiyonları 15
2.5.2.1. Üçgen üyelik fonksiyonu 15
2.5.2.2. Yamuk üyelik fonksiyonu 16
2.5.2.3. S üyelik fonksiyonu 17
2.5.2.4. Çan eğrisi üyelik fonksiyonu ($\prod$) 18
2.5.3. Bulanık kümelere ilişkin temel kavramlar 18
2.5.3.1. Dilsel ifadeler 18
2.5.3.2. Bulanık kümenin desteği 19
2.5.3.3. Bulanık kümenin çekirdeği 19
2.5.3.4. Bulanık kümenin normalitesi 19
2.5.3.5. Bulanık kümenin geçiş noktaları 20
2.5.3.6. α-düzeyli bulanık küme 20
2.5.4. Bulanık kümelerde temel küme işlemleri 20
2.5.4.1. İki bulanık kümenin kesişimi 21
2.5.4.2. İki bulanık kümenin birleşimi 21
2.5.4.3. Bir bulanık kümenin tümleyeni 22
3. BULANIK KONTROL 24
3.1. Bulanıklaştırma 24
3.2. Kural ve Veritabanı 25
3.3. Çıkarım Mekanizması 28
3.4. Durulaştırma 30

3.4.1. Maksimum metodu 30
3.4.1.1. Maksimum ortası metodu 31
3.4.1.2. Sol kenar noktası metodu 31
3.4.1.3. Sağ kenar noktası metodu 32
3.4.2. Ağırlık merkezi metodu 32
3.5. Bulanık Kontrol Uygulamaları 33
3.6. Uzman Sistemler 35
3.7. Bulanık Uzman Sistemler 36
4. KORONER KALP HASTALIĞI RİSKİNİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR BULANIK UZMAN SİSTEMİN TASARIMI 39
4.1. Koroner Kalp Hastalığı Risk Faktörleri 39
4.2. Bulanık Uzman Sistemin Çalışma Prensibi 43
4.2.1. Tasarlanan ara yüzün tanıtılması 48
4.2.2. Örnek uygulamalar 49
4.2.2.1. Örnek uygulama 1 49
4.2.2.2. Örnek uygulama 2 54
4.2.2.3. Örnek uygulama 3 56
4.2.2.4. Örnek uygulama 4 57
4.2.2.5. Örnek uygulama 5 58
4.3. Bir Grup Hasta İçin Uygulama Sonuçları 59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 75
KAYNAKLAR 78

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Kümelerin şema ile gösterimi 10
Şekil 2.2 *E* evrensel kümesi ve buna ait bir *A* alt kümesinin gösterimi 11
Şekil 2.3 Üçgen Üyelik fonksiyonunun gösterimi 16
Şekil 2.4 Yamuk Üyelik fonksiyonunun gösterimi 17
Şekil 2.5 S Üyelik fonksiyonunun gösterimi 17
Şekil 2.6 Çan Üyelik Fonksiyonunun gösterimi 18
Şekil 2.7 Dilsel ifadelerin gösterilişi 19
Şekil 2.8 Bulanık kümede geçiş noktaları, çekirdek ve desteğin gösterimi 20
Şekil 2.9 İki bulanık kümenin kesişimi 21
Şekil 2.10 İki bulanık kümenin birleşimi 22
Şekil 2.11 Bir bulanık kümenin tümleyeni 22
Şekil 3.1 Bulanık kontrolün blok şeması 24
Şekil 3.2 Bulanıklaştırma işlemi 25
Şekil 3.3 EĞER-O HALDE kavramı 26
Şekil 3.4 AZ ve ÇOK Üyelik fonksiyonu 27
Şekil 3.5 Giriş değerlerinin bulanıklaştırılması 29
Şekil 3.6 MAX-MIN metodunun grafiksel olarak gösterilmesi 29
Şekil 3.7 Çıkarım işleminin şematik gösterimi 30
Şekil 3.8 Maksimum ortası çıkartım metodunun gösterimi 31
Şekil 3.9 Maksimum sol kenar noktası metodunun gösterimi 32
Şekil 3.10 Maksimum sağ kenar noktası metodunun gösterimi 32
Şekil 3.11 Ağırlık merkezi metodunun gösterimi 33
Şekil 4.1 Hiyerarşik Bulanık Uzman Sistem 44
Şekil 4.2 Yaş üyelik fonksiyonu 45
Şekil 4.3 Total kolesterol üyelik fonksiyonu 45
Şekil 4.4 HDL-C üyelik fonksiyonu 46
Şekil 4.5 Kan basıncı üyelik fonksiyonu 46
Şekil 4.6 CHD risk üyelik fonksiyonu 47
Şekil 4.7 Tasarlanan ara yüz 49
Şekil 4.8 Sigara kullanmayan Erkek bir hatanın CHD risk hesabı 50
Şekil 4.9 Çıkarım ve durulaştırma işlemi 51

Şekil 4.10 Hesaplanacak alanların ağırlık merkezleri 51
Şekil 4.11 Hesapalanan ağırlık merkezi 54
Şekil 4.12 Sigara kullanan erkek bir hastanın CHD risk hesabı 55
Şekil 4.13 Çıkarım ve durulaştırma işlemi 55
Şekil 4.14 Sigara kullanmayan kadın bir hastanın CHD risk hesabı 56
Şekil 4.15 Çıkarım ve durulaştırma işlemi 57
Şekil 4.16 Sigara kullanan kadın bir hatanın CHD risk hesabı 57
Şekil 4.17 Çıkarım ve durulaştırma işlemi 58
Şekil 4.18 Kalp hastası olan erkek bir hastanın tedavi durumu 59
Şekil 4.19 2+ risk faktörü olan sigara içmeyen erkek hastalara ait CHD riski 64
Şekil 4.20 2+ risk faktörü olan sigara içen erkek hastalara ait CHD riski 64
Şekil 4.21 2+ risk faktörü olan sigara içmeyen kadın hastalara ait CHD riski 67
Şekil 4.22 2+ risk faktörü olan sigara içen kadın hastalara ait CHD riski 67
Şekil 4.23 Sigara içmeyen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk 70
Şekil 4.24 Sigara içen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk... 70
Şekil 4.25 Sigara içmeyen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk 73
Şekil 4.26 Sigara içmeyen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk 73

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 *A* bulanık kümesinin gösterimi 15
Tablo 3.1 Çıkartım metotları (Erkan 1999)..... 28
Tablo 3.2 Bulanık kontrolün endüstriyel uygulamaları (Elmas 2003)..... 34
Tablo 3.3 Bulanık kontrolün görsel-işitsel aygıt uygulamaları (Elmas 2003). 34
Tablo 3.4 Bulanık kontrolün ev aletleri uygulamaları (Elmas 2003). 34
Tablo 3.5 Bulanık kontrolün ulaşım araçları uygulamaları (Elmas 2003)..... 35
Tablo 3.6 Bulanık kontrolün finansal uygulamaları (Elmas 2003)..... 35
Tablo 4.1 LDL-C, Toplam Kolesterol, HDL-C sınır değerleri (NCEP 2001). 40
Tablo 4.2 Farklı risk kategorileri için LDL-C'e göre tedavi durumları..... 40
Tablo 4.3 2+ risk faktörüne göre sigara içmeyen erkek hastalar için CHD risk..... 62
Tablo 4.4 2+ risk faktörüne göre sigara içen erkek hastalar için CHD risk..... 63
Tablo 4.5 2+ risk faktörüne göre sigara içmeyen kadın hastalar için CHD risk..... 65
Tablo 4.6 2+ risk faktörüne göre sigara içen kadın hastalar için CHD risk..... 66
Tablo 4.7 Sigara içmeyen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk 68
Tablo 4.8 Sigara içen erkek hatalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk 69
Tablo 4.9 Sigara içmeyen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk 71
Tablo 4.10 Sigara içen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk .. 72

SİMGELER ve KISALTMALAR

μ_A	A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\overline{A}$	A'nın tümleyeni
μ_B	B bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
μ_C	C bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}$	x'in A bulanık kümesindeki üyelik derecesi
%	Yüzde
$\cup$	Birleşim
[ ]	Matris
μ	Üyelik derecesi
$\mu_{çokyüksek}$	Çok yüksek bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\mu_{düşük}$	Düşük bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\mu_{genç}$	Genç bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
μ_{orta}	Otra bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\mu_{ortayaşlı}$	Orta yaşlı bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\mu_{yaşlı}$	Yaşlı bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\mu_{yüksek}$	Yüksek bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
A∪B	A ve B kümelerinin birleşimi
A∪B	A ve B kümesinin kesişimi
E	Evrensel küme
e∈ A	e, A kümesinin bir elemanı
∫	İntegral
∩	Kesişim
∑	Toplam
x∈ N	x, Doğal sayılar kümesinin bir elemanı
X_A	A kümesinin karakteristik fonksiyonu
ATP III	Adult Treatment Panel III
BUS	Bulanık Uzman Sistem
CHD	Coronary Heart Disease – Koroner Kalp Hastalığı

HDL-C	High-Density Lipoprotein Cholesterol-Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
LDL-C	Low-Density Lipoprotein Cholesterol-Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
MAX	Maksimum
MIN	Minimum
NCEP	National Cholesterol Eduation Programme
TG	Tryglyserid
TLC	Therapeutic Lifestyle Changes
US	Uzman Sistem

1. GİRİŞ

Bulanık mantık günlük yaşantımızda kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız yapıya ulaşmamızı sağlayan matematiksel bir disiplindir. Bulanık mantığın temelini bulanık küme oluşturur. Bulanık küme bildiğimiz klasik kümenin biraz daha geliştirilmiş bir şeklidir. Klasik kümelerde bir eleman ya kümeye aittir yada değildir. İnsan davranışlarına baktığımızda bu davranışları klasik kümede yorumlamak mümkün olmamaktadır. Örneğin hızlı ve yavaş kavramlarının yanında orta hızlı, çok yavaş yada çok hızlı gibi ara kavramlarda oluşmaktadır. Bu yüzden bu ara değerlerini de içerecek yani insan davranış ve düşüncelerini yorumlayacak ve kapsayacak bir matematiksel ifadelendirmeye ihtiyaç vardır. Bu "Bulanık Küme" teorisiyle çözülebilir.

Bulanık kümeler bulanık sistemlerin en temel elemanlarıdır. Bulanık bir küme, değişik üyelik derecelerine sahip elemanları olan bir küme türüdür. Bu kümelerde her bir eleman 0 ile 1 arasında bir değer alır. Bulanık kümelerle ilgili ilk açıklamaya, 1965'de Lotfi A Zadeh'in yayınlamış olduğu bir makalede yer verilmiştir (Erkan 1999). Kümeye dahil olan elemanların durumu 1, dahil olamayan elemanların durumu 0 ve kümeye belirli bir derece kadar bağlı olan elemanların durumları ise 0-1 arasında değer alan sayılarla ifade edilmektedir. Kesin kümelerde ise eleman kümeye ya dahildir (yani 1) yada dahil değildir (yani 0).

Örneğin 20 ^{o}C sıcaklık klasik kümeye göre ya sıcaktır yada sıcak değildir. Bulanık kümeye göre ise bu sıcaklık ait olduğu kümede belirli bir üyelik derecesine sahiptir. Şöyle ki; 20 ^{0}C sıcak kümesi için 0.2 iken ılık kümesinde bu değer 0.8 olabilir.

Bulanık mantık, Berkeley üniversitesi öğretim üyelerinden aslen Azerbaycanlı Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh'in "Information and Control" dergisinde yayımlanan "Fuzzy Sets "(Bulanık Kümeler) (1965) makalesiyle ortaya çıkmıştır. 1966 yılında Bulanık Mantık Bell Laboratuarları Dr. Peter Marinos tarafından kurulmuştur. 1972 yılında Mamdani bulanık mantık temelli uzman sistemle bir buhar türbininin hızını ve performansının çok başarılı bir şekilde kontrol edebileceğini göstermiştir. Bulanık mantık teorisinin ilk önemli uygulaması 1980 yılında Danimarka da ki bir çimento

fabrikasında gerçekleştirilmiş, çimento harmanlama işlemi içinde çok hassas bir denge ile oranlanması gereken sıcaklık ve oksijen ayarı en uygun bir biçimde yapılmıştır. Başka bir uygulama Hitachi firması tarafından 1987 yılında Sendai Metrosunda gerçekleştirilmiş ve trenin istenen konumda durması 3 kat iyileştirilmiş, kullanılan enerji %10 oranında azaltılmıştır. 1987'de Yamaichi Securities firmasının geliştirdiği bulanık mantık temelli bir uzman sistem yine 1987 yılının Ekim ayındaki "Kara Pazartesi" adı verilen büyük ekonomik çöküşü 18 gün önceden haber verebilmiştir (Erkan 1999).

Günümüzde bir çok alanda kullanılan ve kullanıldığı alanda güvenilir, hızlı ve hassas sonuçlar veren bulanık mantık ve uzman sistem uygulamaları hızla yaygınlaşmaktadır. Tıbbın birçok alanında bulanık mantıklı yaklaşımlar kullanılmış ve geliştirilmiştir. Örneğin prostat kanseri riskinin gelişiminin bulanık uzman sistem ile hesaplanması sağlanmıştır(Sarıtaş ve ark. 2003). Diğer bir uygulama sedimantasyon ve prostata özel antijen gibi kronik bağırsak hastalığı belirtilerinde kullanılan ilaçların dozajının bulanık uzman sistemler ile tasarımı gerçekleştirilmiştir (Allahverdi ve ark. 2006). Bir başka çalışma da bulanık uzman sistem yardımıyla erkek iktidarsızlığının teşhis ve tedavisi belirlenmiştir (Koutsojannis ve Hatzilygeroudis 2004).

Neredeyse her alanda kullanılan bu sistem, koroner kalp hastalarının ileriye dönük 10 yıllık riskinin hesaplanması; bu risk ve hastanın diğer verilerine göre uygulanacak olan tedavinin belirlenmesinde oldukça hassas sonuçlar üretmesi beklenmektedir. Bilindiği gibi hastanın ileriye dönük 10 yıllık riski Framingham Point Scores verileri ile hesaplanabilmektedir. Ancak bu yapı ile hastanın kolesterol, kan basıncı, yaşı vb. verileri ile belirli bir puan karşılığına karşılık gelen riski belirlenmekte olup kesin değerler içermektedir. Oysaki hastanın bu verileri kesin değerler olarak belirlenmelidir. Bulanık mantık olarak bahsedilen kısım bu kesin verileri bulanıklaştırarak (dilsel ifadelere dönüştürerek) insan oğlunun düşünce sistemine eş bir uygulama geliştirerek sonucun daha hassas olmasını sağlamakta ve uzman bir kişinin bu değerleri yorumlayarak hastaya uygulanması gereken tedavi belirlenmektedir.

Hiyerarşik sistem koroner kalp hastalığı riskini belirleyecek ve hastanın LDL (Low Density Lipoprotein-Düşük Yoğunluklu Lipoprotein) kolesterolünün

durumuna göre hastaya ilaç, diyet veya normal yaşam tedavisinden herhangi birinin uygulanmasını tavsiye edecektir.

1.1. Tezin Organizasyonu

Birinci bölümde bulanık mantık ile ilgili temel bilgiler verilmektedir. Bulanık mantık ile klasik mantık arasındaki benzerlik ve farklardan bahsedilmektedir. Bulanık kümelerin özellikleri ve üyelik fonksiyonları ele alınmaktadır.

İkinci bölümde bulanık kontrol, uzman sistemler, bulanık uzman sistemler ve bulanık kontrolün uygulama alanlarından bahsedilmektedir. Giriş verilerinin bulanıklaştırılması, kural tabanı, çıkarım mekanizması ve durulaştırma konularına değinilmektedir. Bir çok çıkarım ve durulaştırma metodu olmasına karşın yaygın olarak kullanılan Mamdani çıkarım metodu ve centroid durulaştırma metotları hakkında geniş bilgiye yer verilmektedir. Bu konular bir örnek üzerinde açıklanmaktadır.

Üçüncü bölümde koroner kalp hastalığı riskinin tanısı ve tedavisinin hiyerarşik bir bulanık uzman sistem ile belirlenmesi sağlanmaktadır. Risk hesabı yapılmadan önce risk faktörlerinden bahsedilmektedir. NCEP'in yayımlamış olduğu web sitesinde risk hesabı yapılabilmektedir. Sonuçlar tasarlanan sistem ile kıyaslanmaktadır. 5 farklı hasta için risk hesabı ve tedavi şekli hesaplanmakta ve 20 hasta için risk hesaplanması yapılmaktadır. Bu 20 hasta 2+ risk grubunda olan hastalar olarak kabul edilmiştir. NCEP'in hesaplamış olduğu ve BUS'in hesaplamış olduğu risk değerleri karşılaştırılmaktadır. Riskin hesaplanması ve tedavinin nasıl belirlendiği aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

Hastaya ait aşağıdaki veriler baz alınarak hastanın 10 yıllık CHD (Coronary Heart Disease-Koroner Kalp Hastalığı) riski belirlenmiştir. Bu riski belirleyebilmek için aşağıdaki veriler kullanılmıştır:

1- Hastanın Yaşı
2- Hastanın Kolesterol değeri
3- Hastanın LDL-Kolesterol değeri
4- Hastanın HDL-Kolesterol değeri
5- Hastanın Büyük ve küçük tansiyonu

6- Hastanın Sigara kullanımı
7- Hastanın Şeker hastası olup olmadığı
8- Ailede erken CHD
9- Hastanın Trigiliserit değeri
10- Hastanın Kalp Hastalığının olup olmadığı
11- Hastanın Diyabet hastası olup olmadığı

Bu veriler ışığında Framingham Point Scores tıbbi veri tabanı olarak yaygın kullanılan bir tablodan hastanın 10 yıllık riski hesaplanabilmektedir. Ancak bu hesaplama Bulanık Uzman Sistem kullanılarak yapılmakta ve sonuçlar yorumlanmaktadır. Sistemin bulanık kısmı için giriş değerleri Kolesterol, HDL (High Density Lipoprotein-Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein) kolesterol, Kan Basıncı ve Yaş tır. Çıkış risk olarak belirlenmiştir. Bulanık kısmı oluşturulurken hastanın cinsiyet ve sigara kullanımı dikkate alınmış ve 4 farklı bulanık sistem oluşturulmuştur. Bu guruplar aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

1- Erkek-Sigara kullanmıyor
2- Erkek-Sigara kullanıyor
3- Kadın-Sigara kullanmıyor
4- Kadın-Sigara kullanıyor

Hiyerarşik sistem girişine uygulanacak olan veriler yukarda verilmiş olan 11 adet değerdir. Çıkış olarak hastanın ileriye dönük risk yüzdesine göre hastanın LDL kolesterol seviyesi de göz önüne alınarak hastanın teşhis ve tedavisi belirlenmektedir. Teşhis işleminde hastanın 10 yıllık riski,

1- Çok Düşük
2- Düşük
3- Orta
4- Yüksek
5- Çok Yüksek

olarak belirlenmekte ve her bir risk kategorisinde hastanın LDL'sine göre hastaya hangi tedavi gerekiyorsa (diyet yada ilaç veya ilaç+diyet) ilgili tedavi belirlenmektedir. Hastanın riski yanında hastada diğer risk faktörleri varsa bunlarda dikkate alınmaktadır.

Framingham Point Scores verileri, NCEP (**National Cholesterol Education Program)** tarafından yayımlanan ATP III Adult Treatment Panel III) raporundan alınmıştır. Hastanın risk yüzdesine göre LDL'sinin durumu ve hastalığın tanı ve tedavisi hakkında bu rapor çok geniş bir bilgiye yer vermektedir. Çalışmalarda bu rapordan yararlanılmaktadır.

Bulanık uzman sistem tasarımı için 1.73 Ghz işlemcili 512 MB RAM, 60 GB harddisk ve 128 Mb ekran kartı olan bir Notebook ve programlama dili olarak da Visual Basic 5.0 kullanılmıştır. CHD risk değeri Matlab programı kullanılarak da hesaplanmakta ve bulanık uzman sistemin hesapladığı sonuçlar ile karşılaştırılmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Çalışmanın amacı, hastanın ileriye dönük 10 yıllık risk durumuna göre koroner kalp hastalığının tanısı ve tedavisinin yapılması için hiyerarşik yapılı bir bulanık uzman sistemin tasarlanmasıdır.

Hastaların ileriye dönük 10 yıllık riski belirlenirken çeşitli hesaplama tabloları kullanılmakta ve hasta hangi riske karşılık geliyorsa hastaya ona yönelik teşhis ve tedavi uygulanmaktadır. Fakat bir çok durumlarda bu teşhis ve tedavi çok da hassas yapılamamaktadır. Bundan dolayı teşhis ve tedaviyi daha hassas yapabilmek amacıyla hiyerarşik bir bulanık uzman sistem tasarlanması ve uygulanması öngörülmektedir.

Hastaya ait bilgiler çok önem taşıdığından ileriye dönük 10 yıllık riskinin çok iyi bir şekilde hesaplanması gerekir. Bulanık Uzman sistem sayesinde hastanın riski daha hassas olarak belirlenebilir. Tabii ki bu sistemin tasarımı esnasında uzman bir kardiyolog'a danışılmakta ve uzmandan alınan veriler bulanıklaştırılmakta ve bu bulanıklaştırılan veriler sistemin bilgi tabanını oluşturmaktadır. Bir kardiyolog hastaya ait veriler ışığında hastanın 10 yıllık riskini belirlemekte ve risk durumuna göre hastaya diyet yada ilaç tedavisi uygulamaktadır. Uzmanın önerdiği tanı ve tedavi yöntemleri bulanık uzman sistemin yapısına oturtulacak ve bu sistemin çalışması uzman doktorun sonuçlarıyla hem karşılaştırmaya hem de yorumlamaya olanak tanıyacaktır.

1.3. Kaynak Araştırması

Erkan K (1999) tez çalışmasında bulanık mantık ile doğru akım motor kontrolünün incelenmesini yapmıştır. Bu çalışmada bulanık kümeler ve özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca bulanık kontrolden bahsedilmiş ve DC motorun bulanık kontrol ile kontrolü sağlanmıştır.

Allahverdi N (2002) kitabında uzman sistemler hakkında oldukça geniş bir bilgi vermiştir. Bulanık mantık ve yapay sinir ağlarının uzman sistemler ile ilişkisinden bahsedilmiştir.

Elmas Ç (2003) kitabında bulanık mantık ile ilgili temel bilgilere yer verilmiştir, Ayrıca bulanık mantık denetleyici sistemler örnekleri ile açıklanmıştır. Çıkarım ve durulaştırma metotlarından bahsedilmiş ve sinirsel bulanık mantık denetleyicilere yer verilmiştir.

NCEP (2001) yayınlamış olduğu rapor ile koroner kalp hastalığı riskinin ve tedavisinin belirlenmesi için yeni yöntemleri ortaya koymuştur . Yayınlamış olduğu bu raporun adına ATP III denilmektedir. Bu raporda CHD riskinin hesaplanmasında kullanılan risk faktörlerinden ve bu risk faktörlerine bağlı olarak oluşacak olan riskin ve tedavinin neye göre yapılacağından söz edilmiştir. Ayrıca kendi web sitesinde çevrimiçi olarak risk hesaplanmasını gerçekleştirmiştir. Bu tez çalışmasında bu rapordan faydalanılmıştır.

Şen Z. (2004) kitabında bulanık mantık ile ilgili temel bilgilere yer vermiştir. Örnek uygulamalar ile bulanık kontrolden bahsedilmiştir.

Allahverdi, Sarıtaş, Özkan, Argındoğan (2006) yayınlamış oldukları makalede sedimantasyon ve prostata özel antijen gibi Kronik Bağırsak hastalığı belirtilerinde kullanılan ilaçların dozajının bulanık uzman sistemler ile tasarımı gerçekleştirilmiştir. 10 hastanın verileri kullanılarak uygun ilaç dozajı belirlenmiştir. Doktor tarafından belirlenen dozajlar ile aynı hastaların sonuçları karşılaştırılmıştır.Sonuç olarak, ilaç dozajını belirlemede hekimlere yardımcı olmak için sistemin negatif etkileri minimize ettiği veya kaldırdığı görülmüştür.

Sarıtaş, Allahverdi, Sert (2003) yayınlamış oldukları makalede prostat kanseri hastalığının teşhisi, analizi ve öğrenme amacı için bir bulanık uzman sistem tasarımı tanımlanmıştır. Bu çalışmada giriş parametreleri olarak Prostat seviyesi (PV) yaş ve prostata özgü antijen (PSA), çıkış parametresi olarak da prostat kanser riski (PCR) kullanılmıştır. Eğer biyopsiye ihtiyaç varsa bu sistem bunu belirlemeyi sağlar ve kanser riskinin bir aralığını kullanıcıya verir. Bu sistemin geleneksel tedavi sistemlerinden daha risksiz, ekonomik ve hızlı olduğu ayrıca yüksek bir güvenirliğe sahip olduğu ve tıp öğrencileri için öğretim sistemi olarak kullanılabilir olduğu gözlenmiştir.

Koutsojannis ve Hatzilygeroudis (2004) yayınladıkları makalede erkek iktidarsızlığı hastalığının teşhis ve tedavisi için bulanık bir uzman sistem tasarımı gerçekleştirmişleridir. Çalışmalar ve deney sonuçları göstermiştir ki tasarlanan sistem uzman olmayan bir ürolojiciden oldukça iyi, uzman olan bir ürolojici olarak da yaklaşık %79 seviyesindedir.

Schuster, Adamson, Bell (1999) yayınlamış oldukları makalede uzman sistemleri kullanarak kalp hastalığı riskini hesaplamışlardır. Hastaya ait LDL ve Cholesterol değerleri bulanıklaştırılmış ve uzman sistem yardımıyla risk tanımlanmaya çalışılmıştır. 166 adet hastaya ait verilere göre uzman doktor ve sistemin belirlediği risk değerleri karşılaştırılmıştır.

CHD (Coronary Heart Disease-Koroner Kalp Hastalığı) riskini etkileyen kolesterol, aniden gelen ölüm ve miyokard enfarktüsü (kalp kasının tıkanıklığı) için temel risk faktörlerinden birisi olarak tanımlanmıştır (Schuster ve ark. 1999). Kliniksel bir kan testinde öncelikle total kolesterol seviyesinin ne olduğu öğrenilir. Eğer total kolesterol çok yüksek ise buna ek olarak LDL (Low Density Lipoprotein-Düşük Yoğunluklu Lipoprotein) ve HDL (High Density Lipoprotein-Yüksek Yoğunlukulu Lipoprotein) kolesterol ölçümleri gerekir (Slyper 1994). Ayrıca Total/HDL ve LDL/HDL oranları önemlidir çünkü bu oranlar CHD riskinin belirlenmesinde Total kolesterolden daha çok fayda sağlarlar (Dubitzky ve ark. 1997). Biz CHD risk hesabını yaparken NCEP'in 2001 yılında yayınlamış olduğu en son rapor olan ATP III raporundan yararlanacağız.

Tasarlayacağımız sistemde LDL kolesterol değeri bulanıklaştırma işleminde kullanılmayacaktır. Bunun birinci sebebi NCEP'in resmi web sitesinde risk hesaplamasında LDL kolesterol değeri kullanmamıştır. İkinci sebep ise bulanık uzman sistemlerde kural sayısının genelde 100'ü aşmaması istenir. Bizim kural sayımız 108 olduğu için LDL kolesterol de hesaba katılacak olsaydı 5 dilsel değişken ile ifade edilirdi buda kural sayısının 540 olmasına sebeb olurdu. Ancak ilaç tedavisinde LDL kolesterol değeri oldukça önemlidir. Koroner kalp hastalığı ve LDL arasında bir bağlantı vardır. Yukarıda verilen kaynak araştırmalarında bulanık uzman sistemin kullanıldığı çalışmalarda oldukça başarılı sonuçlar gözlemlenmiştir. Bizim tasarlayacağımız sistemde de aynı başarılı sonuçlar almayı beklemekteyiz.

2. BULANIK KÜME TEORİSİ

Birbirinden keskin farklılık gösteren iki durumla tasvir edilen Boole mantığı, bir takım durumlarda kullanılamamaktadır. Tam ve kesin olmayan bilgelere dayanarak tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan düşünme ve karar verme mekanizması bulanık mantık olarak adlandırılır (Allahverdi 2002).

2.1. Bulanık Küme Matematiğine Giriş

Bulanık Mantık'ta klasik mantıktaki gibi 0 ve 1 mantığı yoktur, günlük yaşantıda kullandığımız daha esnek bir yaklaşım vardır(Tuncer, 1999). Klasik kümeler Bulanık kontrolün temelini oluşturduğu için öncelikle klasik küme teorisinin incelenmesi gerekmektedir.

2.2. Klasik Küme

Bir küme, küme elemanı olarak adlandırılan nesnelerin birleşiminden meydana gelen topluluktur. Bir kümenin elemanlarının kendi aralarında herhangi bir bağıntı olabileceği gibi, bir bağıntı bulunmayabilir. Klasik kümelerin belirlenmesi için belirli temsil yöntemleri ortaya konulmuştur ve bu yöntemler aşağıdaki gibi incelenebilir.

Listeleme yöntemi :

Sınırlı sayıda elemanı bulunan (sonlu bir eleman sayısı olan) kümeler olarak tanımlanabilir. Örnek olarak;

$A=\{Elma,\ Armut,\ Muz\}$ (2.1)

$B=\{1, 2, 3, x, y, k\}$ (2.2)

Ortak özellik (genelleme) yöntemi:

Bu yöntem ortak özelliğe sahip elemanların çeşitli bağıntısal anlatım ifadeleri kullanılarak gösterimini sağlar.

$A=\{x \in N \mid x<7\}$ (2.3)

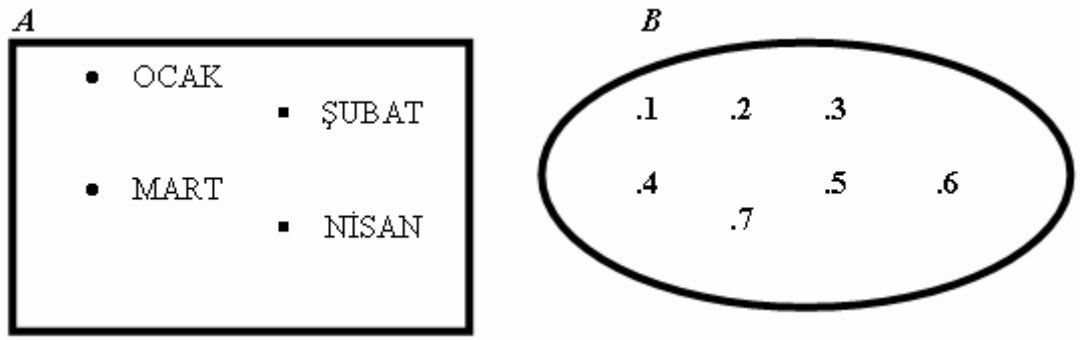
(*A* kümesi 7'den küçük doğal sayıları eleman olarak içeren kümedir.)

$A=\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ (2.4)

$B=\{x \in N \mid x>3 \wedge x<10\}$ (2.5)

Şema ile gösterim yöntemi:

Küme elemanlarının kapalı geometrik şekilde ifade edildiği gösterim biçimidir. Şema ile gösterim Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Kümelerin şema ile gösterimi

Karakteristik fonksiyon ile gösterim şekli:

Belirli bir *E* evrensel kümesinde tanımlanan bir *A* kümesine ait karakteristik fonksiyon *E*'nin herhangi bir elemanı için eğer o eleman *A* kümesine ait ise karakteristik fonksiyon "1" değerini alır ve eğer o eleman *A* kümesine ait değilse "0" değerini alır.

A kümesi *E* evrensel kümesinde tanımlı olmak üzere *A* kümesinin karakteristik fonksiyonu X_A aşağıdaki şekilde ifade edilebilir,

$X_A: A \rightarrow \{1,0\}$ (2.6)

$$X_A(e)=\begin{cases}1 & e \in A \\ 0 & e \notin A\end{cases} \quad (2.7)$$

Örneğin;

E={tam sayılar kümesi} (2.8)

$A=\{e \in E \mid e \leq 8\ e \geq 3\}$ (2.9)

$X_A(11)=0$, $X_A(4)=1$ (2.10)

$$X_A(e)=\begin{cases}1 & 3 \geq e \geq 8 \\ 0 & e \geq 9 \wedge e \leq 2\end{cases} \quad (2.11)$$

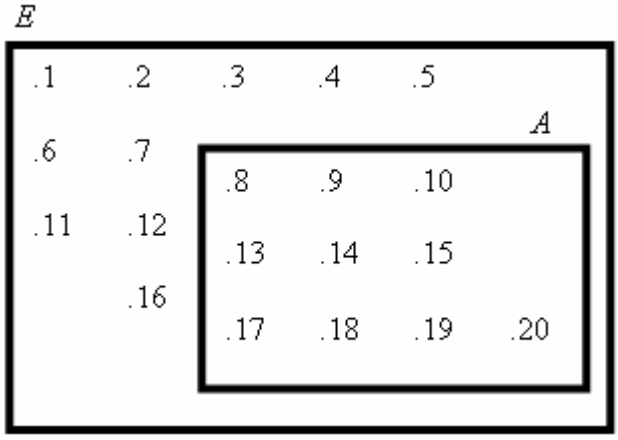
Bu gösterim şekli klasik kümelerden daha çok bulanık kümelerde kullanılır. Bulanık kümelerde karakteristik fonksiyon üyelik fonksiyonuna karşılık gelir.

2.3. Klasik Kümelerde Temel Küme İşlemleri

Bir küme üzerinde işlem yaparken elemanlar belirli bir kümeden alınır. Göz önüne alacağımız bütün elemanları kapsayan kümeye "evrensel küme" denir. Böylece işlemlerde kullanacağımız tüm kümeler evrensel kümenin alt kümeleri olmuş olur. Biz bu kısımda klasik kümelere ilişkin kavramları ele alacağız ve örneklerle ifade edeceğiz.

2.3.1. Kümelerde eleman kavramı

Şekil 2.2 de E evrensel küme olarak gösterilmiş ve A kümesi ise E'nin alt kümesi olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.2 E evrensel kümesi ve buna ait bir A alt kümesinin gösterimi

Özel bir uygulamayla (konuşma evreni) ilgili bütün elemanları kapsayan küme, evrensel küme olarak tanımlanır. Evrensel olmayan bir küme alt kümedir (İbrahim 2005).

Bir eleman A kümesine ait ise $e \in A$ şeklinde, eğer ait değilse $e \notin A$ şeklinde ifade edilir.

Bütün klasik küme işlemlerinin bir küme ile gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Dolayısıyla başka bir kümenin de tanımlanmasına ihtiyaç vardır.

$E=\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ,11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20\}$ (2.12)

$A=\{8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20\}$ (2.13)

$B=\{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 18, 20\}$ (2.14)

gibi kümeler tanımlanabilir. Böylece küme işlemlerini yukarıda tanımlanan A ve B kümelerini kullanarak gerçekleştirebiliriz.

2.3.2. İki kümenin birleşimi

İki kümenin birleşimi "$\cup$" işareti ile ifade edilir.

$A \cup B=\{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20\}$ (2.15)

2.3.3. İki kümenin kesişimi

iki kümenin kesişimi "$\cap$" işareti ile ifade edilir.

$A \cap B=\{8, 9, 10, 15, 18, 20\}$ (2.16)

2.3.4. Bir kümenin tümleyeni

Bir kümede belirli elemanlar sınır dışı bırakılmak istenirse, bu tümleme işlemi ile gerçekleştirilir. A'nın tümleyen kümesi öyle elemanlardan meydana gelir ki A kümesinin dışındaki elemanlardır. A kümesi için tümleyen işlemi A' yada $\overline{A}$ işaretiyle ifade edilebilir. Buna göre A'nın tümleyeni;

$\overline{A}=\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 16\}$ (2.17)

olacaktır.

2.4. Klasik Kümelerde Diğer Özellikler

2.4.1. Değişme özelliği

$$A \cup B = B \cup A \tag{2.18}$$

$$A \cap B = B \cap A \tag{2.19}$$

2.4.2. Birleşme özelliği

$$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C \tag{2.20}$$

$$A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C \tag{2.21}$$

2.4.3. Dağılma özelliği

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C) \tag{2.22}$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \tag{2.23}$$

2.4.4. Çift negatiflik özelliği

$$A = \overline{\overline{A}} \tag{2.24}$$

2.4.5. De Morgan kuralı

$$\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B} \tag{2.25}$$

$$\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B} \tag{2.26}$$

2.4.6. Tekrarlama kuralı

$$A \cup A = A \tag{2.27}$$

$$A \cap A = A \tag{2.28}$$

2.5. Bulanık Kümeler

2.5.1. Bulanık kümelerde tanımlama yöntemleri

Klasik kümeler karakteristik fonksiyonlarla ifade edilmelerine karşılık bulanık kümelerde ise üyelik fonksiyonu ile tanımlama söz konusudur. Üyelik fonksiyonları ise verilen kümelerin elemanları için çeşitli üyelik dereceleri içeren fonksiyonlardan ibarettir.

2.5.1.1. Sıralı ikili ile gösterim yöntemi

X genellikle x ile gösterilen evrensel küme olmak üzere, X üzerinde tanımlanan A bulanık kümesi sıralı ikililerden oluşan bir küme olarak ifade edilebilir.

$$X=\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \ldots\ldots x_n\} \tag{2.29}$$

$$A=\{(x \mid \mu_{A(x)}) \mid x \in X\} \tag{2.30}$$

Bu gösterimde birinci kısım elemanı, ikinci kısım ise elamanın üyelik derecesini ifade eder.

$$X=\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \tag{2.31}$$

sonlu bir domen olmak üzere;

A bulanık kümesi ise

$$A=\{(1, 0.1), (2, 0.3), (3, 0.9), (4, 1.0), (5, 0.8), (6, 0.6), (7, 0.3)\} \tag{2.32}$$

A bulanık kümesi Tablo 2.1 de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 *A* bulanık kümesinin gösterimi

X	1	2	3	4	5	6	7
$\mu_A(x)$	0.1	0.3	0.9	1.0	0.8	0.6	0.3

2.5.1.2. Toplam formunda gösterim yöntemi

X bir evrensel küme ve *A* ise bu küme üzerinde tanımlanan bir bulanık küme olmak üzere;

X'in sonlu bir küme olması durumunda

$$X=\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \ldots\ldots, x_n\} \tag{2.23}$$

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \tag{2.24}$$

şeklinde ifade edilir.

X'in sürekli olması durumunda

$$A = \int_x \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \tag{2.25}$$

şeklinde olur.

Bu yöntemde "/" ve "+" işaretleri matematiksel bir anlam ifade etmez. Sadece bulanık kümelerin gösteriminde kullanılan notasyonlardan ibarettir.

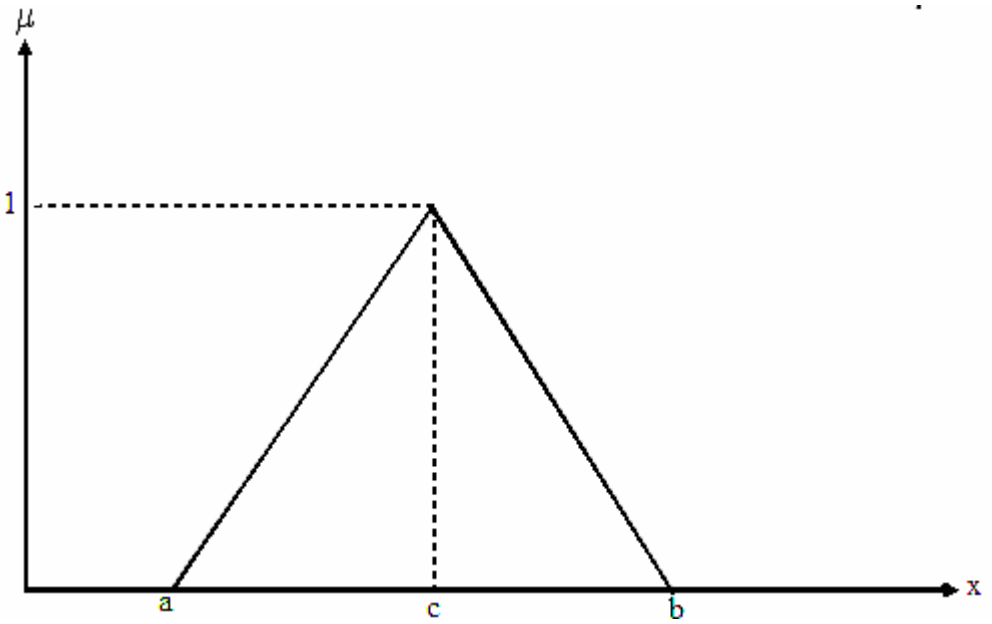
2.5.2. Üyelik fonksiyonları

Bulanık mantık tasarımında bir çok üyelik fonksiyonu şekilleri mevcuttur. Bu üyelik fonksiyonlarından hangisinin kullanılacağı ele alınan duruma göre değişecektir. Şimdi kullanılabilecek üyelik fonksiyonlarına göz atalım.

2.5.2.1. Üçgen üyelik fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu grafiksel olarak Şekil 2.3 ile ifade edilir.

$$\mu(x;a,b,c)=\begin{cases}0 & x\langle a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a\le x\le b \\ \dfrac{c-x}{c-b} & b\le x\le c \\ 0 & x\rangle b\end{cases} \tag{2.26}$$



Şekil 2.3 Üçgen Üyelik fonksiyonunun gösterimi

2.5.2.2. Yamuk üyelik fonksiyonu

$$\mu(x;a,b,c,d)=\begin{cases}0 & x\langle a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a\le x\langle b \\ 1 & b\le x\le c \\ \dfrac{c-x}{c-b} & c\langle x\le d \\ 0 & x\rangle d\end{cases} \tag{2.27}$$

Yamuk üyelik fonksiyonu grafiksel olarak Şekil 2.4 ile ifade edilir.

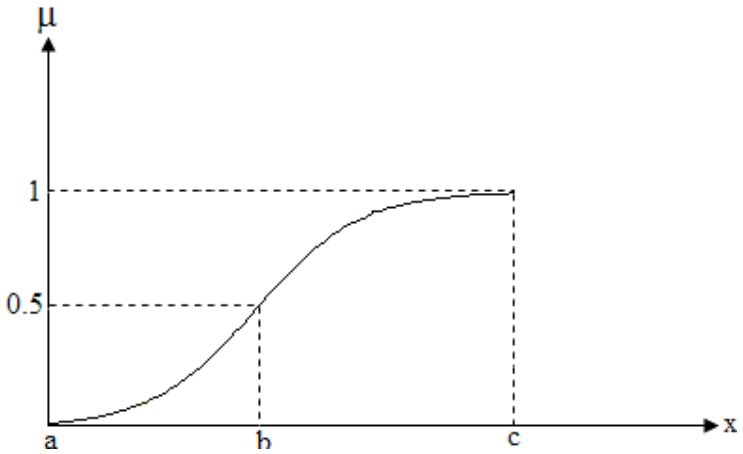


Şekil 2.4 Yamuk Üyelik fonksiyonunun gösterimi

2.5.2.3. S üyelik fonksiyonu

$$\mu(x;a,b,c)=\begin{cases}0 & x\langle a \\ 2\left(\dfrac{x-a}{b-a}\right)^2 & a\le x\le b \\ 1-2\left(\dfrac{x-c}{c-a}\right)^2 & b\le x\le c \\ 1 & x\rangle c\end{cases} \qquad (2.29)$$

S üyelik fonksiyonu grafiksel olarak Şekil 2.5 ile ifade edilir.

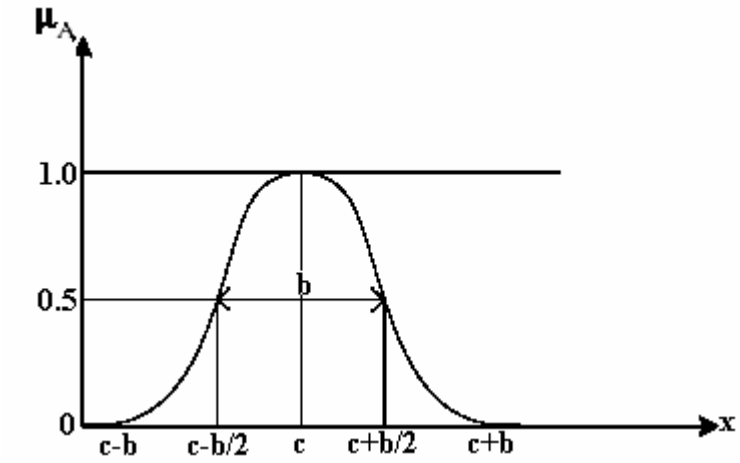


Şekil 2.5 S Üyelik fonksiyonunun gösterimi

2.5.2.4. Çan eğrisi üyelik fonksiyonu ($\prod$)

$$\Pi(x;b,c)=\begin{cases} S(x,c-b,c-b/2,c & x\le c \\ 1-S(x,c,c+b/2,c+b & x\ge c \end{cases} \tag{2.30}$$

Çan eğrisi üyelik fonksiyonu grafiksel olarak Şekil 2.6 ile ifade edilir.



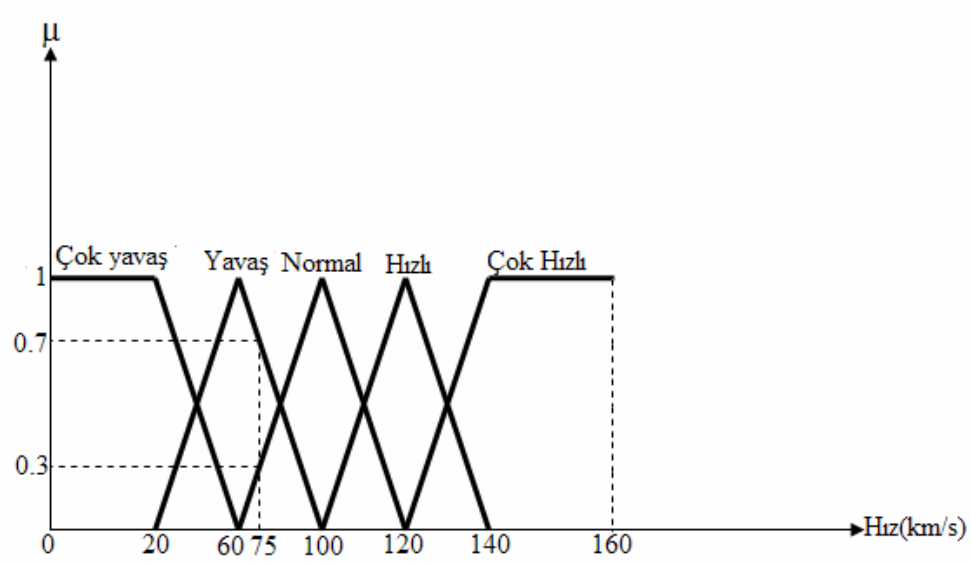
Şekil 2.6 Çan Üyelik Fonksiyonunun gösterimi

2.5.3. Bulanık kümelere ilişkin temel kavramlar

2.5.3.1. Dilsel ifadeler

Bulanık kümelere ait en önemli dilsel ifadeler "dilsel değişken" ve "dilsel değerler" kavramlarıdır.

Şekil 2.7'de bir araca ait hız ifade edilmiştir. Burada hız kelimesi [0,160] km/s sayısal değerlerini içeren bir dilsel değişkendir. Üyelik fonksiyonlarının üzerinde yazılı değerler ise dilsel değerlerdir. Şekil 2.7'de 70 km/s'lik değer hem Normal hız hemde Yavaş hız üyelik fonksiyonlarını keser ve bu üyelik fonksiyonlarına belirli bir üyelik derecesi ile katılır. Burada yapılan işlem aslında bulanıklaştırma işlemidir.



Şekil 2.7 Dilsel ifadelerin gösterilişi

2.5.3.2. Bulanık kümenin desteği

Bir bulanık kümede üyelik dereceleri 0'dan büyük olan bütün noktalara o kümenin desteği denir.

$Destek(A)=\{x \mid \mu_A(x) > 0\}$ (2.31)

olarak ifade edilir.

2.5.3.3. Bulanık kümenin çekirdeği

Bir bulanık kümede üyelik dereceleri 1'e eşit olan bütün noktalarının kümesine o kümenin çekirdeği denir.

$Çekirdek(A)=\{x \mid \mu_A(x)=1\}$ (2.32)

olarak ifade edilir

2.5.3.4. Bulanık kümenin normalitesi

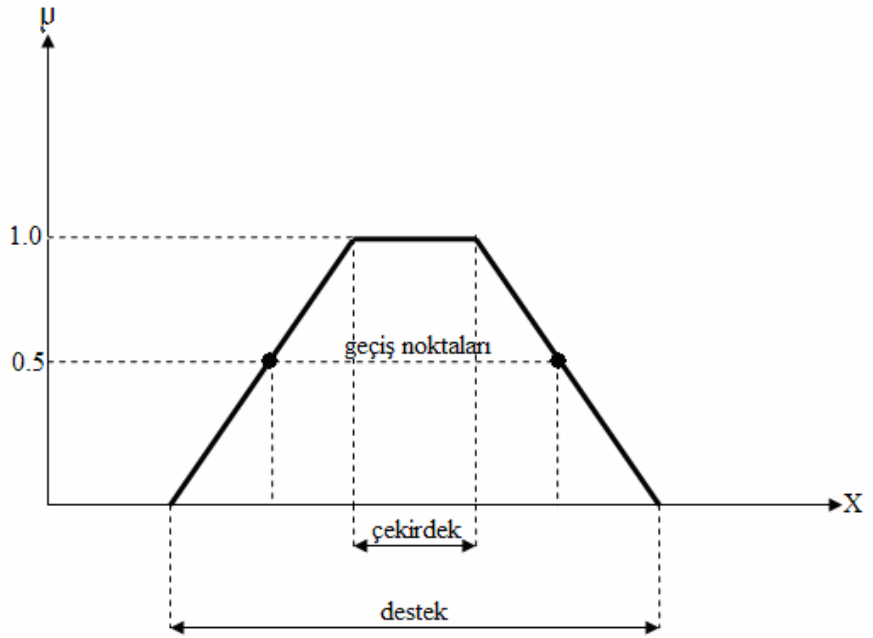
Bir bulanık kümenin çekirdeğini oluşturan küme boş küme değilse bu kümeye "normal bulanık küme" denir.

$x \in X \Rightarrow$ en azından bir x elemanı için $\mu_A(x)=1$ olmalıdır.

2.5.3.5. Bulanık kümenin geçiş noktaları

Bir bulanık kümede üyelik derecesi 0.5 olan noktalara bir bulanık kümenin Geçiş noktaları denir. Bulanık bir kümede geçiş noktaları Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

$$Geçiş(A)=\{x \mid \mu_A(x)=0.5\} \quad (2.33)$$



Şekil 2.8 Bulanık kümede geçiş noktaları, çekirdek ve desteğin gösterimi

2.5.3.6. α-düzeyli bulanık küme

Bir bulanık kümede α üyelik derecesinden büyük ve buna eşit üyelik derecelerine sahip düzeye "α-kesimi" yada "α-düzeyli" bulanık küme adı verilir. Eğer α üyelik derecesinden tamamen büyüklük söz konusu ise yani $\alpha < \mu_A(x)$ durumu geçerli ise elde edilen kümeye "güçlü α-kesimi" yada "güçlü α-düzeyli" bulanık küme adı verilir.

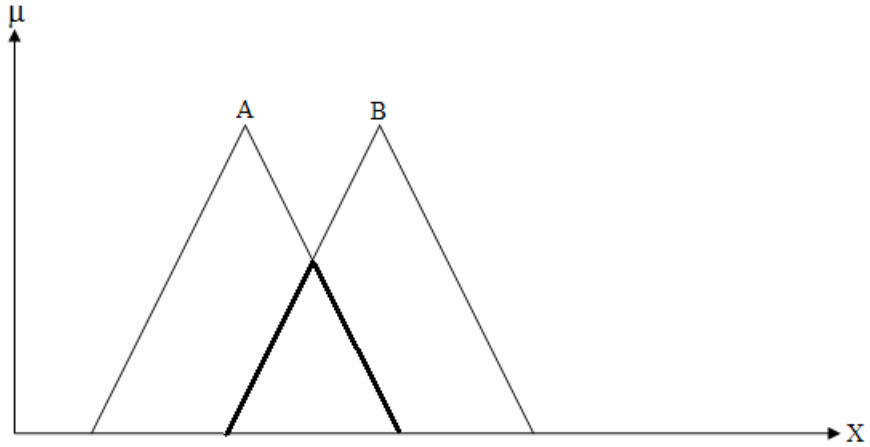
2.5.4. Bulanık kümelerde temel küme işlemleri

Klasik kümelerde olduğu gibi bulanık kümelerde de bir takım işlemlerden bahsetmek mümkündür. Bulanık bir kümede üyelik fonksiyonları oldukça önemlidir.

Dolayısıyla bulanık kümelerde kullanılan temel küme işlemelerinin en önemli öğeleri üyelik fonksiyonlarıdır.

2.5.4.1. İki bulanık kümenin kesişimi

Şekil 2.9'da iki bulanık kümenin kesişimi görülmektedir.



Şekil 2.9 İki bulanık kümenin kesişimi

A, *B* ve *C* bulanık kümeler olmak üzere *A* ve *B* bulanık kümelerinin kesişimi;

$$C=A\cap B\Rightarrow\mu_C(x)=min\{\mu_A(x),\ \mu_B(x)\}\rightarrow x\in X \quad (2.34)$$

olarak ifade edilir.

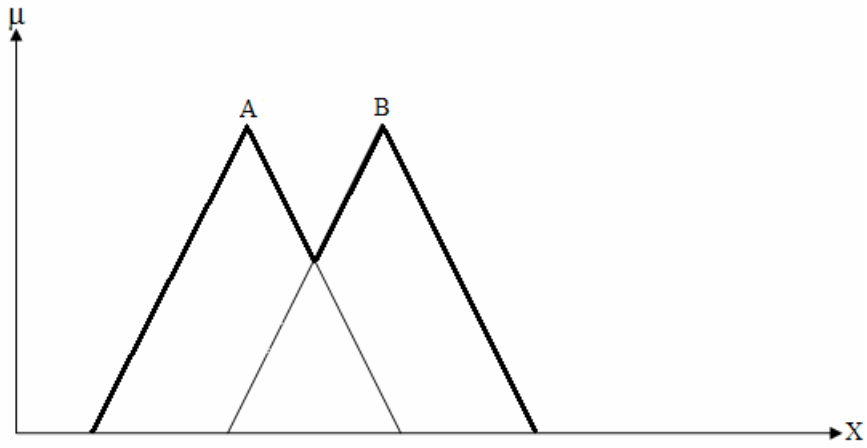
2.5.4.2. İki bulanık kümenin birleşimi

A, *B* ve *C* bulanık kümeler olmak üzere *A* ve *B* bulanık kümelerinin birleşimi;

$$C=A\cup B\Rightarrow\mu_C(x)=max\{\mu_A(x),\ \mu_B(x)\}\rightarrow x\in X \quad (2.35)$$

olarak ifade edilir.

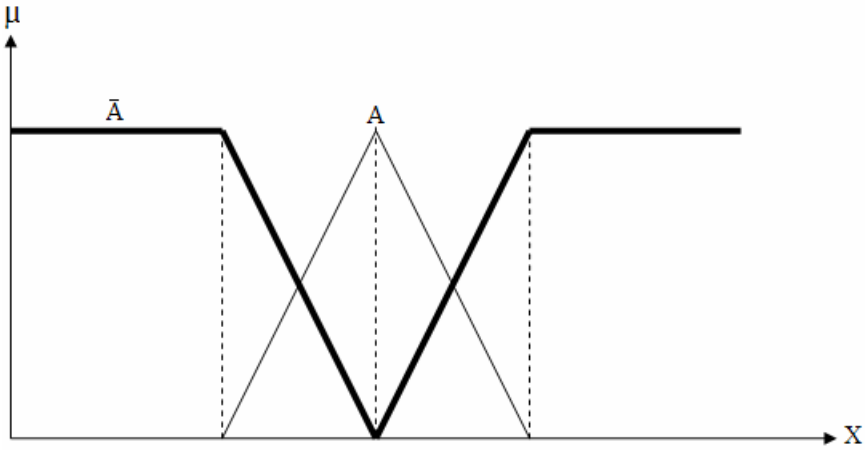
Şekil 2.10'da iki bulanık kümenin birleşimi görülmektedir.



Şekil 2.10 İki bulanık kümenin birleşimi

2.5.4.3. Bir bulanık kümenin tümleyeni

Şekil 2.11'de bir bulanık kümenin tümleyeni grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Bir bulanık kümenin tümleyeni

A bulanık bir küme olmak üzere;

A'ya ait elemanların üyelik derecelerinin 1'den çıkarılmasıyla elde edilen kümeye *A* bulanık kümesinin tümleyeni denir.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \rightarrow x \in X \tag{2.36}$$

Bu bölümde bulanık mantık ile ilgili temel bilgilere yer verilmiştir. Bulanık küme ile klasik küme arasındaki farklardan bahsedilmiştir. Bulanık kümeye

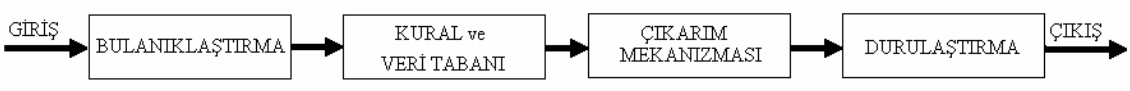
oluşturan üyelik fonksiyonlarından ve bulanık kümelere ait özelliklerden bahsedilmiştir.

3. BULANIK KONTROL

Bir sistemin kontrol edilmesinde sistemi tanımlayan matematiksel modelin iyi seçilmesi o sistemin kontrolü için oldukça önemlidir. Ancak bazı sistemlerin matematiksel modellerinin elde edilmesi oldukça zor olabilmektedir. Bu gibi durumlarda klasik kontrol sistemlerinin kullanılması mümkün olamamaktadır. Böyle bir sisteminin kontrolü gerektiğinde, eğer mümkünse, matematiksel modele ihtiyaç duymayan uzun süre bu işle uğraşmış bir insanın kullanılması uygun bir çözümdür. İnsanın işlerini kolaylaştıracak elemanlarla donatılmış bir sistemde insan duyu organlarını kullanarak, içgüdülerine güvenerek gerekli kontrol işaretinin üretilmesini bir denetleyici maharetiyle gerçekleştirebilir. İnsan yerine insan gibi hareket eden bir denetleyicinin koyulması mümkün olabilmektedir. Bu denetleyici sisteme bulanık mantık diyebiliriz (Erkan 1999).

Kontrol sisteminde bulanık kontrolün kullanılmasına karar vermeden önce sistemi iyice incelemek ve neden bulanık mantık kullanıldığına karar vermek gerekmektedir. İkinci aşamada nasıl bir bulanık denetleyici kullanılacağına karar vermek gerekmektedir.

Bir kontrol sisteminde yer alan bulanık kontrol kısmı Şekil 3.1'de görülmektedir.



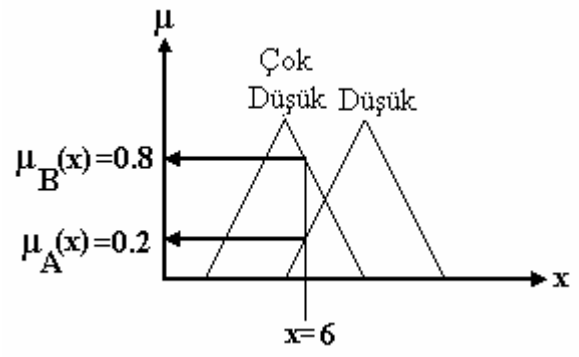
Şekil 3.1 Bulanık kontrolün blok şeması

3.1. Bulanıklaştırma

Bu kısımda gerçek giriş değerleri bulanık kontrol sisteminde kullanılacak olan bulanık değerlere dönüştürülür. Gerçek giriş değerleri ait oldukları üyelik fonksiyonlarına göre bulanık değerlere dönüştürülür ve elde edilen bu bulanık değerler ait oldukları üyelik fonksiyonlarında ki üyelik derecelerine karşılık

gelmektedir. Bulanık değere dönüştürme işlemi üyelik fonksiyonun türüne göre değişmektedir. Üyelik fonksiyonları Bölüm 1 de ele alınmıştır.

Şekil 3.2'de gerçek bir değerin bulanık bir değere dönüştürülmesi gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Bulanıklaştırma işlemi

3.2. Kural ve Veritabanı

Bulanık mantık denetleyicisinin bilgi tabanı, veri tabanı ve kural tabanından oluşur. Veri tabanının temel görevi, bulanıklaştırma, kural tabanı ve durulaştırma modüllerinin doğru çalışması için gerekli bilgileri sağlamaktadır.

Bu bilgiler şunlardır;

- Giriş-çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarının sözel değerlerinin anlamları
- Ölçeklendirme, normalizasyon ve denormalizasyon faktörleri ile birlikte fiziksel alanlar ve bunların normalize edilmiş karşılıkları
- Bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonlarının tiplerini
- Ayrıştırma politikalarının tanımlayan nicelenmiş referans tabloları

Kural Tabanı

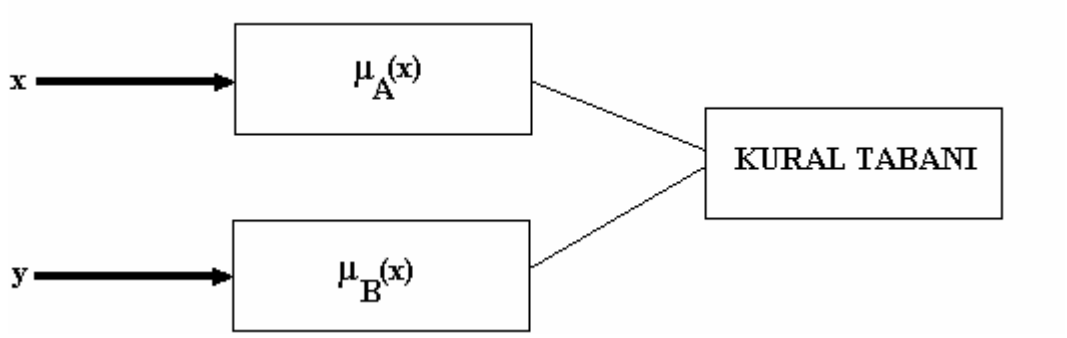
- Kural tabanı ise kontrol amacını gerçekleştirmek üzere tasarlanmış bulanık kontrol kurallarını içermektedir.

- Kural Tabanı'nın temel kullanım amacı uzman bilgilerini sebep-sonuç ilişkisi içerisinde gösterebilmektir.

Bulanıklaştırma biriminden elde edilen üyelik dereceleri kural tabanında ait oldukları dilsel değişkene karşılık gelen kuralları etkilemektedir. Etkilenen dilsel değişkenler bir yada birden fazla kuralı etkileyebilmektedirler.

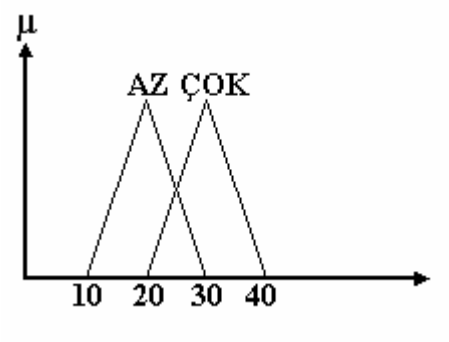
EĞER-O HALDE yapısı ile bulanık çıkış değerinin ne olabileceği hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Daha önceden de söylendiği gibi birden fazla kuralın etkilenmesi yada tetiklenmesi çıkış sayısının da birden fazla olacağı anlamına gelmektedir. Ancak çıkış sadece bir tanedir. Tetiklenen kurallar ve onların oluşturduğu çıkış değerleri arasında seçim yapmak için bir çok yol vardır. Bu seçim işlemine çıkarım denmektedir. Bu iş çıkarım mekanizması tarafından yapılacaktır. Bu konu bir sonraki aşamada ele alınacaktır.

Şimdi 2 giriş, 1 çıkış ve 4 kuraldan oluşan sistemde EĞER-O HALDE yapısını açıklamaya çalışalım.Sistemin kural tabanına kadar olan kısmı Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3 EĞER-O HALDE kavramı

Hem giriş hem de çıkış için dilsel değişkenler olarak Az ve Çok ifadeleri kullanılacaktır. Az ve Çok dilsel değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 AZ ve ÇOK Üyelik fonksiyonu

Giriş değerleri bulanıklaştırıldıktan sonra oluşacak olan kurallar aşağıdaki gibi olacaktır.

Eğer x=AZ ve y=AZ ise O HALDE z=AZ dır

Eğer x=AZ ve y=ÇOK ise O HALDE z=ÇOK tur

Eğer x=ÇOK ve y=AZ ise O HALDE z=ÇOK tur

Eğer x=ÇOK ve y=ÇOK ise O HALDE z=AZ dır

Bu kurallardan hangilerinin tetiklendiği giriş değerlerinin bulanıklaştırılması sonucu ait oldukları üyelik fonksiyonuna göre değişecektir. Örneğin *X*=12 *Y*=24 için oluşacak olan kural sayısına bir bakalım.

$$X=15 \rightarrow \mu_{AZ}(x)=\frac{x-10}{10}=\frac{12-10}{10}=0,2 \tag{3.1}$$

$$Y=25 \rightarrow \mu_{AZ}(y)=\frac{30-x}{10}=\frac{30-24}{10}=0,6 \tag{3.2}$$

$$\mu_{ÇOK}(y)=\frac{x-20}{10}=\frac{24-20}{10}=0,4 \tag{3.3}$$

Görüldüğü gibi *X* değeri sadece AZ üyelik fonksiyonunda bir değere sahip iken *Y* değeri hem AZ hemde ÇOK üyelik fonksiyonunda bir değere sahip oldu. Bu şu anlama gelmektedir. Kural tabanında *X*'in AZ *Y*'nin hem AZ hemde ÇOK olduğu kurallar ateşlenecektir.

Eğer x=AZ ve y=AZ ise O HALDE z=AZ dır

Eğer x=AZ ve y=ÇOK ise O HALDE z=ÇOK tur

~~Eğer x=ÇOK ve y=AZ ise O HALDE z=ÇOK tur~~

~~Eğer x=ÇOK ve y=ÇOK ise O HALDE z=AZ dır~~

Görüldüğü gibi üstü çizili olan kurallar hesaplamaya katılmayacaktır. Çıkış nasıl hesaplanacaktır? sorusunun cevabı bir sonraki aşama olan çıkarım mekanizması kısmında ele alınacaktır.

3.3. Çıkarım Mekanizması

Çıkarım yada karar verme işleminin gerçekleştiği bloktur. Bulanıklaştırma bloğundan gelen bilgileri, kural ve veri tabanı ile iletişim kurarak işler ve durulaştırma bloğuna giriş olarak çıkartım sonucu elde edilen bilgileri gönderir.

Karar verme birimi, çıkarım motoru (Fuzzy Engine) olarak da adlandırılır. Bulanık mantık denetiminin çekirdek kısmıdır. Bu kısım insanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneğinin benzeri bir yolla bulanık kavramları işler ve çıkarım yaparak gerekli denetimi belirler.

Bulanık uzman sistemin kuralları genellikle EGER-O HALDE ile ifade edilir. Bir kural da, bir yada daha fazla birbirini izleyen olaylar VE yada VEYA operatörleri ile birbirine bağlanabilir. Yukarıda kural tabanı kısmında dikkat edilecek olursa EĞER kısmında giriş değerleri bir biri ile VE (AND) bağlacı ile bağlanmıştır. Böyle bir durum söz konusu olduğunda bu bağlaçlar çıkarım işlemini etkileyecektir. Şimdi kısaca bu bağlaçların durumlarını inceleyelim.

VE (AND) operatörü var ise

$$\mu_R(x) = MIN(\mu_{az}(x), \mu_{çok}(y)) \tag{3.4}$$

VEYA (OR) operatörü var ise

$$\mu_R(x) = MAX(\mu_{az}(x), \mu_{çok}(y)) \tag{3.5}$$

Tablo 3.1 de en çok kullanılan çıkarım metotlarından bazıları bulunmaktadır.

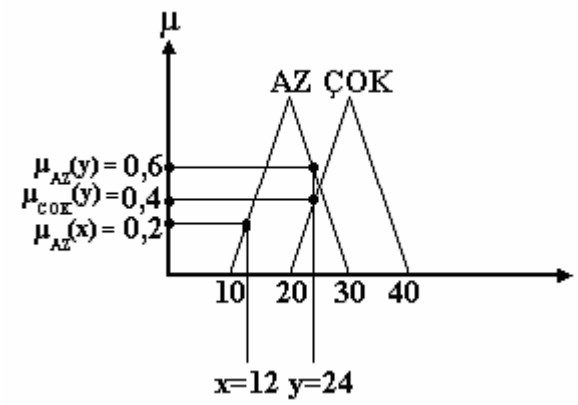
Tablo 3.1 Çıkartım metotları (Erkan 1999)

BULANIK ÇIKARIM METODU	$\mu_{A\Rightarrow B}(x,y)$
MAMDANI (MAX-MIN)	$MIN(\mu_A(x), \mu_B(y))$
MAX-PROD	$(\mu_A(x)*\mu_B(y))$
ZADEH	$MAX[MIN(\mu_A(x), \mu_B(y)), 1-\mu_A(x)]$
LUKASIEWICS	$MIN(1, 1-\mu_A(x)+ \mu_B(y)$

GÖDEL	1 $\rightarrow \mu_A(x) <= \mu_B(y)$ $\mu_B(y)$ $\rightarrow$diğer
KLEENE-DIENES	MAX(1-$\mu_A(x)$, $\mu_A(y)$)
SHARP	1$\rightarrow$ $\mu_A(x) < \mu_B(x)$ 0$\rightarrow$ diğer

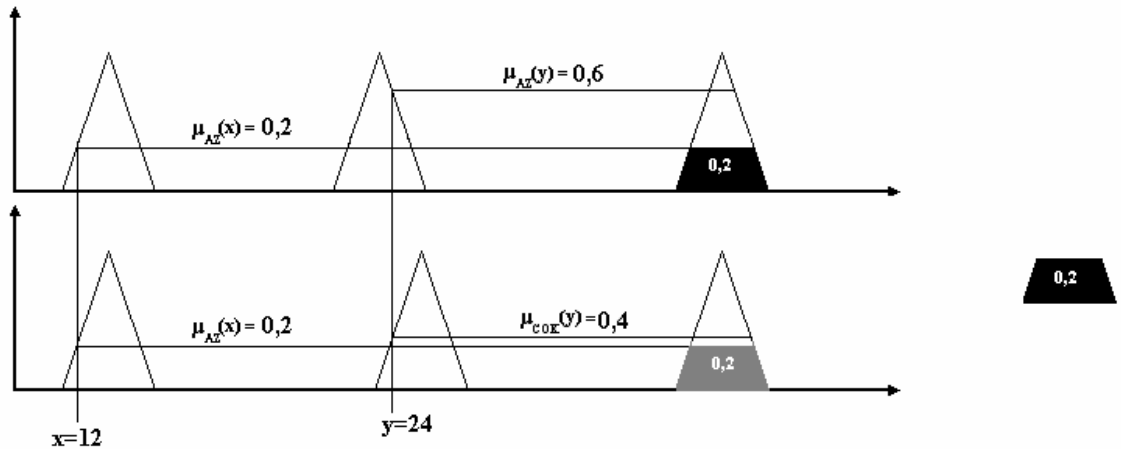
Yukarda verilen örnek deki kurallar üzerinde Mamdani çıkartım metodunu açıklamaya çalışalım.

Şekil 3.5'de giriş değerlerinin bulanıklaştırılmış ifadesi görülmektedir.



Şekil 3.5 Giriş değerlerinin bulanıklaştırılması

MAX-MİN çıkarım işlemi grafiksel olarak Şekil 3.6 ile ifade edilir.



Şekil 3.6 MAX-MIN metodunun grafiksel olarak gösterilmesi

Eğer x=AZ ve y=AZ ise O HALDE z=AZ → $MIN(\mu_{AZ}(x)=0,2,\mu_{AZ}(y)=0,6)=0,2$

Eğer x=AZ ve y=ÇOK ise O HALDE z=ÇOK tur→

$$MIN(\mu_{AZ}(x)=0,2,\mu_{ÇOK}(y)=0,4)=0,2$$

olacaktır.

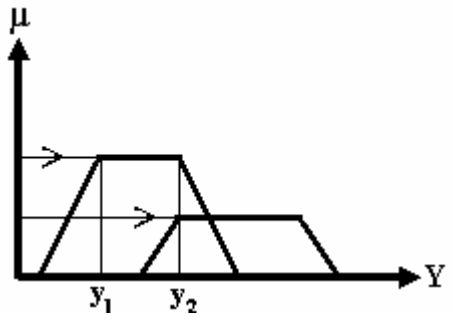
Çıkarım sonucu elde edilen yeni üyelik fonksiyonu gerçek değerin hesaplanması için durulaştırma birimine aktarılacaktır.

3.4. Durulaştırma

Çıkarım işlemi sonucu bir bulanık kümedir. Bulanık ifadeler ya da bulanık kümeler gerçek dünyada birer anlam ifade etmediklerinden dolayı çıkarım sonunda elde edilen bulanık bilgilerin gerçek dünyada kullanılan bilgilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem durulaştırma kısmında yapılmaktadır. Durulaştırma işlemleri birkaç yol ile yapılabilir. Şimdi bu yollardan bazılarına değinelim.

3.4.1. Maksimum metodu

Maksimum ortası metodunda çıkışa ait keskin değerin elde edilmesi için sadece en büyük karşılama derecesine sahip olan kural çıkışa gönderilir. Yani işlenen kurallar içinde en büyük yüksekliğe sahip (en büyük üyelik derecesine sahip) sonuç bulanık küme işleme tabi tutulur. İki kuralın aynı anda işlendiği, Şekil 3.7'de görüleceği üzere bu metotla elde edilecek değer [y_1 y_2] aralığına karşılık gelir. [y_1 y_2] aralığında sonuç bulanık kümesin büyük üyelik derecesini ifade etmektedir.



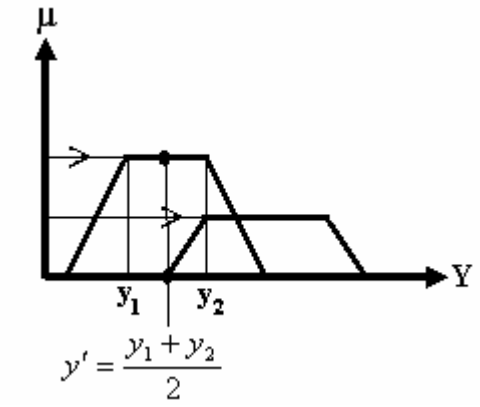
Şekil 3.7 Çıkarım işleminin şematik gösterimi

[y_1 y_2] aralığında sonuç bulanık kümesi en büyük üyelik derecesini ifade etmektedir. Farklı uygulamalarda bu metotla alakalı olarak üç değişik kullanım mevcuttur. Bunları sırası ile inceleyecek olursak.

3.4.1.1. Maksimum ortası metodu

Bu metot da en büyük yüksekliğe sahip bulanık çıkış kümesinde maksimum yüksekliğin sınırlarını belirleyen [y_1 y_2] sınır değerinin ortalaması alınır. Maksimum ortası çıkartım metodunun gösterimi Şekil 3.8 ile ifade edilir.

$$y' = \frac{y_1 + y_2}{2} \tag{3.6}$$



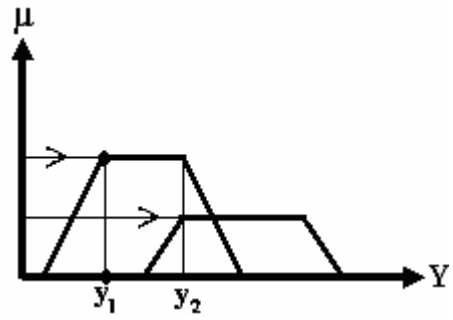
Şekil 3.8 Maksimum ortası çıkartım metodunun gösterimi

Literatürde "maksimum yüksekliğe göre durulaştırma" söz edildiğinde ortalama değerden bahsedilmektedir.

3.4.1.2. Sol kenar noktası metodu

Bu çeşit uygulamada sonuç keskin değeri olarak alt aralık sınır değeri seçilir. Sol kenar noktası metodunun gösterimi Şekil 3.9 ile ifade edilir.

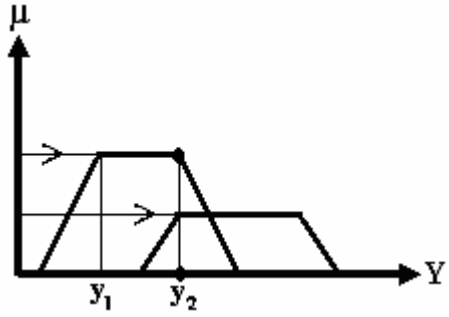
$$y' = y_1 \tag{3.7}$$



Şekil 3.9 Maksimum sol kenar noktası metodunun gösterimi

3.4.1.3. Sağ kenar noktası metodu

Bu çeşit uygulamada sonuç keskin değeri olarak üst aralık sınır değeri seçilir. Sağ kenar noktası metodunun gösterimi Şekil 3.10 ile ifade edilir.



Şekil 3.10 Maksimum sağ kenar noktası metodunun gösterimi

$$y' = y_2 \tag{3.8}$$

3.4.2. Ağırlık merkezi metodu

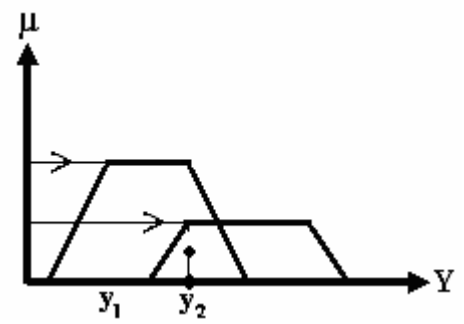
Sonuca ait çıkış keskin değeri, işlenen kuralların oluşturduğu, çıkışa ait elde edilen sonuç bulanık kümelerin karşılama değerlerinin altlarındaki alanların toplamının teşkil ettiği alanın ağırlık merkezinin yatay eksen değeri olarak ele alınır. Bu yöntem en çok kullanılan durulaştırma yöntemlerinden birisidir.

$$y' = \frac{\int y * \mu(y) * dy}{\int \mu(y) * dy} \tag{3.9}$$

olarak ifade edilir.

Teknik olarak bu hesaplama temel ayrık destek noktalarında y_i nümerik integrali ile gerçekleştirilir. Sonucun daha hassas olması hesap süresini arttırır.

Ağırlık merkezi metodunun gösterimi Şekil 3.11 ile ifade edilir. Maksimum metoduna karşılık ağırlık merkezi metodunda işlenen kurallar ile elde edilen bütün



Şekil 3.11 Ağırlık merkezi metodunun gösterimi

çıkış bulanık kümeler hesaplamaya katılır. Dolayısıyla aktif olan pek çok kural karşılama dereceleriyle ortalamaya girer.

3.5. Bulanık Kontrol Uygulamaları

Bulanık denetimin ilk uygulamaları genellikle endüstriyel alanlarda, çimento sanayinde (1980) ve su arıtma sistemlerinde (1983) olmuştur. Daha sonraları literatürde nükleer reaktör, asansör ve vinç denetimi gibi daha değişik uygulamalar görülmüştür. Bu gelişim içerisinde en önemli olay bulanık denetimin, Kuzey Japonya'nın Sendai kentindeki metro sisteminde çok başarılı bir biçimde kullanılması olmuştur. Bu uygulama 1990'larda zirveye ulaşmış ve ev aletlerinden borsa portföyü denetimine, fotoğraf makinelerinden hasta izleme uzman sistemlerine kadar uzanan çok geniş bir yelpaze içerisinde kullanılması ile sonuçlanmıştır. Günümüzde artık bulanık denetim uygulamalarına yönelik özel yazılım ve donanımlar piyasadan hazır bir şekilde temin edilmektedir. Örneğin Omron firması bulanık benzetim paketleri ve bulanık mikroişlemci olarak adlandırdıkları özel tümleşik devreler pazarlamaktadırlar (Elmas 2003).

Bulanık kontrol, Tablo3.2'de ifade edildiği gibi endüstriyel uygulamalar, Tablo 3.3'de ifade edildiği gibi görsel-işitsel aygıt uygulamaları, Tablo 3.4'de ifade edildiği

gibi ev aletleri uygulamaları, Tablo 3.5'de ifade edildiği gibi ulaşım araçları uygulamaları, Tablo 3.6'da ifade edildiği gibi finansal uygulamalar gibi alanlarda kullanılmıştır.

Tablo 3.2 Bulanık kontrolün endüstriyel uygulamaları (Elmas 2003).

Çelik Endüstrisi	Nippon-Steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır
Çimento sanayi	Mitsubishi-Chen	Değirmende ısı ve oksijen oranı denetimi yapar.
Isı denetleyicisi	Omron	Bir PID denetleyici ile hibrid çalışır, ani değişiklerde PID denetleyicinin görevini üstlenir.
PLC	Omron	Fabrikalarda süreç denetiminde kullanılır.
Hata tanısı	Guanghou	Bir süreçte hatanın nereden kaynaklandığını bulur.
Asansör denetimi	Fujitech, Toshiba, Mitsubishi	Yolcu trafiğini değerlendirir, böylece bekleme zamanını azaltır.

Tablo 3.3 Bulanık kontrolün görsel-işitsel aygıt uygulamaları (Elmas 2003).

SLR fotoğraf makinesi	Sanya-Fisher, Canon, Minolta	Ekranda bir çok obje olması halinde en iyi focusu ve aydınlatmayı belirler
Video kayıt aleti	Panasonic	Aygıtın elle tutulması nedeniyle oluşan sarsıntıları ortadan kaldırır.

Tablo 3.4 Bulanık kontrolün ev aletleri uygulamaları (Elmas 2003).

Çamaşır makinesi	Matsushita	Çamaşır kirliliğini, ağırlığını kumaş cinsini sezer ona göre yıkama programını belirler
Elektrik süpürgesi	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer ve motor gücünü uygun bir şekilde ayarlar.
Su ısıtıcısı	Matsushita	Isıtmada kullanılan suyun miktarı ve sıcaklığına göre ayarlar.
Klima aygıtı	Mitsubishi	Ortam koşullarını sezerek en iyi çalışma durumunu saptar.
Tansiyon aleti	Omron	Tansiyon ölçer
Televizyon	Sony	Ekran kontrastını, parlaklık ve rengini ayarlar.
El bilgisayarı	Sony	El yazısı ile veri ve komut girişine olanak tanır.

Tablo 3.5 Bulanık kontrolün ulaşım araçları uygulamaları (Elmas 2003).

Sendai metro sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlamayı ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlamanın yanı sıra durma pozisyonunu iyi ayarlar güçten tasarruf sağlar
Otomobil aktarma organı	Subaru-Nissan	Araba kullanış stilini ve yükünü sezerek en iyi dişli oranını seçer
ABS fren sistemi	Nissa	Tekerleklerin kilitlenmeden frenlenmesini sağlar

Tablo 3.6 Bulanık kontrolün finansal uygulamaları (Elmas 2003).

Hisse senedi alım satım programı	Yamaichi-Securities	Hisse senedi portföyü idare eder.

Yukarıda sözü geçen bulanık kontrol uygulamaları günümüzde hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Tıp alanında oldukça yaygın bir şekilde kullanılan bulanık kontrolü biz koroner kalp hastalarının ileriye dönük 10 yıllık riskinin belirlenmesinde kullanacağız.

3.6. Uzman Sistemler

Belirli bir problem kümesi için bir uzman gibi davranan programlara Uzman Sistem (US) denir. US veri işlemeden, bilgi işlemeye bir geçiş olarak ifade edilebilir. Veri işlemede, veri tabanı bir algoritmaya bağlı olarak etkin bir şekilde işlenirken bilgi işlemede herhangi bir algoritmaya bağlı kalınmadan çıkarılmış kurallar ve gerçeklerden oluşan bilgi tabanı etkin bir şekilde işlenir. Bir başka deyişle algoritmalarla sonuç çıkarma mekanizmaları yer değiştirmiştir, yani;

Geleneksel programlar → Algoritmalar + Veritabanı

Uzman Sistenler→ Çıkarım mekanizması + Bilgi tabanı.

US'lerın tanımı çeşitli kurum ve kişilerce farklı olarak yapılmakta, bu da bir kavram kargaşasına neden olmaktadır. En sık yapılan hatalardan biri US'ler ile bilgi tabanlı sistemlerin karıştırılmasıdır. Bilgi tabanlı sistemler bilgisayara girilmiş bilgi yardımıyla ve akıl yürütme işlemiyle zor problemleri çözerler. Ancak bunlar

US'lerden çözdükleri problemlerin küçük boyutlu ve daha sınırlı olması yönüyle ayrılırlar. Bir başka deyişle US'ler gerçek uzmanlığı gerektiren karmaşık bilgileri içerirler. Bu tür bilgiler bireylerin ancak uzman oluncaya kadar yıllar süren deneyimleriyle elde ettiği bilgilerdir kitap, dergi gibi dokümanlarda bulunmazlar. Oysaki bilgi tabanlı sistemler yalnızca yayınlarda bulunan bilgilerle oluşturulur (Allahverdi 2002).

Uzmandan bilginin elde edilmesi ve bilgisayara aktarılması US tasarlanmasında en zor problemlerden biridir. US'in tasarımı işlemi genellikle "bilgi mühendisliği" olarak isimlendirilir. US tasarımı belli bir problem altında çalışan bir yada daha fazla uzman ile bilgi mühendisi olarak adlandırılan US tasarımcısı arasında özel bir iletişimi gerektirir. Bilgi mühendisi, uzmanı gözlemler, onun problem çözüm yöntemlerini, kurallarını, stratejilerini ve prosedürlerini alarak uzaman sistem içine yerleştirir yada bunu yapacak programcıya uygun bir şekilde iletir. Uzmandan bilgiyi elde etmenin iki temel yöntemi; protokol analizi ve söyleşidir. Birinci yöntemde uzman kendi bilgilerini serbest olarak sunar. İkincisinde uzman etkileşimli olarak istenen bilgileri sunar. Bir US'in en önemli parçası sistem tasarımı sonrasında sürekli olarak artabilecek yapıya sahip güçlü bilgi tabanıdır. US kullanıcısı yeni olay ve bilgilerin etkilerini ve sonuç ile olan ilgilerini görebilmelidir.

US'ler yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritmalar gibi yöntemlerle kullanılabilmektedir. Böylelikle US'lerin kısıtlamaları ortadan kalkmış olmaktadır. Örneğin yapay sinir ağları ile kullanılan bir US'de esnek öğrenme olanağı, bulanık mantık ile kullanılan bir US'da bilgi yetersizliği durumunda doğru sonuçlara varabilme olanağına sahip olunmaktadır (Allahverdi 2002).

3.7. Bulanık Uzman Sistemler

Bulanık uzman sistem (BUS), veriler üzerinde akıl yürütme yapabilmek için Boole mantığı yerine, fonksiyon ve kuralların bulanık üyelik özelliklerini kullanan bir US dir. Aşağıda BUS'lerdeki kurallara bir örnek verilemektedir.

Eğer X düşük ve Y yüksek ise o halde Z ortadır.

Burada *X* ve *Y* giriş değişkenleri veya bilinen veri değerlerinin adlarıdır; *Z* çıkış değişkeni veya değeri hesaplanması istenen verinin adıdır, düşük- *X* üzerinde belirlenmiş üyelik fonksiyonu (bulanık alt küme); yüksek- *Y* üzerinde belirlenmiş

üyelik fonksiyonu; orta- Z üzerinde belirlenmiş üyelik fonksiyonudur. Kuralın varsayım kısmı (eğer) bu kuralın ne derecede uygulanabileceğini, çıkarım (o halde) kısmı ise bir veya birden çok çıkış değişkenlerinin her birini üyelik fonksiyonu tahsis edilmesini tanımlamaktadır. Bir kural birden çok hüküm çıkarmaya da olanak tanıyabilmektedir. Genel olarak BUS'lerde çıkarım sonucu üç veya dört adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Bulanıklaştırma- Her bir kural varsayımının doğruluk derecesini belirlemek için gerçek değerlere uygulanmış giriş değişkenleri üzerinde üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi;

2- Çıkarım- Her bir kuralın varsayım kısmı için doğru değerlerin hesaplanması ve bu değerlerin her kuralın çıkarım kısmına uygulanması. Bir bulanık alt kümede olan bu sonuçlar her kuraldaki her çıkış değişkenine atanır. Genelde yalnız Min veya Çarpım işlemleri bir çıkarım kural olarak kullanılır. Min çıkarma çıkış üyelik fonksiyonu, kural varsayımının hesaplanmış doğruluk derecesine uygun ağırlıkların kesişmesi ile elde edilir (bulanık VE). Çarpım çıkarımda çıkış üyelik fonksiyonu, kural varsayımının hesaplanmış doğruluk derecesi ile ölçeklenir (scaled).

3- Bileşim (Composition)- Her bir çıkış değişkenine atanmış bulanık alt kümelerin tümünün, her bir çıkış değişkeni için bir tane bulanık alt küme oluşturulması için birleştirilmesi. Bu amaçla en çok Max ve ya Toplam fonksiyonları kullanılır. Max bileşim, birleştirilmiş çıkış bulanık alt kümeleri çıkarım kuralları değişkenlerine atanmış bulanık alt kümelerin maksimumlarını alarak elde edilir (bulanık VEYA). Toplam bileşim, birleştirilmiş çıkış bulanık altkümeleri çıkarım kuralları değişkenlerine atanmış bulanık alt kümelerin toplamalarını almakla elde edilir.

4-Durulaştırma- Bulanık çıkış kümesinin kesin (crisp) sayılara dönüştürülmek istendiği zaman yapılan işlem olarak tanımlanabilir. Bir çok durulaştırma yöntemi mevcuttur. Bunlardan en çok bilinenleri merkezi (CENTROID) ve MAXIMUM yöntemleridir.

Bu yöntemler ve çıkarım süreçleri ile ilgili bilgi daha önce ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bu bölümde bulanık kontrol ve uzman sistemler ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bulanık uzaman sistemlerin yapısından bahsedilmiştir. Çıkarım yöntemleri ve

durulaştırma işlemlerinde kullanılan yöntemlerden söz edilmiştir. Çıkarım işlemiyle ilgili örnek bir uygulama yapılmıştır.

4. KORONER KALP HASTALIĞI RİSKİNİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR BULANIK UZMAN SİSTEMİN TASARIMI

Koroner kalp hastalığı (bundan sonra CHD olarak geçecek) riskinin belirlenmesi çeşitli hesaplama tabloları kullanılarak belirlenmektedir. Ulusal Kolesterol Eğitim Programının (NCEP-National Cholesterol Education Program) yayımladığı ATP III raporuna göre hastanın ileriye dönük 10 yıllık riskini belirlerken hastanın yaş, cinsiyet, kolesterol, HDL-C vb. veriler kullanılmaktadır. Hastaya ait bu veriler ve bu verilerin sınır değerlerine göre hastanın toplam puanı hesaplanmakta ve hesaplanan bu puan hastayı belirli bir risk grubuna sokmaktadır. Bu puanlama işlemi Framingham Point Scores'a göre yapılmaktadır. NCEP'in yayımlamış olduğu uygulama dosyası ile hastalara ait verilerin girilmesi ile hastanın 10 yıllık riski hesaplana bilmektedir. Bu işlemin bulanık uzman sistem ile yapılması sonuçların daha hassas hesaplanmasını sağlayacaktır. Şimdi kısaca koroner kalp hastalığına neden olan ve hastayı bu riske sokan faktörlerden bahsedelim.

4.1. Koroner Kalp Hastalığı Risk Faktörleri

Bu kısımda risk faktörleri hakkında bilgi verilecektir. Hastaya uygulanacak olan tedaviler hakkında kısa bilgiler verilecektir.

Tablo 4.1'de; LDL kolesterol, Total kolesterol ve HDL kolesterol'ün literatürde belirtilen sınır değerleri verilmiştir.

Risk faktörleri ve hastanın LDL kolesterol seviyesine göre uygulanacak olan tedavinin ne tür bir tedavi olduğunu gösteren çizelge Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1 LDL-C, Toplam Kolesterol, HDL-C sınır değerleri (NCEP 2001).

LDL Kolesterol	<100	Optimal
	100-129	Optimale yakın/optimal üstü
	130-159	Sınırda yüksek
	160-189	yüksek
	>=190	Çok yüksek
Toplam Kolesterol	<200	Arzu edilen
	200-239	Sınırda yüksek
	>=240	yüksek
HDL Kolesterol	<40	düşük
	>=60	yüksek

Tablo 4.2 Farklı risk kategorileri için LDL-C'e göre tedavi durumları (NCEP 2001).

Risk kategorisi	Hedef LDL-C	Diyet'e başlamak için gerekli olan LDL-C seviyesi	İlaç tedavisi içeren LDL-C seviyesi
CHD veya CHD Risk'e eşdeğer (10-year risk >20%)	<100 mg/dl	≥ 100 mg/dl	≥ 130 mg/dL (100-129 mg/dL: ilaç seçimliktir)
2+ Risk faktörü (10-yıllık risk <20%)	<130 mg/dl	≥ 130 mg/dl	10-yıllık risk 10-20%: ≥ 130 mg/dL
			10-yıllık risk <10%: ≥ 160 mg/dL
0-1 risk faktörü	<160 mg/dl	≥ 160 mg/dl	≥ 190 mg/dL (160-189 mg/dL:LDL-C düşürücü ilaç seçimliktir

*** CHD veya CHD risk' e eşdeğer**

CHD ve CHD risk eşitliği olan kişiler de LDL düşürücü tedavi büyük koroner olaylar için riski fazlasıyla azaltır. İyileştirici yaşam sitili değişikliği (TLC) yada diyet ve ilaç tedavisi için gerekli kesim noktaları Tablo 4.2 de verilmiştir.

* Eğer LDL-C>=130 mg/dl ise yoğun yaşam sitili tedavisi ve diğer risk faktörlerinin maksimal kontrolüne başlanabilir. Bundan başka çoğu hastalar için LDL düşürücü ilaç, LDL yi <100 mg/dl ye düşürmeyi başarabilecektir. Tedavinin hedefine ulaşması için LDL düşürücü ilaç ile TLC eş zamanlı başlatılmalıdır.
* Eğer LDL-C 100-129 mg/dl arasında ise LDL düşürücü tedavide veya her iki ana hat da (100-129 mg/dl) bir çok iyileştirici yaklaşım kullanılabilir:

a. LDL yi düşürmek için belirli bir derece yaşam sitili veya ilaç tedavisi başlatılır veya güçlendirilir.

b. Kilo vermenin üzerinde durulur ve metobolik sendrom olan kişilerde fiziksel aktivite arttırılır.

c. LDL'yi azaltan tedavilerin gecikmeli kullanımı veya kuvvetlendirilmesi ve diğer lipit veya lipit olmayan risk faktörlerinin tedavisine başlanır; düşük HDL ve yüksek trigiliserit olan hastalarda diğer lipit düşürücü ilaç kullanımını dikkate alınır.

* Eğer LDL-C < 100 mg/dl ise LDL düşürücü tedavi istenilmez. Hastalar LDL seviyelerini normal seviyede tutmak için TLC diyetini izlemelidirler.

*** Çok (2+) risk faktörleri ve 10-year risk <=20%**

Çok (2+) risk faktörü ve 10 yıllık riski <=20 olan hastalar için tedavinin yoğunluğu 10 yıllık risk'e ve LDL-C nin düzeyine göre ayarlanır. Her bir kategori için tedavi yaklaşımı Tablo 4.2'de özetlenmiştir.

* Çok (2+) risk faktörü ve 10 yıllık riski %10-%20 arasında olan bu kategoride hedef LDL-C < 130 mg/dl dir. Eğer LDL-C >=130 mg/dl ise TLC başlanır ve 3 ay sürer. Eğer LDL-C 3 aylık TLC den sonra >=130 mg/dl de kalırsa LDL kolesterolü <130 mg/dl yapacak olan kolesterol düşürücü ilaç verilmeye başlanabilir. Bu risk seviyesinde LDL düşürücü ilaç kullanımı CHD riskini düşürür. Eğer LDL-C 130 mg/dl nin daha da altına düşerse ilaç olmaksızın TLC ye devam edilebilir.
* Çok (2+) risk faktörü ve 10 yıllık riski <%10 olan bu kategoride hedef LDL-C < 130 mg/dl dir. Eğer LDL-C>= 130 mg/dl ise LDL kolesterolü düşürmek için TLC diyete başlanmalıdır. Eğer LDL-C<160 mg/dl ise TLC diyet e devam edilmeli.

Genellikle LDL düşürücü ilaç tavsiye edilmez çünkü hasta kısa dönemde yüksek riske sahip değildir. Diğer taraftan LDL-C >= 160 mg/dl ise LDL-C'ü <130 mg/dl ye ulaştırmak için ilaç tedavisine başlanılabilir. Temel amaç uzun vadede riski düşürmektir. İlaç tedavisi CHD riskini düşürür ve damar tıkanıklığının gelişmesini yavaşlatır.

*** 0-1 risk faktörü**

0-1 risk faktörü olan bir çok kişinin 10 yıllık riski <%10 dir. Bu risk kategorisinde hedef LDL-C<160 mg/dl dir. Tedavinin temel amacı uzun vadede riski düşürmektir. Tedavinin ilki TLC dir. Tedaviden 3 ay sonra LDL-C <160 mg/dl ise TLC ye devam edilir. Yeterli bir TLC çalışmasından sonra LDL-C 160-189 mg/dl ise ilaç tedavisi kliniksel hükümlere bağlı olarak seçimlik tir. İlaç kullanımını destekleyen faktörler:

a) Tek bir ağır risk etkeni (yoğun sigara içicisi, yetersiz olarak kontrol edilmiş hipertansiyon, aile geçmişinde şiddetli bir erken CHD ve çok düşük HDL-C)
b) Çeşitli yaşam alışkanlığından kaynaklanan risk faktörleri ve ortaya çıkmış risk faktörleri
c) 10 yıllık riski yaklaşık %10 olan ve LDL kolesterolü yükselmiş olan (LDL> =160 mg/dl) kişilerde LDL düşürücü ilaç kullanımındaki amaç uzun vadedeki bir risk olan koroner damar tıkanıklığının gelişmesini yavaşlatmak içindir.

Erkek ve kadın hastalarda risk faktörünü artıran ve azaltan değerler aşağıda verilmiştir.

Eğer hasta erkek ise;

1. Yaşı 45'den büyük ise
2. HDL-C<39 mg/dl ise
3. Sigara kullanıyor ise
4. Ailede erken kalp hastalığı var ise
5. Kan basıncı>140 mm/hg ise
6. Trigiliserit>180 ise

bu değerler risk faktörünü arttıran değerlerdir.

Eğer HDL-C değeri 60 mg/dl'den büyük ise bu değer risk faktörünü azaltan bir değerdir.

Eğer hasta kadın ise;

1. Yaşı 55'den büyük ise
2. HDL-C<43 mg/dl ise
3. Sigara kullanıyor ise
4. Ailede erken kalp hastalığı var ise
5. Kan basıncı>140 mm/hg ise
6. Trigiliserit>180 ise

bu değerler risk faktörünü arttıran değerlerdir.

Eğer HDL-C değeri 60 mg/dl'den büyük ise bu değer risk faktörünü azaltan bir değerdir. (NCEP 2001)

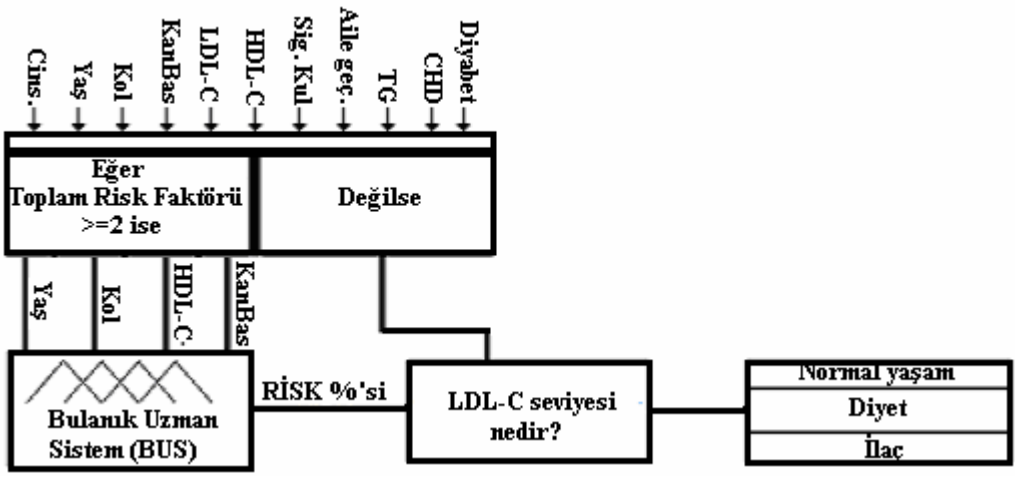
Şeker hastalığı CHD ye eş değer olan bir hastalıktır. (NCEP 2001)

4.2. Bulanık Uzman Sistemin Çalışma Prensibi

Hastaya uygulanacak olan tedavinin belirlenmesinde 10 yıllık CHD risk yüzdesi oldukça önemlidir. Bunun içinde bu risk değerinin hassas bir şekilde hesaplanması gerekmektedir. Şekil 4.1'deki gibi tasarlanılan sistemde de görüleceği gibi hastaya ait 11 adet değer kullanılmaktadır. Burada şunu belirtmekte fayda vardır. Risk hesaplamasında bu 11 değerden sadece 4'ü (HDL-C, Kan Basıncı, Kolesterol, Yaş) kullanılmaktadır. Diğer veriler hastanın sadece risk faktörünü etkileyecektir. Risk faktörü hastaya uygulanacak olan tedavinin belirlenmesinde kullanılan çok önemli bir parametredir. Bu durum Tablo 4.2' de verilmiştir. Hastanın CHD risk yüzdesi olsun yada olmasın hastaya uygulanacak olan tedavi de LDL-C seviyesi önem kazanmaktadır. Hastanın LDL-C seviyelerine göre hastaya diyet, ilaç yada normal yaşam tedavisi uygulanmaktadır. Biz bu projemizde, hastaya eğer ilaç tedavisi gerekiyorsa bu tedavide kullanılacak olan ilaç ve dozajı hakkında herhangi bir bilgi verilmemektedir. Sadece hastaya uygulanacak olan tedavinin türü belirlenmektedir. Aynı durum diyet tedavisi içinde geçerlidir. Hastanın nasıl bir diyet tedavisi göreceği bizi ilgilendirmemektedir.

Hiyerarşik sistemin çalışması kısaca şu şekilde olacaktır. Öncelikle hastanın bu 11 adet giriş değerlerine göre risk faktörü hesaplanacak eğer hastanın risk faktörü 2 ve daha fazla ise yaş, kolesterol, HDL kolesterol ve kan basıncı değerleri kullanılarak bulanık uzman sistem tarafından hastanın CHD risk yüzdesi hesaplanacak ve LDL-C

seviyesine göre tedavisi belirlenecektir. Eğer hastanın risk faktörü 1 yada daha az (0) ise yani risk faktörü 2'den küçük ise hastanın CHD riski hesaplanmaksızın LDL-C seviyesine göre tedavisi belirlenecektir.

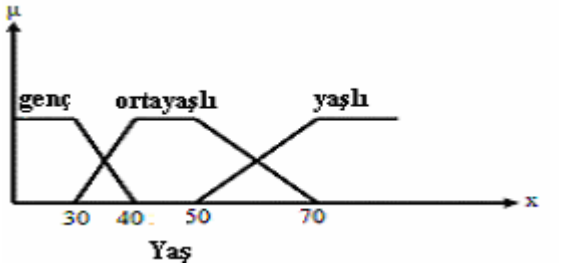


Şekil 4.1 Hiyerarşik Bulanık Uzman Sistem

Bilindiği gibi bulanık kontrol sistemlerinde çıkışın doğru bir şekilde hesaplanması için giriş verilerinin bulanık ifadelere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bizim sistemimizde bulanık ifadelere dönüştürülecek olan giriş değerleri Yaş, Kolesterol, Kan basıncı, HDL-C değerleridir. Daha önce bir bulanık kontrol sisteminin, bulanıklaştırıcı, bilgi ve kural tabanı, çıkarım mekanizması ve durulaştırma birimlerinden oluştuğu ve bu birimlerin ne iş yaptıkları ayrıntılı olarak verilmişti. Biz bu anlattıklarımızı tasarlamış olduğumuz sistem üzerinde deneyerek bu birimlerin nasıl çalıştıklarını bir kez daha burada ayrıntılı bir şekilde göreceğiz.

Bulanık değerlere dönüştürülen giriş ve çıkış değerlerinin sınır değerleri ve ait oldukları dilsel değişken yada üyelik fonksiyonlarının ne olduğu aşağıdaki matematiksel denklemler ve Şekil 4.2-6'daki gibi grafiksel olarak ifade edilişi görülmektedir.

Şekil 4.2'de yaş (x) üyelik fonksiyonu grafiksel olarak gösterilmiştir. Denklem 4.1'de üyelik fonksiyonuna ait matematiksel denklem gösterilmiştir.



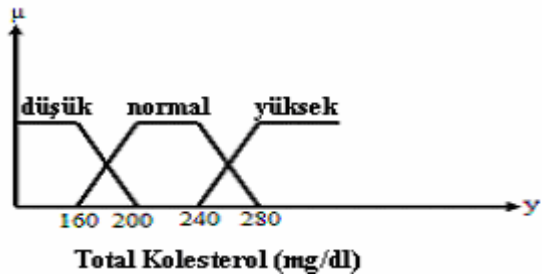
Şekil 4.2 Yaş üyelik fonksiyonu

$$\mu_{genc}(x)=\begin{cases}1 & x<30\\ \dfrac{(40-x)}{10} & 30\le x<40\end{cases}$$

$$\mu_{ortayaslı}(x)=\begin{cases}\dfrac{(x-30)}{10} & 30\le x<40\\ 1 & 40\le x\le 50\\ \dfrac{(70-x)}{20} & 50\le x<70\end{cases}$$

$$\mu_{yaslı}(x)=\begin{cases}\dfrac{(x-50)}{20} & 50\le x<70\\ 1 & x\ge 70\end{cases} \qquad (4.1)$$

Şekil 4.3'de total kolesterol (y) üyelik fonksiyonu grafiksel olarak gösterilmiştir. Denklem 4.2'de üyelik fonksiyonuna ait matematiksel denklem gösterilmiştir.



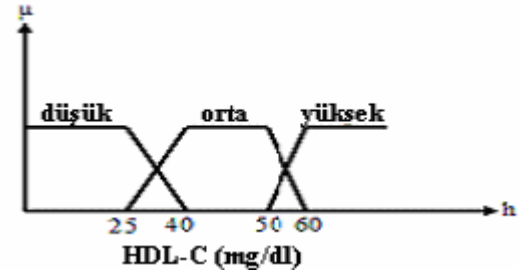
Şekil 4.3 Total kolesterol üyelik fonksiyonu

$$\mu_{düsük}(y)=\begin{cases}1 & y<160\\ \dfrac{(200-y)}{40} & 160\le y<200\end{cases}$$

$$\mu_{orta}(y)=\begin{cases}\dfrac{(y-160)}{40} & 160\le y<200\\ 1 & 200\le y\le 240\\ \dfrac{(280-y)}{40} & 240\le y<280\end{cases}$$

$$\mu_{yüksek}(y)=\begin{Bmatrix}\frac{(y-240)}{40} & 240\le y<280\\ 1 & y\ge 280\end{Bmatrix} \quad (4.2)$$

Şekil 4.4'de HDL-C (h) üyelik fonksiyonu grafiksel olarak gösterilmiştir. Denklem 4.3'de üyelik fonksiyonuna ait matematiksel denklem gösterilmiştir.



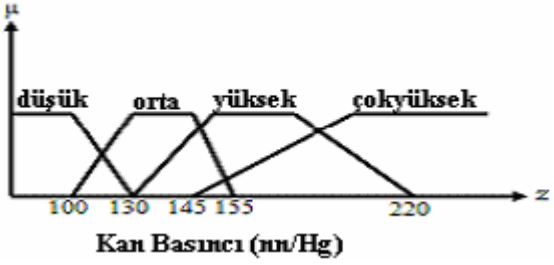
Şekil 4.4 HDL-C üyelik fonksiyonu

$$\mu_{düsük}(h)=\begin{Bmatrix}1 & h<25\\ \frac{(40-h)}{15} & 25\le h<40\end{Bmatrix}$$

$$\mu_{orta}(h)=\begin{Bmatrix}\frac{(h-25)}{15} & 25\le h<40\\ 1 & 40\le h<50\\ \frac{(60-h)}{10} & 50\le h<60\end{Bmatrix}$$

$$\mu_{yüksek}(h)=\begin{Bmatrix}\frac{(h-50)}{10} & 50\le h<60\\ 1 & h\ge 60\end{Bmatrix} \quad (4.3)$$

Şekil 4.5'de kan basıncı (z) üyelik fonksiyonu grafiksel olarak gösterilmiştir. Denklem 4.4'de üyelik fonksiyonuna ait matematiksel denklem gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Kan basıncı üyelik fonksiyonu

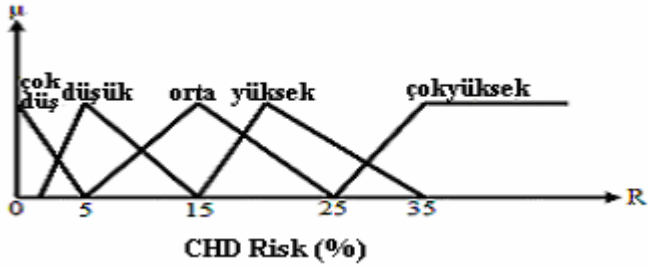
$$\mu_{düsük}(z)=\begin{Bmatrix}1 & z<100\\ \frac{(130-z)}{30} & 100\le z<130\end{Bmatrix}$$

$$\mu_{orta}(z)=\begin{cases}\dfrac{(z-100)}{30} & 100\le z<130\\ 1 & 130\le z\le 140\\ \dfrac{(155-z)}{15} & 140\le z<155\end{cases}$$

$$\mu_{yüksek}(z)=\begin{cases}\dfrac{(z-130)}{15} & 130\le z<145\\ 1 & 145\le z\le 180\\ \dfrac{(220-z)}{40} & 180\le z<220\end{cases}$$

$$\mu_{çokyüksek}(z)=\begin{cases}\dfrac{(z-145)}{55} & 145\le z<200\\ 1 & z\ge 200\end{cases} \qquad (4.4)$$

Şekil 4.6'da CHD risk (R) üyelik fonksiyonu grafiksel olarak gösterilmiştir. Denklem 4.5'de üyelik fonksiyonuna ait matematiksel denklem gösterilmiştir.



Şekil 4.6 CHD risk üyelik fonksiyonu

$$\mu_{cokdüsük}(R)=\begin{cases}0 & R<1\\ \dfrac{(5-R)}{5} & 0\le R<5\end{cases}$$

$$\mu_{düsük}(R)=\begin{cases}\dfrac{(R-2)}{3} & 2\le R<5\\ \dfrac{(15-R)}{10} & 5\le R<15\end{cases}$$

$$\mu_{orta}(R)=\begin{cases}\dfrac{(R-5)}{10} & 5\le R<15\\ \dfrac{(25-R)}{10} & 15\le R<25\end{cases}$$

$$\mu_{yüksek}(R)=\begin{cases}\dfrac{(R-15)}{5} & 15\le R<20\\ \dfrac{(35-R)}{10} & 20\le R<35\end{cases}$$

$$\mu_{çokyüksek}(R) = \begin{cases} \frac{(R-25)}{10} & 25 \le R < 35 \\ 1 & R \ge 35 \end{cases} \quad (4.5)$$

Tasarlanan sistemde hesaplanan CHD risk değeri hastanın cinsiyeti ve sigara kullanımına göre değişmektedir ve bu veriler sistemin çalışmasını doğrudan etkilemektedir. Şöyle ki, hastanın cinsiyeti ve sigara kullanımına göre kural tabanının 4 farklı şekilde ortaya çıkmasına neden olmuştur. 4 farklı kural tabanı oluşması 4 farklı grubun var olması anlamına gelmektedir. Bu gruplar;

1. Sigara içmeyen erkek hasta
2. Sigara içen erkek hasta
3. Sigara içmeyen kadın hasta
4. Sigara içen kadın hasta

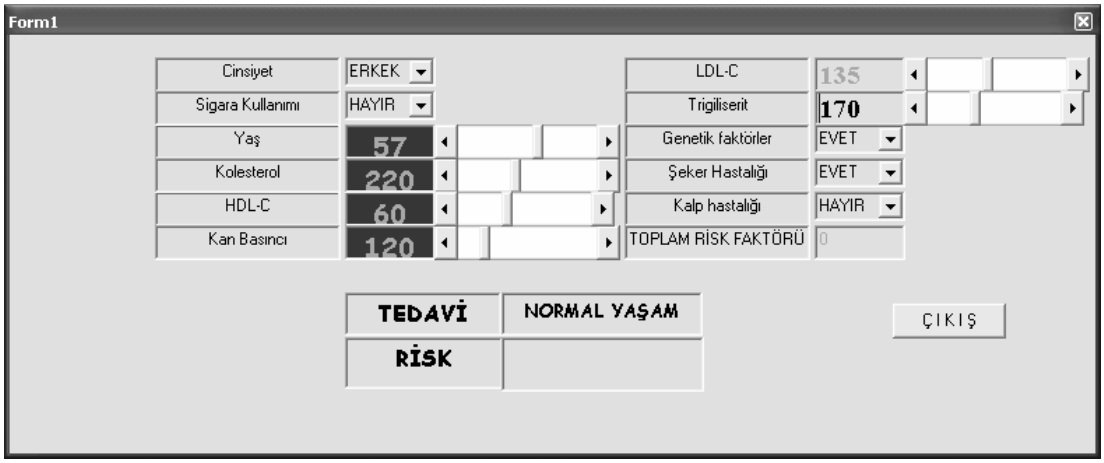
şeklindedir.

Her bir grupta oluşan kural sayısı 108 dir ve her bir gurubun kural tabanı farklıdır. Kurallar ek kısmında verilen program kodlarının içerisinde yer almaktadır. İlerleyen kısımlarda örnek giriş değerleri için hesaplamaların nasıl yapıldığı ile ilgili bilgiler verilecektir.

108 adet kuraldan hangilerinin çıkışı etkilediği giriş değerlerinin bulanık ifadelere dönüştürülmesi ile belirlenecektir. Çıkarım mekanizması ile karar verme işlemi, durulaştırma birimi ile de istenilen gerçek çıkış hesaplanacaktır. NCEP'in hesaplamış olduğu risk ile bizim hesapladığımız risk değerlerini tablolar halinde ilerleyen bölümlerde vereceğiz. Çıkarım mekanizması olarak .Mamdani'nin MAX-MIN çıkarım mekanizması ve durulaştırma yöntemi olanakta centroid metodu kullanılmıştır.

4.2.1. Tasarlanan ara yüzün tanıtılması

Şekil 4.7'de tasarlanan ara yüz görülmektedir.



Şekil 4.7 Tasarlanan ara yüz

Yukarıda da sistemin nasıl işlediği hakkında bilgi verilmiştir. Bu bilgiler ışığında böyle bir ara yüz ortaya çıkmıştır. Hastaya ait giriş verileri girildiğinde hastaya uygulanacak olan tedavi şekli belirlenmektedir. Bizim için önemli olan kısım burada hastanın hesaplanan CHD risk değeridir. Çünkü bu kısım bulanık uzman sistem ile hesaplanmıştır. Şekil 4.7'de risk değeri görülmemektedir çünkü hastamızın risk faktörü toplamı sıfır (0) olduğu için hesaplama yapılmamış ve hastanın LDL-C seviyesine göre hastaya uygulanacak olan tedavinin Normal Yaşam olduğuna karar verilmiştir. Biz bundan sonraki kısımda 2 ve daha fazla risk faktörüne sahip olan herhangi bir hasta için CHD risk hesaplamasının nasıl yapıldığı hakkında bilgi vereceğiz ve bunu birkaç örnek ile hesaplayacağız. Daha sonra 20 farklı hasta için NCEP ve bizim tasarladığımız sistemin hesapladığı değerleri karşılaştıracağız

4.2.2. Örnek uygulamalar

4.2.2.1. Örnek uygulama 1

Şekil 4.8'de sigara kullanmayan bir erkek hastanın riskinin ve tedavisinin hesaplanması görülmektedir.

Hastanın yaş, kolesterol, HDL-C ve kan basıncı ve diğer verilerine göre hastanın risk faktörü 2 olarak hesaplanmıştır. Bu şu anlama gelmektedir. Hastanın risk değeri bulanık uzman sistem tarafından hesaplanacaktır. Hesaplanan risk değeri

% 13,61 olarak bulunmuştur. Şekil 4.8'de ateşlenen kurallar bölümü, kural tabanında, giriş değerlerinin ait oldukları üyelik fonksiyonundaki üyelik derecelerine göre etkiledikleri kuralları göstermektedir. 108 adet kuraldan 65,66,101 ve 102. kurallar etkilenmiştir. Bu kurallar aşağıda belirtilmiştir.

Kural 65: Eğer Yaş=orta yaşlı ve kolesterol=yüksek ve hdl-c=orta ve
kan basıncı=düşük ise risk=düşük

Kural 66: Eğer Yaş=orta yaşlı ve kolesterol=yüksek ve hdl-c=orta ve
kan basıncı=orta ise risk=orta

Kural 101: Eğer Yaş=yaşlı ve kolesterol=yüksek ve hdl-c=orta ve
kan basıncı=düşük ise risk=orta

Kural 102: Eğer Yaş=yaşlı ve kolesterol=yüksek ve hdl-c=orta ve
kan basıncı=orta ise risk=orta

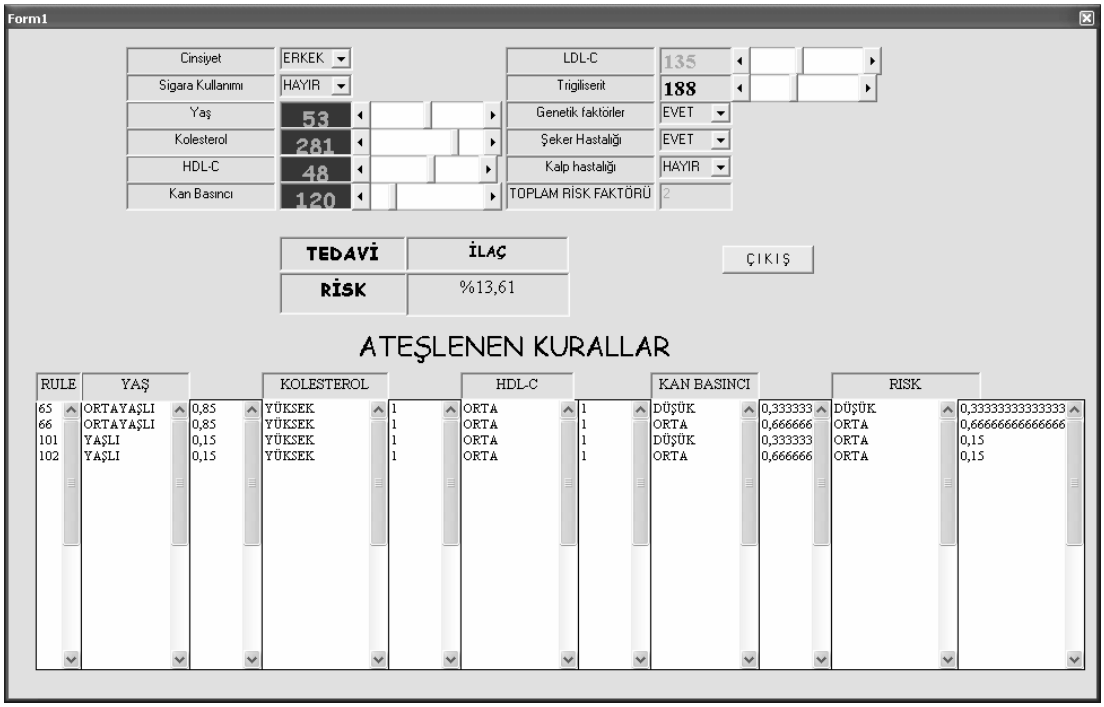
Mamdani çıkarım mekanizması kullanılarak çıkarım yapılmış ve centroid metodu ile çıkış hesaplanmıştır.

α_{65}= (orta yaşlı(0,85), yüksek(1), orta(1), düşük(0,3333333))= düşük(0,3333333)

α_{66}= (orta yaşlı(0,85, yüksek(1), orta(1), orta(0,66666667))= orta(0,66666667)

α_{101}=(yaşlı(0,15, yüksek(1), orta(1), düşük(0,3333333))= orta(0,15)

α_{102}=(yaşlı(0,15, yüksek(1), orta(1), düşük(0, 66666667))= orta(0, 15)

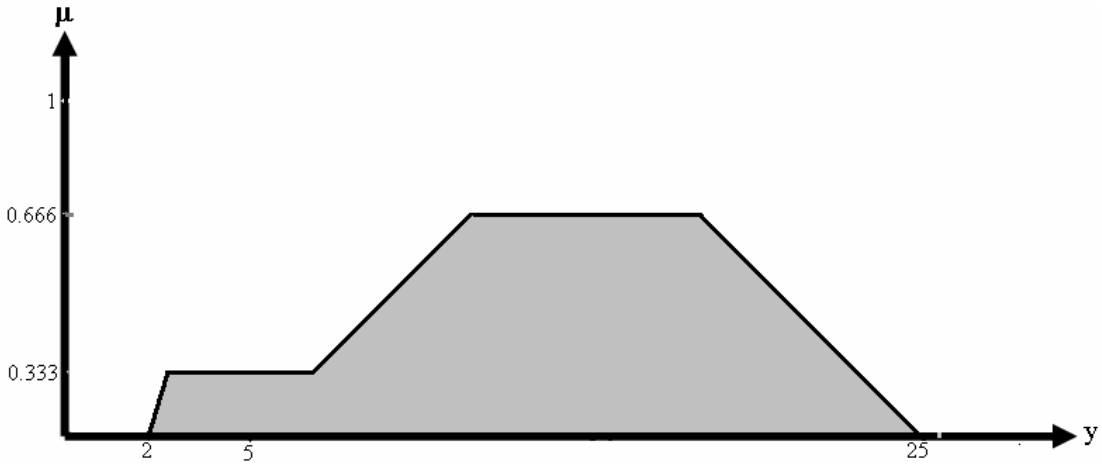


Şekil 4.8 Sigara kullanmayan Erkek bir hatanın CHD risk hesabı

Görüldüğü gibi ateşlenen her bir kuralın çıkışına ait üyelik fonksiyonunun üyelik derecesi, VE bağlacı kullanıldığı için girişlerin minimum olanı alınarak hesaplandı. Yeni elde edilen üyelik fonksiyonları arasında MAX işlemi uygulanır ve elde edilen yeni üyelik fonksiyonu üzerinden durulaştırma işlemi yapılır.
Çıkarım işleminden sonra durulaştırma işleminde centroid metodu kullanıldı ve çıkış hesaplandı.

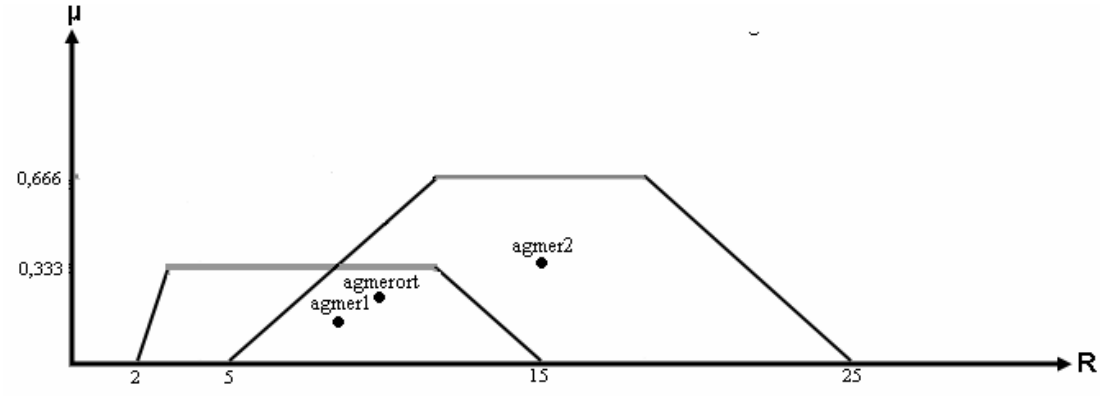
$$y' = \frac{\int y * \mu(y) * dy}{\int \mu(y) * dy} \tag{4.6}$$

Durulaştırma işlemini ayrıntılı birşekilde göstermeye çalışalım. Çıkarım işlemi sonucu elde edilen çıkış üyelik fonksiyonu Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Çıkarım ve durulaştırma işlemi

Şekil 4.9'da verilen çıkış üyelik fonksiyonuna ait grafiğin ağırlık merkezinin hesaplanmasının daha iyi anlaşılması için Şekil 4.10'da ayrıntılı çizimi gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Hesaplanacak alanların ağırlık merkezleri

agmer1'in hesaplanması için oluşan yamuğu 3 parçaya bölüp her bir parçanın ağırlık merkezleri hesaplanarak bulunacaktır. Diğer ağırlık merkezleride aynı yöntem kullanılarak hesaplanacaktır.

agmer1'in hesaplanması;

$$agmer1_{15}^{2} = \frac{\left(agmer_{3}^{2} * alan_{3}^{2} + agmer_{11.666}^{3} * alan_{11.666}^{3} + agmer_{15}^{11.666} * alan_{15}^{11.666}\right)}{alan_{15}^{2}} \quad (4.7)$$

$$agmer_{3}^{2} = \frac{8}{3} = 2.666 \quad (4.8)$$

$$alan_{3}^{2} = \frac{(3-2)*0.333}{2} = 0.166 \quad (4.9)$$

$$agmer_{11.666}^{3} = \frac{(3+3+11.666+11.666)}{4} = 7.333 \quad (4.10)$$

$$alan_{11.666}^{3} = (11.666-3)*0.333 = 2.888 \quad (4.11)$$

$$agmer_{15}^{11.666} = \frac{(15+2*11.666)}{3} = 12.777 \quad (4.12)$$

$$alan_{15}^{11.666} = \frac{(15-11.666)}{2} * 0.333 = 0.555 \quad (4.13)$$

$$alan_{15}^{2} = \frac{[(15-2)+(11.666-3)]}{2} * 0.333 = 3.611 \quad (4.14)$$

$$agmer1_{15}^{2} = \frac{2.666*0.166 + 7.333*2.888 + 12.777*0.555}{3.611} = 7.955 \quad (4.15)$$

agmer2'nin hesaplanması;

$$agmer1_{25}^{5} = \frac{\left(agmer_{11.666}^{5} * alan_{11.666}^{5} + agmer_{18.333}^{11.666} * alan_{18.333}^{11.666} + agmer_{25}^{18.333} * alan_{25}^{18.333}\right)}{alan_{25}^{5}} \quad (4.16)$$

$$agmer_{11.666}^{5} = \frac{(5+2*11.666)}{3} = 9.444 \quad (4.17)$$

$$alan_{11.666}^{5} = \frac{(11.666-5)}{2} * 0.666 = 2.222 \quad (4.18)$$

$$agmer_{18.333}^{11.666} = \frac{11.666+18.333}{2} = 15 \quad (4.19)$$

$$alan_{18.333}^{11.666} = (18.333-11.666)*0.666 = 4.444 \quad (4.20)$$

$$agmer_{25}^{18.333} = \frac{(2*18.333+25)}{3} 20.555 \quad (4.21)$$

$$alan_{25}^{18.333} = \frac{(25-18.333)}{2} * 0.666 = 2.222 \quad (4.22)$$

$$alan_{25}^{5} = \frac{[(25-5)+(18.333-11.666)]}{2} * 0.666 = 8.888 \quad (4.23)$$

$$agmer2_{25}^{5} = \frac{9.444 * 2.222 + 15 * 4.444 + 20.555 * 2.222}{8.888} = 15 \quad (4.24)$$

agmerort'un hesaplanması;

$$agmerort_{15}^{5} = \frac{agmer_{8.333}^{5} * alan_{8.333}^{5} + agmer_{11.666}^{8.333} * alan_{11.666}^{8.333} + agmer_{15}^{11.666} * alan_{15}^{11.666}}{alan_{15}^{5}} \quad (4.25)$$

$$agmer_{8.333}^{5} = \frac{2 * 8.333 + 2}{3} = 7.222 \quad (4.26)$$

$$alan_{8.333}^{5} = \frac{(8.333-5)}{2} * 0.333 = 0.555 \quad (4.27)$$

$$agmer_{11.666}^{8.333} = \frac{8.333 + 11.666}{2} = 10 \quad (4.28)$$

$$alan_{11.666}^{8.333} = (11.666 - 8.333) * 0.333 = 1.111 \quad (4.29)$$

$$agmer_{15}^{11.666} = \frac{2 * 11.666 + 15}{3} = 12.777 \quad (4.30)$$

$$alan_{15}^{11.666} = \frac{15-11.666}{2} * 0.333 = 0.555 \quad (4.31)$$

$$alan_{5}^{15} = \frac{[(15-5)+(11.666-8.333)]}{2} * 0.333 = 2.222 \quad (4.32)$$

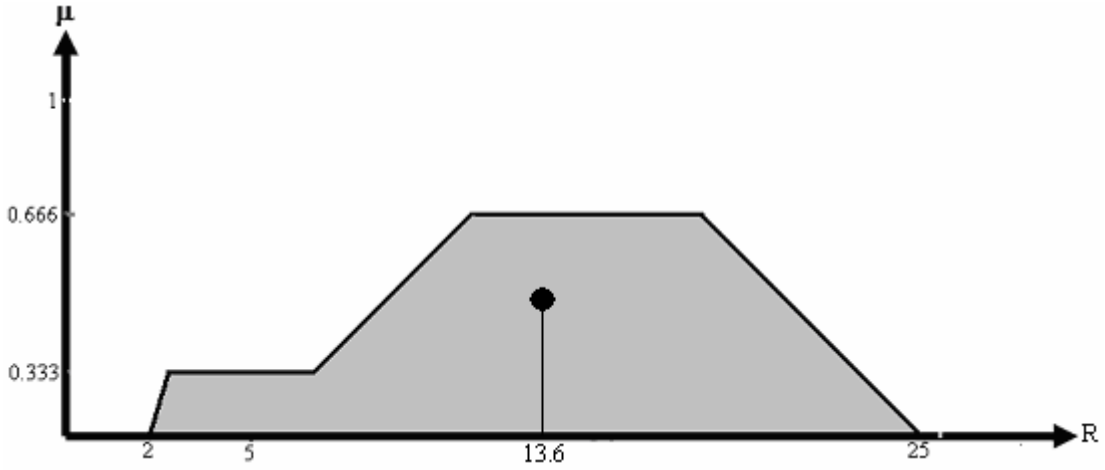
$$agmerort_{15}^{5} = \frac{7.222 * 0.555 + 10 * 1.111 + 12.777 * 0.555}{2.222} = 10 \quad (4.33)$$

Şekil 4.9'da elde edilen üyelik fonksiyonun agırlık merkezi bize gerçek çıkış değerini verecektir. Şekil 4.9'da ki üyelik fonksiyonun ağırlık merkezi;

$$y' = \frac{agmer1_{15}^{2} * alan_{15}^{2} + agmer2_{25}^{5} * alan_{25}^{5} - agmerort_{15}^{5} * alan_{15}^{5}}{alan_{15}^{2} + alan_{25}^{5} - alan_{15}^{5}} \quad (4.34)$$

$$y' = \frac{7.955 * 3.611 + 15 * 8.888 - 10 * 2.222}{3.611 + 8.888 - 2.222} = 13.605 \cong 13.6 \quad (4.35)$$

olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.11'de hesaplanan ağırlık merkezi gösterilmiştir.



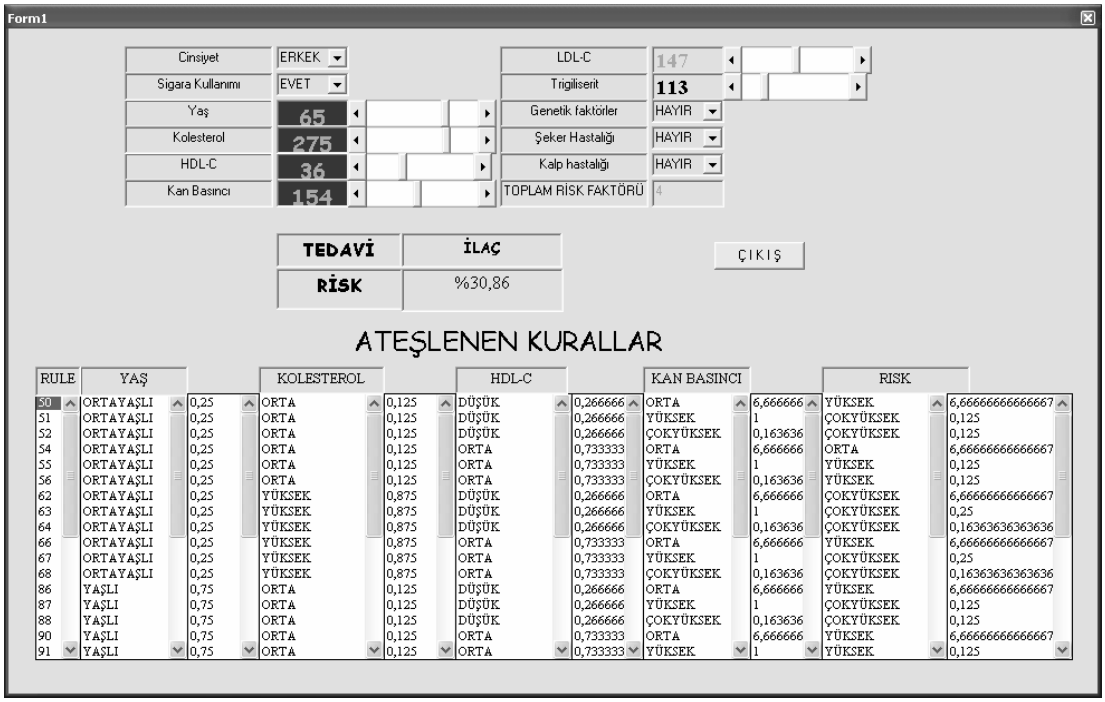
Şekil 4.11 Hesapalanan ağırlık merkezi

Sonuç 13,6 olarak hesaplanmıştır. Tasarlanan sistem Matlab programında da uygulandı ve bu örnek için sonuç 13,6 olarak hesaplandı. NCEP'in web sitesinde yapılan hesaplamada risk %9 olarak hesaplanmıştır. Yani BUS'a göre hastamız orta risk de iken ATP III'e göre düşük risk grubunda yer almaktadır.

Bu hasta için sistem ilaç tedavisini uygun görmektedir. Hastanın LDL-C seviyesi ve CHD risk yüzdesi hastaya uygulanacak olan tedaviyi belirlemiştir. Bu durum Tablo 4.2'de verilmişti. Hastanın riski %10 ile %20 arasında (%13,6) olup LDL-C>=130 mg/dl (135 mg/dl) olduğu için hastaya ilaç tedavisi uygun görülmüştür.

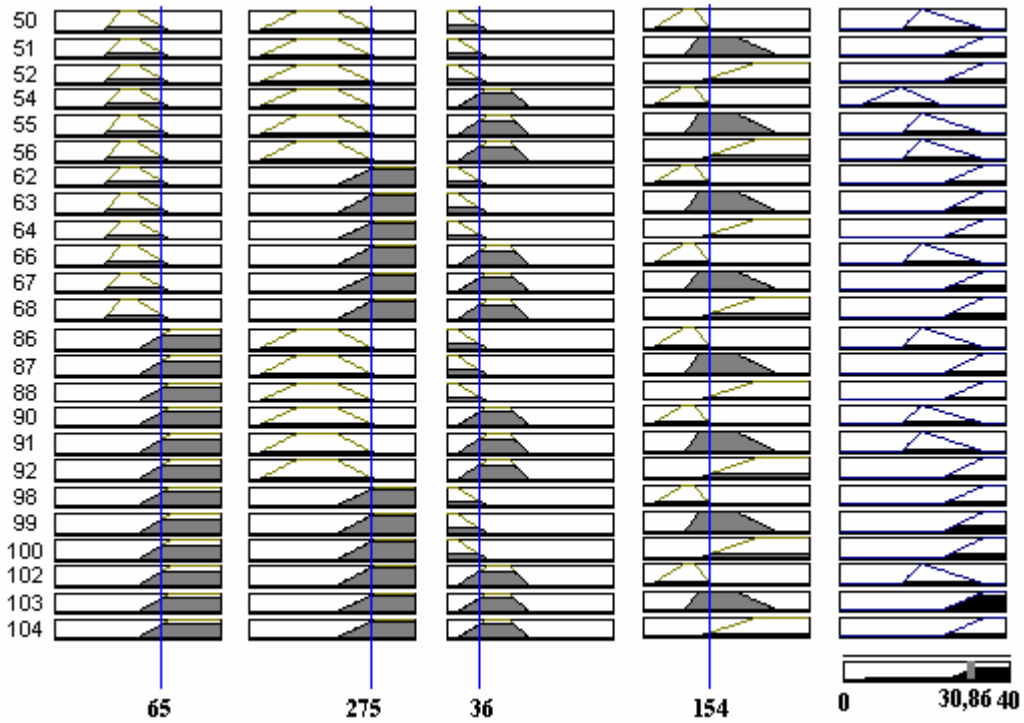
4.2.2.2. Örnek uygulama 2

Sigara kullanan bir erkek hastaya ait giriş verileri Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12 Sigara kullanan erkek bir hastanın CHD risk hesabı

Şekil 4.13'de çıkarım ve durulaştırma işlemi gösterilmiştir.



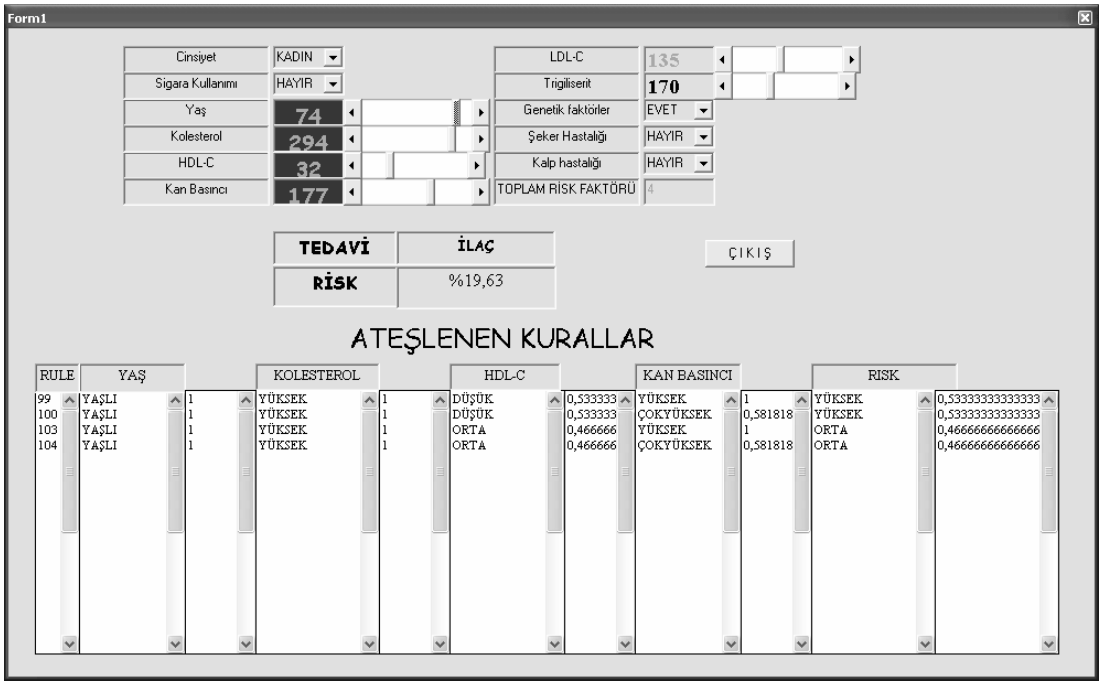
Şekil 4.13 Çıkarım ve durulaştırma işlemi

Çıkarım işlemi sonucu elde edilen risk değeri %30,86≅%31 olarak hesaplanmıştır. Aynı değerler Matlab programında girildiğinde %31 olarak hesaplanmaktadır. NCEP'in yapmış olduğu hesaplamada ise risk %28 olarak hesaplanmıştır. Yani hastamız BUS'a göre Yüksek risk grubunda iken ATP III'e göre yüksek risk grubunda yer almıştır. Hastanın LDL-C değeri 147 mg/dl olduğu için hastaya ilaç tedavisi uygun görülmüştür.

4.2.2.3. Örnek uygulama 3

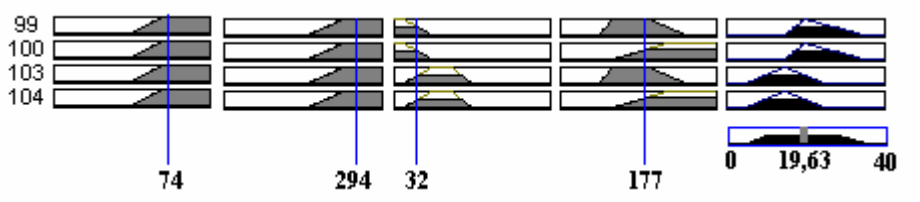
Şekil 4.14'de sigara kullanmayan kadın bir hastanın risk ve tedavi durumu gösterilmiştir.

Hastanın 10 yıllık CHD risk değeri %19,63 olarak hesaplanmıştır. Aynı veriler Matlab programında kullanılmış ve risk değeri %19,6 olarak hesaplanmıştır. NCEP'in yapmış olduğu hesaplamada ise risk %24 olarak hesaplanmıştır. Yani hastamız BUS'a göre orta risk grubunda iken ATP III'e göre yüksek risk grubunda yer almıştır.



Şekil 4.14 Sigara kullanmayan kadın bir hastanın CHD risk hesabı

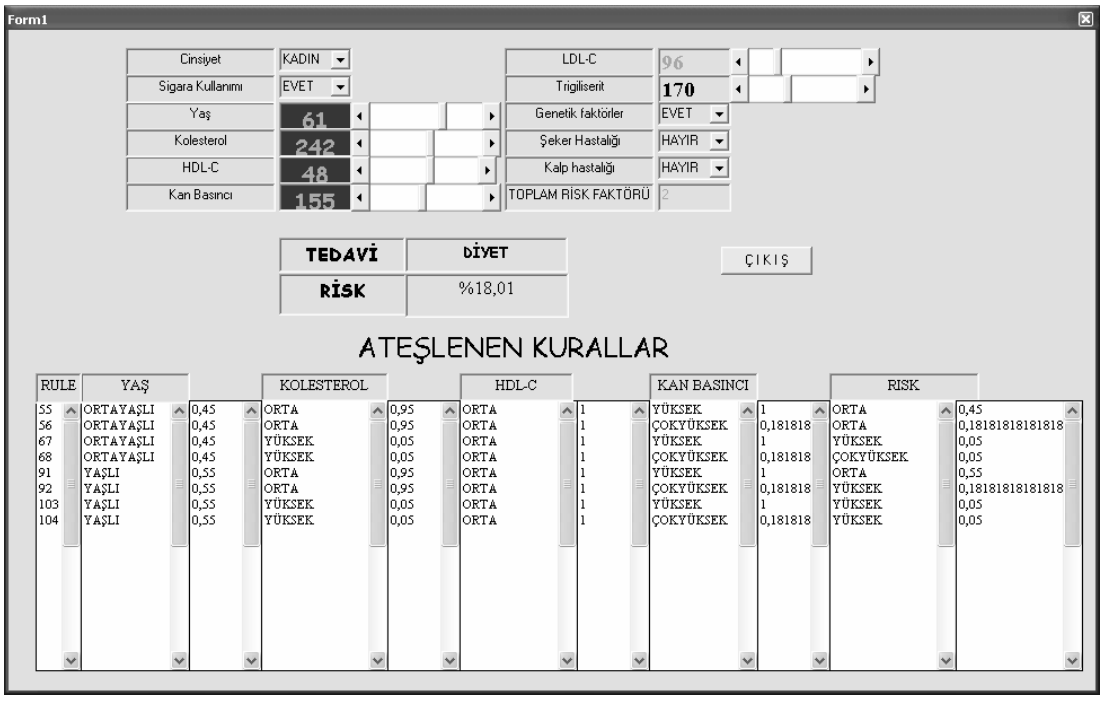
Şekil 4.15'de çıkarım ve durulaştırma işlemi sonucu hesaplanan risk değeri görülmektedir.



Şekil 4.15 Çıkarım ve durulaştırma işlemi

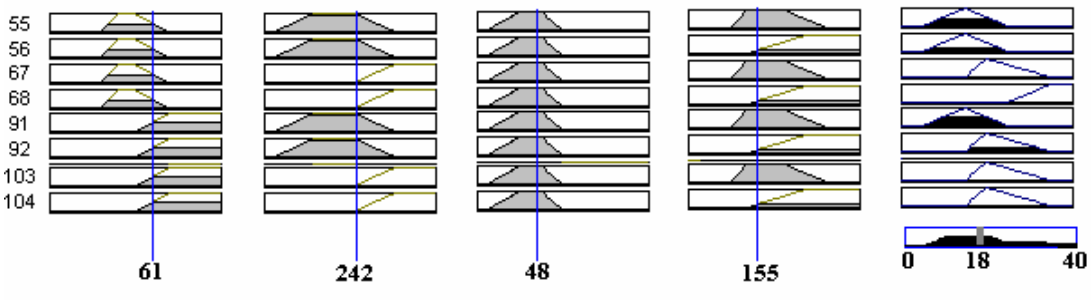
4.2.2.4. Örnek uygulama 4

Şekil 4.16'da cinsiyeti kadın olan sigara kullanan bir hastanın risk ve tedavi durumu gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Sigara kullanan kadın bir hatanın CHD risk hesabı

Çıkarım ve durulaştırma işleminin grafiksel olarak gösterimi Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



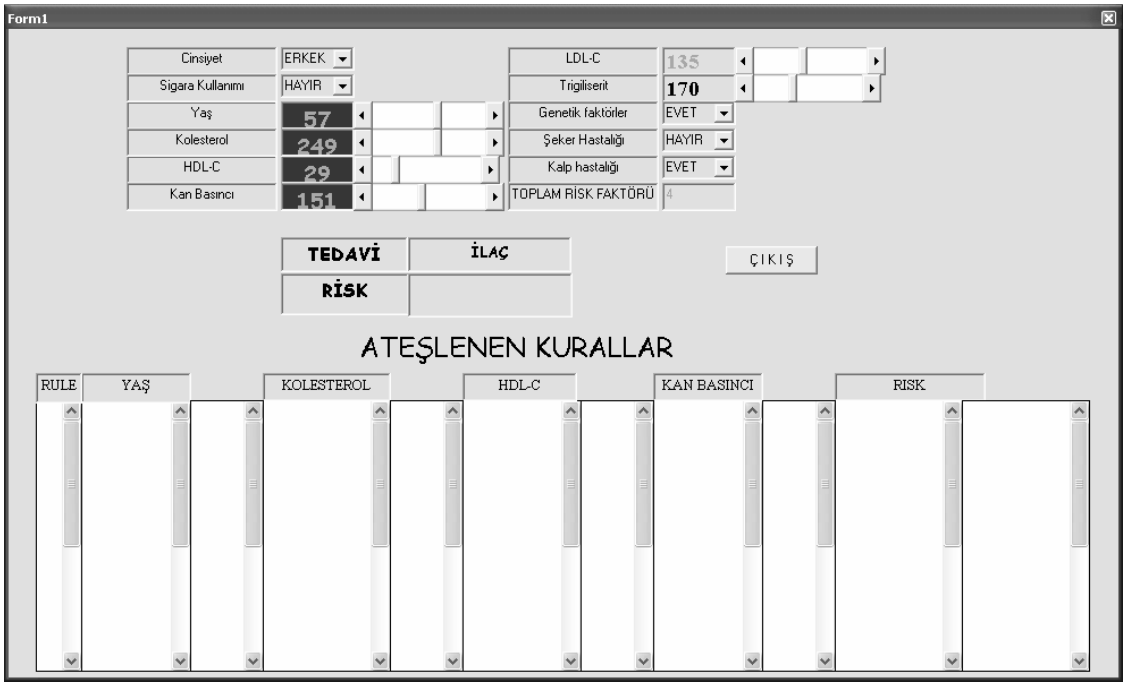
Şekil 4.17 Çıkarım ve durulaştırma işlemi

Çıkarım işlemi sonucu elde edilen risk değeri %18 olarak hesaplanmıştır. Aynı değerler Matlab programında girildiğinde %18 olarak hesaplanmaktadır. NCEP'in yapmış olduğu hesaplamada ise risk %10 olarak hesaplanmıştır. Yani hastamız hem BUS'a göre hemde ATP III'e göre orta risk grubunda yer almıştır.

%18'lik risk değeri Tablo 4.2'de belirtildiği gibi %10 ile %20 arasındadır. Hastanın LDL-C değeri 96 mg/dl olduğu için hastaya diyet tedavisi uygun görülmüştür.

4.2.2.5. Örnek uygulama 5

Örnek uygulama 1 ve 2 de bahsedilen iki hasta içinde CHD risk hesaplanmıştır ve bu riske göre hastaya uygulanacak olan tedavinin ne olacağı hastanın LDL-C seviyesi de dikkate alınarak belirlenmiştir. Bazı durumlarda hastanın CHD riski oluşmaya bilir. Örneğin hasta zaten kalp hastası olabilir. Bu durumda hastanın risk hesaplaması yapılmaksızın doğrudan LDL-C değerine göre hastanın tedavisi belirlenebilir. Bu durum Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Kalp hastası olan erkek bir hastanın tedavi durumu

Şekil 4.18'de görüleceği gibi hasta kalp hastası olduğu için CHD riski hesaplanmadı. Sistemin işleyişinde eğer hasta 2 ve daha fazla risk faktörüne sahip ise bulanık uzman sistem ile hastanın CHD riski hesaplanmaktaydı. Ancak burada daha da önemli olan bir faktör yani kalp hastalığı olduğu için hastanın toplam risk faktörüne bakılmaksızın hastanın LDL-C seviyesine göre tedavi belirlenmiştir. Şekil 4.14'de de görüleceği gibi bu hastaya ilaç tedavisi uygun görülmüştür.

4.3. Bir Grup Hasta İçin Uygulama Sonuçları

Tablo 4.3-6'da NCEP'in yayımlamış olduğu hesaplama dosyası (Excel dosyası) ile bizim hesapladığımız CHD risk sonuçlarına yer verilmiştir. Bu tablolarda, 4 farklı hasta grubu için yapılmış hesaplama sonuçlarına yer verilmiştir. Hastalar 2+ risk grubunda olan hastalardan seçilmiştir. Çünkü riskin hesaplanması için hastanın 2 ve daha fazla risk faktörüne sahip olması gerekmektedir.

Tablo 4.3-6'da görüldüğü gibi BUS'in hesaplamış olduğu risk değerleri ile ATP III'e göre hesaplanan risk değerleri bazı durumlarda aynı bazı durumlarda farklı hesaplanmaktadır. Örneğin Tablo 4.3'de sigara içmeyen 2 ve 13 numaralı hastalar

ATP III'e göre çok düşük risk grubunda iken BUS'a göre düşük risk grubunda, 3, 4, 8, 14 ve 18 numaralı hastalar ATP III'e göre düşük risk grubunda iken BUS'a göre orta risk grubunda, 5 ve 15 nolu hastalar ATP III'e göre orta risk grubunda iken ATP III'e göre yüksek risk grubunda yer almaktadır. Aynı grupta bulunan 1, 7 ve 12 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre çok düşük risk grubunda, 10, 11, 16 ve 19 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre orta risk grubunda ve 20 numaralı hasta hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre yüksek risk grubunda yer almaktadır. Tablo 4.4'deki sigara içen erkek hastalardaki durumlara bakacak olursak 1 ve 7 numaralı hastalar ATP III'e göre çok düşük risk grubunda iken BUS'a göre düşük risk grubunda, 11 ve 18 numaralı hastalar ATP III'e göre orta risk grubunda iken BUS'a göre yüksek risk grubunda, 14 ve 15 numaralı hastalar ATP III'e göre yüksek risk grubunda iken BUS'a göre çok yüksek risk grubunda yer almaktadır. Aynı grupta yer alan 12 numaralı hasta hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre düşük risk grubunda, 4 ve 10 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre orta risk grubunda, 3, 5, 16 ve 19 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre yüksek risk grubunda, 6, 9 ve 20 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre çok yüksek risk grubunda yer almaktadır. Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'deki kıyaslamalarda hastanın riski ya aynı yada bir üst grup da çıkmaktadır. Ancak sigara içen 2 ve 13 numaralı hastalar ATP III'e göre çok düşük risk grubunda iken BUS'a göre orta risk grubunda yer almışlardır.

Tablo 4.5'de sigara içmeyen kadın hastalardan 3, 4, 8, 10, 14 ve 18 numaralı hastalar ATP III'e göre çok düşük risk grubunda iken BUS'a göre düşük risk grubunda, 5, 15 ve 16 numaralı hastalar ATP III'e göre düşük risk grubunda iken BUS'a göre orta risk grubunda yer almaktadır. Aynı grup da bulunan 1, 2, 7, 12 ve 13 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre çok düşük risk grubunda, 11 numaralı hasta hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre düşük risk grubunda, 6, 9, 17 ve 20 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre orta risk grubunda yer almaktadır. Tablo 4.6'daki sigara içen kadın hastalardaki durumlara bakacak olursak 4 ve 12 numaralı hastalar ATP III'e göre çok düşük risk grubunda iken BUS'a göre düşük risk grubunda, 3 ve 18 numaralı hastalar ATP III'e göre düşük risk grubunda iken BUS'a göre orta risk grubunda, 5, 8, 14 ve 15 numaralı hastalar ATP III'e göre orta risk grubunda iken BUS'a göre yüksek risk

grubunda yer almaktadır. Aynı grupta yer alan 7 numaralı hasta hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre çok düşük risk grubunda, 10 ve 11 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre düşük risk grubunda, 16 ve 19 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre orta risk grubunda, 6, 17 ve 20 numaralı hastalar hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre yüksek risk grubunda ve 9 numaralı hasta hem ATP III'e göre hemde BUS'a göre çok yüksek risk grubunda yer almaktadır. Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'daki kıyaslamalarda hastanın riski ya aynı yada bir üst grup da çıkmaktadır. Ancak Tablo 4.5'de sigara içmeyen 19 numaralı kadın hasta ATP III'e göre çok düşük risk grubunda iken BUS'a göre orta risk grubunda yer almaktadır. Tablo 4.6'daki sigara içen 1, 2 ve 13 numaralı kadın hastalar ATP III'e göre çok düşük risk grubunda iken BUS'a göre orta risk grubunda yer almışlardır.

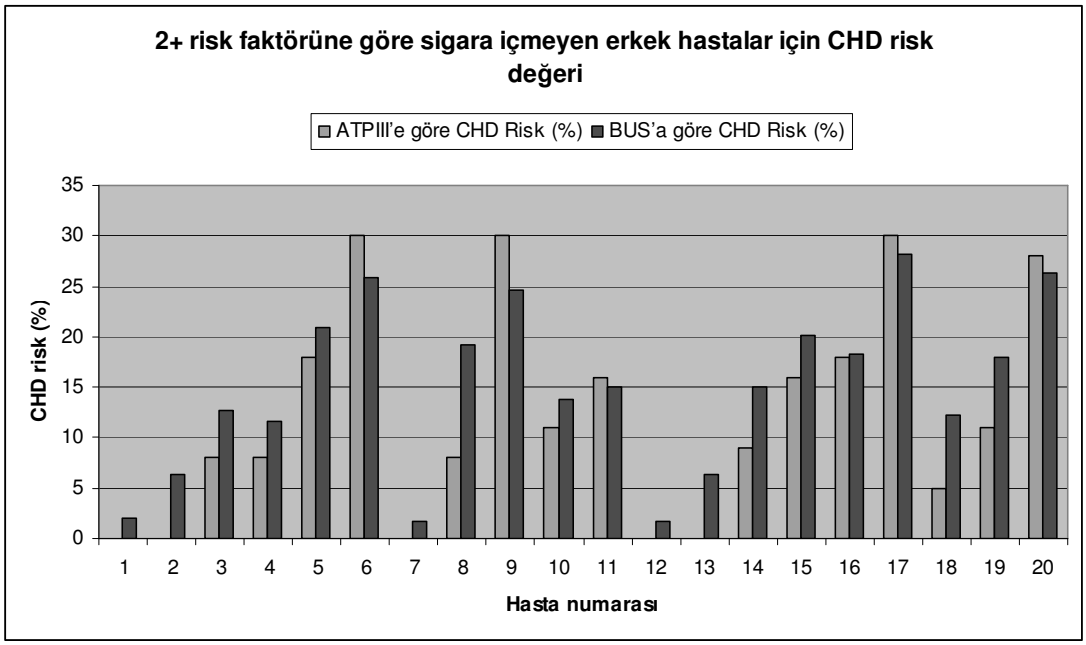
Tablo 4.3 2+ risk faktörüne göre sigara içmeyen erkek hastalar için CHD risk

Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içmeyen erkek	
					ATPIII'e göre, CHD Risk (%)	BUS'a göre, CHD Risk (%)
1	30	180	37	160	0	1,94
2	35	190	45	145	0	6,33
3	48	260	33	120	8	12,67
4	57	300	67	110	8	11,62
5	65	250	54	170	18	20,92
6	75	290	25	135	30	25,89
7	30	160	49	160	0	1,67
8	40	310	33	140	8	19,21
9	55	300	26	200	30	24,66
10	60	230	39	110	11	13,73
11	70	210	45	130	16	15
12	30	240	50	150	0	1,67
13	35	180	65	160	0	6,33
14	45	300	47	155	9	15
15	55	300	49	160	16	20,1
16	65	250	41	140	18	18,23
17	70	260	38	190	30	28,11
18	44	210	37	180	5	12,16
19	55	150	30	200	11	17,97
20	66	150	26	200	28	26,28

Tablo 4.4 2+ risk faktörüne göre sigara içen erkek hastalar için CHD risk

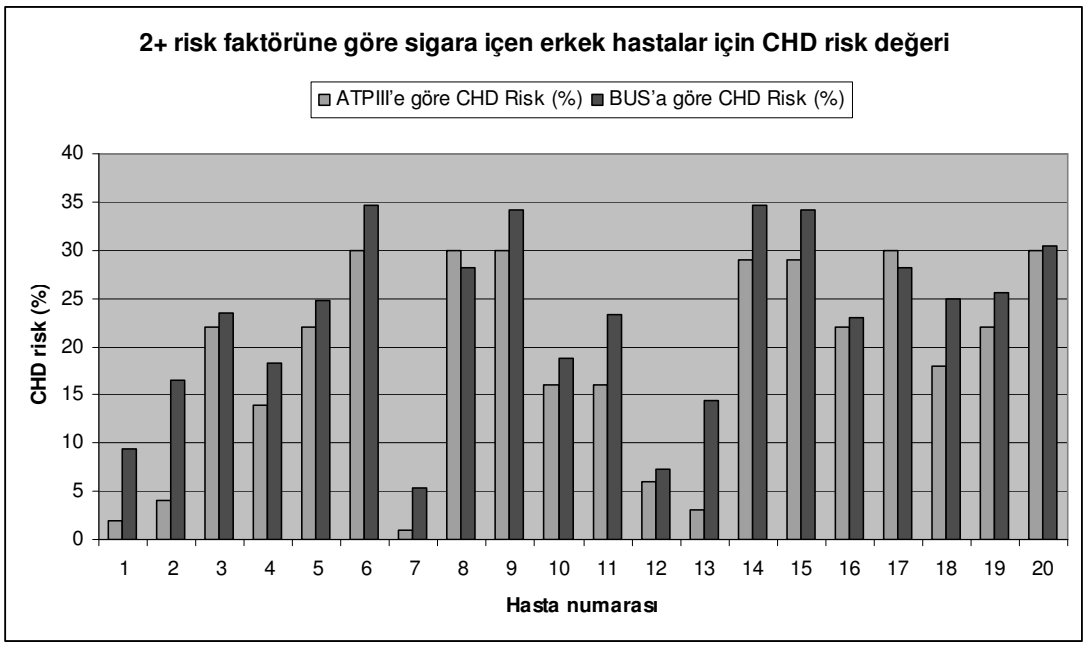
Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içen erkek	
					ATPIII'e göre, CHD Risk (%)	BUS'a göre, CHD Risk (%)
1	30	180	37	160	2	9,4
2	35	190	45	145	4	16,44
3	48	260	33	120	22	23,46
4	57	300	67	110	14	18,35
5	65	250	54	170	22	24,76
6	75	290	25	135	30	34,58
7	30	160	49	160	1	5,36
8	40	310	33	140	30	28,15
9	55	300	26	200	30	34,17
10	60	230	39	110	16	18,76
11	70	210	45	130	16	23,33
12	30	240	50	150	6	7,33
13	35	180	65	160	3	14,44
14	45	300	47	155	29	34,58
15	55	300	49	160	29	34,17
16	65	250	41	140	22	22,97
17	70	260	38	190	30	28,1
18	44	210	37	180	18	25,02
19	55	150	30	200	22	25,65
20	66	150	26	200	30	30,44

Şekil 4.19'da sigara içmeyen erkek hastalara ait CHD riski grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.19 2+ risk faktörü olan sigara içmeyen erkek hastalara ait CHD riski

Şekil 4.20'de sigara içen erkek hastalara ait CHD riski grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.20 2+ risk faktörü olan sigara içen erkek hastalara ait CHD riski

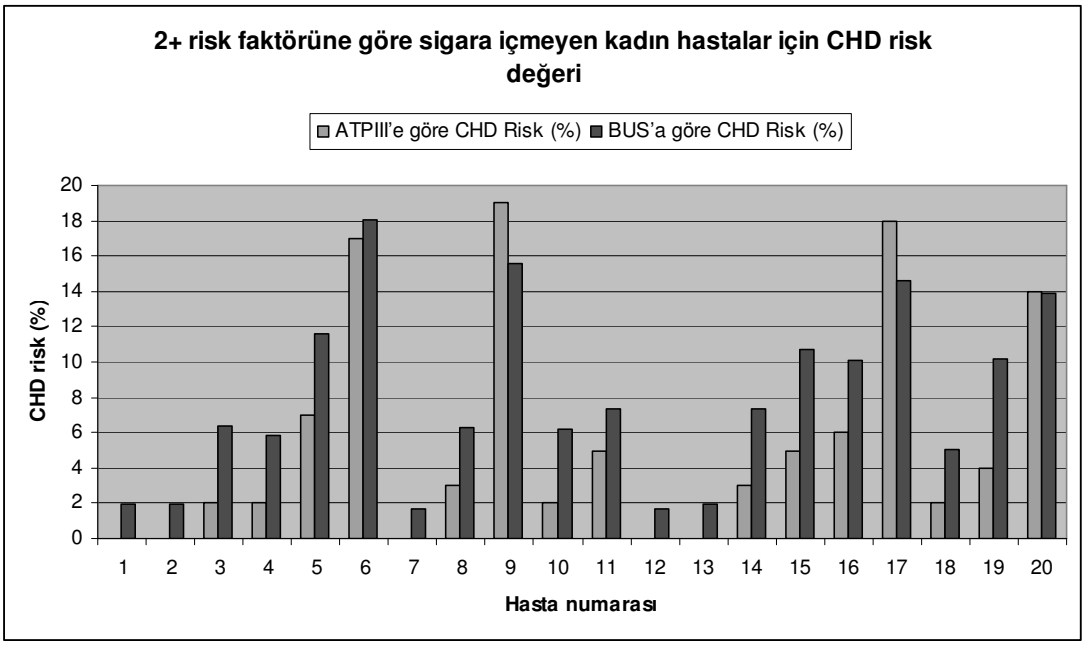
Tablo 4.5 2+ risk faktörüne göre sigara içmeyen kadın hastalar için CHD risk

Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içmeyen kadın	
					ATPIII'e göre, CHD Risk (%)	BUS'a göre, CHD Risk (%)
1	30	180	37	160	0	1,94
2	35	190	45	145	0	1,94
3	48	260	33	120	2	6,33
4	57	300	67	110	2	5,88
5	65	250	54	170	7	11,58
6	75	290	25	135	17	18,04
7	30	160	49	160	0	1,67
8	40	310	33	140	3	6,26
9	55	300	26	200	19	15,61
10	60	230	39	110	2	6,19
11	70	210	45	130	5	7,33
12	30	240	50	150	0	1,67
13	35	180	65	160	0	1,94
14	45	300	47	155	3	7,33
15	55	300	49	160	5	10,74
16	65	250	41	140	6	10,12
17	70	260	38	190	18	14,58
18	44	210	37	180	2	5,05
19	55	150	30	200	4	10,21
20	66	150	26	200	14	13,88

Tablo 4.6 2+ risk faktörüne göre sigara içen kadın hastalar için CHD risk

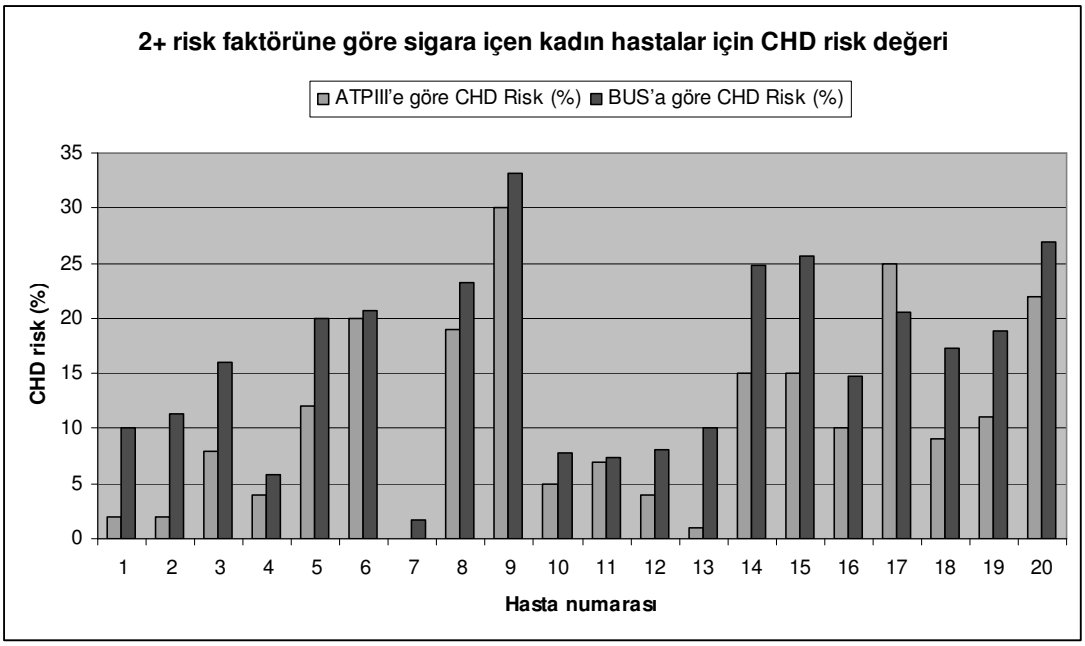
Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içen kadın	
					ATPIII'e göre, CHD Risk (%)	BUS'a göre, CHD Risk (%)
1	30	180	37	160	2	10,07
2	35	190	45	145	2	11,3
3	48	260	33	120	8	16,07
4	57	300	67	110	4	5,88
5	65	250	54	170	12	20,03
6	75	290	25	135	20	20,63
7	30	160	49	160	0	1,67
8	40	310	33	140	19	23,29
9	55	300	26	200	30	33,13
10	60	230	39	110	5	7,79
11	70	210	45	130	7	7,33
12	30	240	50	150	4	8,07
13	35	180	65	160	1	10,07
14	45	300	47	155	15	24,73
15	55	300	49	160	15	25,69
16	65	250	41	140	10	14,78
17	70	260	38	190	25	20,54
18	44	210	37	180	9	17,28
19	55	150	30	200	11	18,78
20	66	150	26	200	22	26,97

Şekil 4.21'de sigara içmeyen kadın hastalara ait CHD riski grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.21 2+ risk faktörü olan sigara içmeyen kadın hastalara ait CHD riski

Şekil 4.22'de sigara içen kadın hastalara ait CHD riski grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.22 2+ risk faktörü olan sigara içen kadın hastalara ait CHD riski

Tablo 4.7-10'da BUS'un hesaplamış olduğu CHD risk değeri ile Matlab programının hesaplamış olduğu CHD risk değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

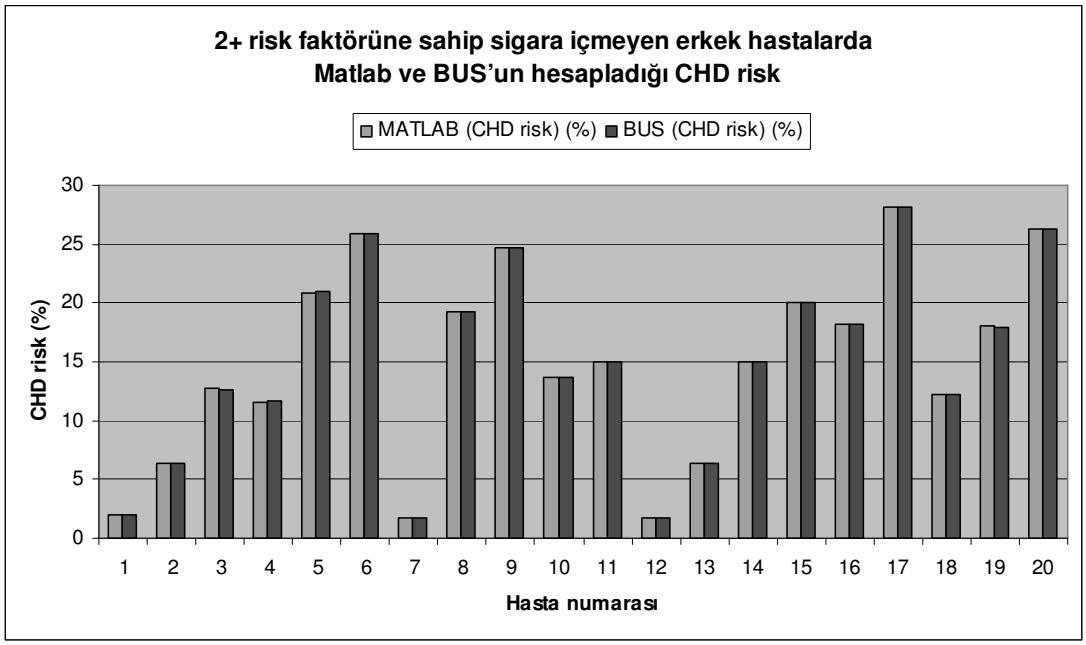
Tablo 4.7 Sigara içmeyen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içmeyen erkek	
					MATLAB (CHD risk) (%)	BUS (CHD risk) (%)
1	30	180	37	160	1,94	1,94
2	35	190	45	145	6,33	6,33
3	48	260	33	120	12,7	12,67
4	57	300	67	110	11,6	11,62
5	65	250	54	170	20,9	20,92
6	75	290	25	135	25,9	25,89
7	30	160	49	160	1,67	1,67
8	40	310	33	140	19,2	19,21
9	55	300	26	200	24,7	24,66
10	60	230	39	110	13,7	13,73
11	70	210	45	130	15	15
12	30	240	50	150	1,67	1,67
13	35	180	65	160	6,33	6,33
14	45	300	47	155	15	15
15	55	300	49	160	20,1	20,1
16	65	250	41	140	18,2	18,23
17	70	260	38	190	28,1	28,11
18	44	210	37	180	12,2	12,16
19	55	150	30	200	18	17,97
20	66	150	26	200	26,3	26,28

Tablo 4.8 Sigara içen erkek hatalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

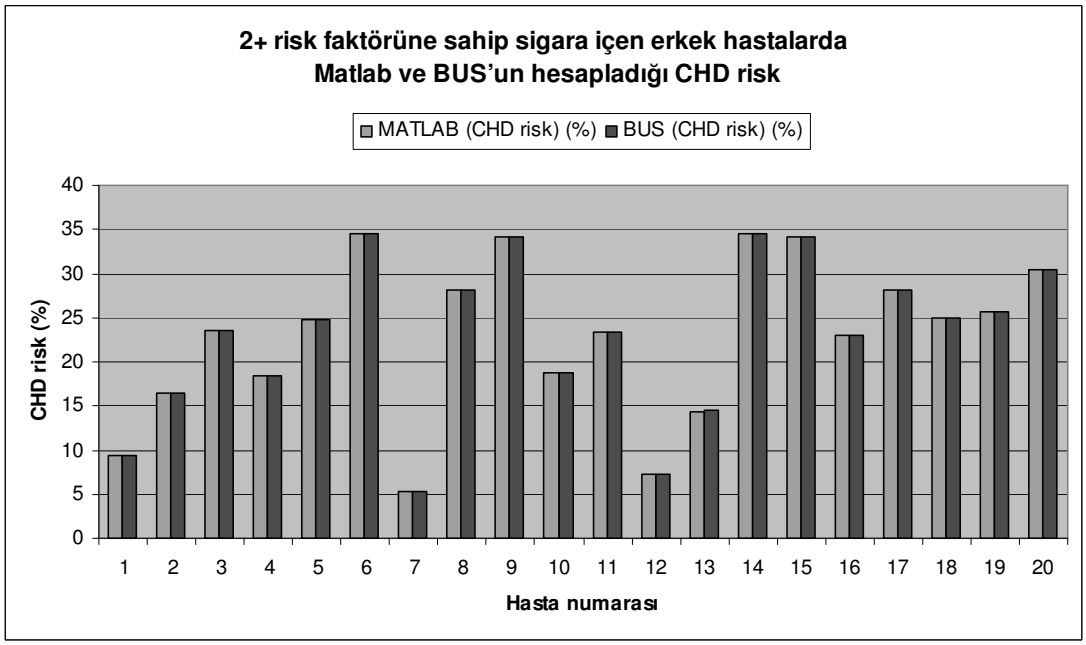
Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içen erkek	
					MATLAB (CHD risk) (%)	BUS (CHD risk) (%)
1	30	180	37	160	9,4	9,4
2	35	190	45	145	16,4	16,44
3	48	260	33	120	23,5	23,46
4	57	300	67	110	18,4	18,35
5	65	250	54	170	24,8	24,76
6	75	290	25	135	34,6	34,58
7	30	160	49	160	5,36	5,36
8	40	310	33	140	28,2	28,15
9	55	300	26	200	34,2	34,17
10	60	230	39	110	18,8	18,76
11	70	210	45	130	23,3	23,33
12	30	240	50	150	7,33	7,33
13	35	180	65	160	14,4	14,44
14	45	300	47	155	34,6	34,58
15	55	300	49	160	34,2	34,17
16	65	250	41	140	23	22,97
17	70	260	38	190	28,1	28,1
18	44	210	37	180	25	25,02
19	55	150	30	200	25,7	25,65
20	66	150	26	200	30,4	30,44

Şekil 4.23'de sigara .içmeyen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD riski değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Sigara içmeyen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

Şekil 4.24'de sigara .içen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD riski değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Sigara içen erkek hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

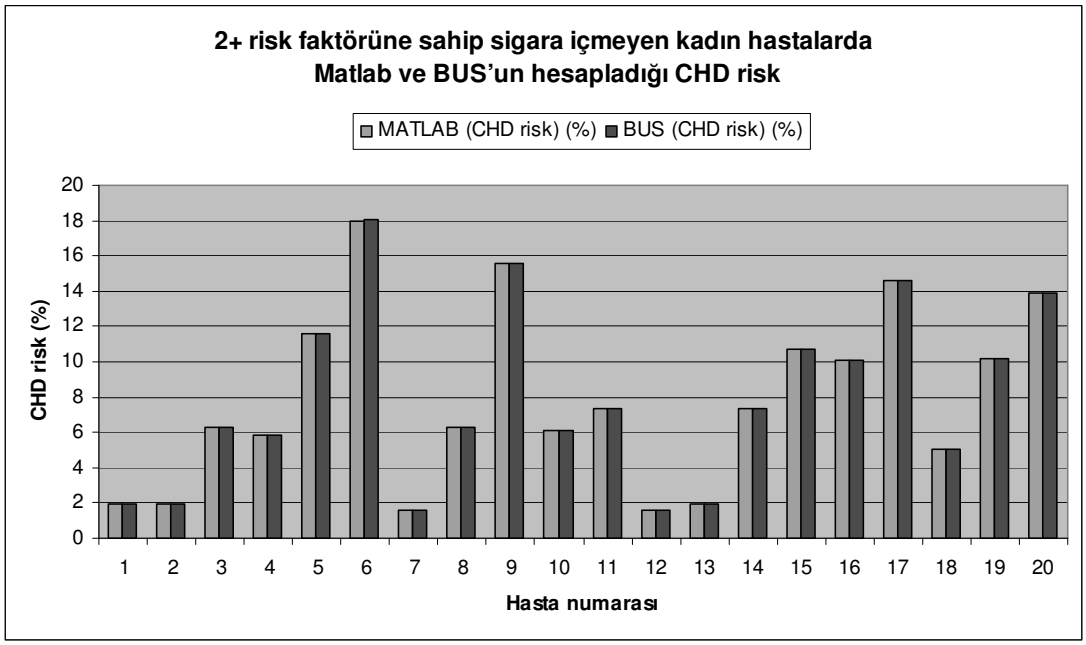
Tablo 4.9 Sigara içmeyen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içmeyen kadın	
					MATLAB (CHD risk) (%)	BUS (CHD risk) (%)
1	30	180	37	160	1,92	1,92
2	35	190	45	145	1,92	1,92
3	48	260	33	120	6,32	6,32
4	57	300	67	110	5,84	5,84
5	65	250	54	170	11,6	11,57
6	75	290	25	135	18	18,04
7	30	160	49	160	1,63	1,63
8	40	310	33	140	6,29	6,29
9	55	300	26	200	15,6	15,61
10	60	230	39	110	6,15	6,15
11	70	210	45	130	7,33	7,33
12	30	240	50	150	1,63	1,63
13	35	180	65	160	1,92	1,92
14	45	300	47	155	7,33	7,33
15	55	300	49	160	10,7	10,74
16	65	250	41	140	10,1	10,11
17	70	260	38	190	14,6	14,58
18	44	210	37	180	5,01	5,01
19	55	150	30	200	10,2	10,17
20	66	150	26	200	13,9	13,87

Tablo 4.10 Sigara içen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

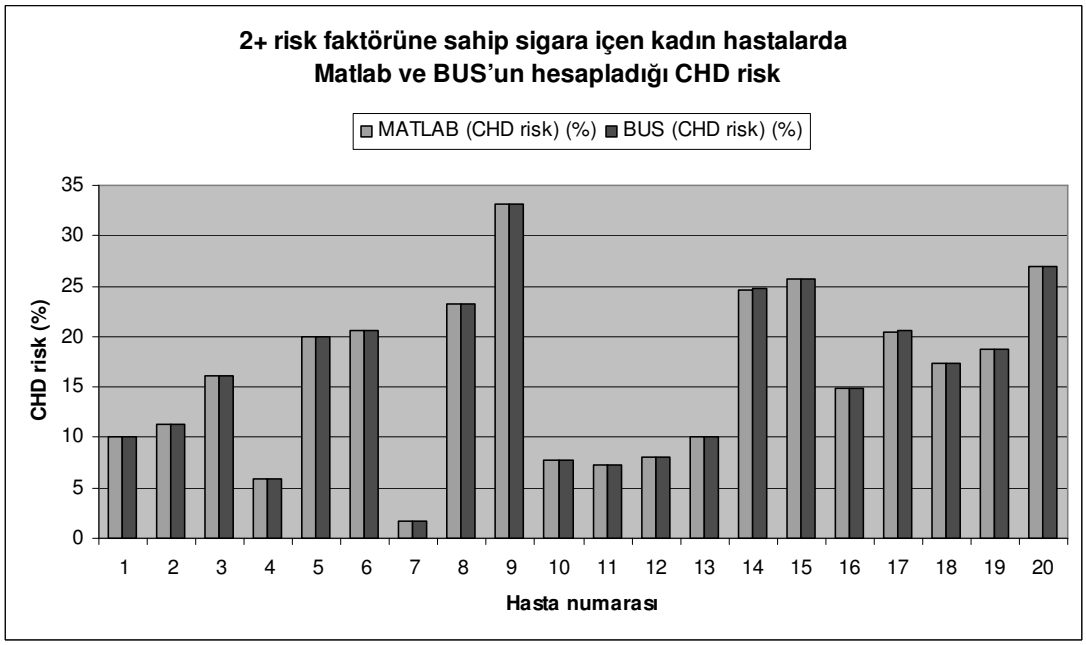
Hasta Numarası	YAŞ (yıl)	KOL (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	KANBAS (mm/hg)	Sigara içen kadın	
					MATLAB (CHD risk) (%)	BUS (CHD risk) (%)
1	30	180	37	160	10,1	10,09
2	35	190	45	145	11,3	11,32
3	48	260	33	120	16,1	16,06
4	57	300	67	110	5,84	5,84
5	65	250	54	170	20	20,02
6	75	290	25	135	20,6	20,61
7	30	160	49	160	1,63	1,63
8	40	310	33	140	23,3	23,25
9	55	300	26	200	33,1	33,1
10	60	230	39	110	7,76	7,76
11	70	210	45	130	7,33	7,33
12	30	240	50	150	8,05	8,05
13	35	180	65	160	10,1	10,09
14	45	300	47	155	24,7	24,71
15	55	300	49	160	25,7	25,67
16	65	250	41	140	14,9	14,87
17	70	260	38	190	20,5	20,53
18	44	210	37	180	17,3	17,28
19	55	150	30	200	18,8	18,76
20	66	150	26	200	27	26,92

Şekil 4.25'de sigara içmeyen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD riski değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.25 Sigara içmeyen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

Şekil 4.26'da sigara .içen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD riski değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.26 Sigara içmeyen kadın hastalarda Matlab ve BUS'un hesapladığı CHD risk

Tablo 4.7'de sigara kullanmayan erkek hasta, Tablo 4.8'de sigara kullanan erkek hasta, Tablo 4.9'da sigara kullanmayan kadın hasta ve Tablo 4.10'da sigara

kullanan kadın hastaların 10 yıllık CHD riskleri hem bulanık uzman sistem ile hemde Matlab programı ile hesaplanmış ve Şekil 4.23-26'da da görüldüğü gibi aynı sonuçlar elde edilmiştir. Matlab programında FIS editörü kullanılarak 4 girişli 1 çıkışlı olan sistem tasarlanmış ve 108 adet kural oluşturulmuştur. Bizim tasarlamış olduğumuz sistem de daha önce belirtildiği gibi bulanık uzman sistemin yapısında 4 farklı grup hasta için risk hesabı yapılmıştı. Aynı sistem sistem Matlab ile oluşturuldu. Tablo 4.7-10'da görüleceği gibi risk değerleri aynı değerde hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son yıllarda tıp alanında bulanık mantık ve uzman sistem kullanılarak çoğu hastalığın teşhis ve tedavisi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Sadece hastalıklar ile ilgili değil tıbbi cihazların kontrolünde de yaygın olarak bu yöntemler kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında da koroner kalp hastalığı riski tanısı ve tedavisi için hiyerarşik yapılı bir bulanık uzman sistem tasarlanmıştır.

Yapılan bu çalışmada öncelikli olarak bulanık mantık ile ilgili temel bilgiler verilmiş daha sonra bulanık kontrol uygulamalarından bahsedilmiştir. Bulanık kontrol de çıkış değerinin hesaplanması yaygın olarak kullanılan centroid metodu ile yapılmıştır.

Hiyerarşik sistemde öncelikle hastaya ait 11 adet veri kullanılarak toplam risk faktörü belirlenmiştir. Bu, CHD risk'in hesaplanması için önemlidir. Çünkü sistemimizin risk'i hesaplaması için hastanın 2+ risk faktörüne sahip olması gerekmektedir. Eğer böyle bir durum söz konusu ise hastanın riski bulanık uzman sistem tarafından hesaplanmış olacaktır. Eğer hastamızın risk faktörü <2 yada kalp hastası veya şeker hastası ise o zaman bulanık uzman sistem devreden çıkmış yani risk hesaplanmamıştır. LDL kolesterol seviyesine göre hastamıza uygulanması gereken tedavi belirlenmiştir. Bahsedilen bu durumlar ile ilgili hastalar örnek uygulamalar kısmında ele alınmıştır.

Bulanık uzman sistem tarafından bulanıklaştırılabilecek giriş sayısı 6 olmasına karşın (yaş, total kolesterol, hdl-c, kan basıncı, ldl-c ve trigiliserit) biz 4 adet değeri aldık. Bunun nedeni bu çalışmanın NCEP'in yayınlamış olduğu ATP III raporuna göre yapılmış olmasıdır. Bu raporda risk hesabında kullanılan değerler cinsiyet, sigara kullanımı, yaş, total kolesterol, hdl kolesterol ve kan basıncı değerleri olduğu için yapılan bu çalışmada yaş, total kolesterol, hdl kolesterol ve kan basıncı değerleri kullanıldı. Cinsiyet ve sigara kullanımı sistemimizde 4 farklı gurubun oluşmasını sağlamışdır. LDL kolesterol değeri bizim sistemimizde hastaya uygulanacak olan tedavinin belirlenmesinde kullanıldığı için bulanıklaştırma işlemi uygulanmamıştır. Eğer tedavi belirleme işlemi LDL kolesterol ile birlikte başka bir parametre kullanılmasını gerektirseydi o zaman bu değerde bulanıklaştırılabilirdi. LDL kolesterolü bulanıklaştırmamamızın nedenlerini şu şekilde ifade edebiliriz. Birincisi,

total kolesterol değeri sistemde zaten bulanıklaştırma işlemine tabi tutulmuştur. LDL kolesterol değeri de total kolesterol değerinin içerisinde olduğu için dolaylı olarak bulanıklaştırılmış olmaktadır. İkincisi, LDL kolesterolü bulanıklaştırırsak sistemde var olan 108 adet kural sayısı; LDL kolesterole ait olan 5 adet üyelik fonksiyonunun da hesaba katılmasıyla 540 olacaktır. Bulanık uzman sistemlerde kural sayısının fazla olması istenmeyen bir durumdur. Üçüncüsü, diğer çalışmalarda da CHD riskinin belirlenmesinde genelde total kolesterol değeri kullanılmıştır.

Bu sistem, normal yöntemlerle yapılan hesaplama yöntemlerine alternatif olarak geliştirilmiştir. Tıp alanında her gün yaşanan değişim, hastalıkların tedavilerine de doğru orantılı olarak yansımaktadır. Bulanık mantık ve uzman sistemlerin yer aldığı tıp alanındaki uygulamalarda normal yöntemlere göre yapılan teşhis ve tedavilerin yanında BUS'ler daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Koroner Kalp Hastalığı riski için bugüne kadar NCEP'in yayımlamış olduğu üç farklı rapor vardır. Bu raporlarda ortak olan, hastalıkta uygulanacak olan tedaviyi etkileyen unsurlardır. Ayrıca tedavinin şeklinin nasıl olacağı hakkında bilgi verilmiştir. Tedavi yöntemleri her geçen gün değişmektedir. Dolayısıyla hastalığın risk hesabı yapılırken kullanılan verilerde de değişme olmaktadır. Bu gibi değişimler tasarlamış olduğumuz sistemde kural tabanını etkilemektedir. Yazılan programda sadece kural tabanının güncellenmesi yeterli olacaktır. Kural tabanının doğru yapılması hesaplamanın da doğru olacağı anlamına gelmektedir. Kural tabanının iyi olması için, bu alanda uzmanlaşmış bir uzmanın bilgi ve tecrübesinden faydalanmak gerekmektedir.

Bu çalışmada risk hesaplanması ve tedavinin belirlenmesi Visual Basic programı ile yapılan bir ara yüz ile hesaplanmıştır. Ayrıca risk hesaplanması Matlab programında yer alan FIS editörü kullanılarak da hesaplanmış ve çıkarım ve durulaştırma işlemleri yazılan programın sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan bu çalışmada asıl amaç risk hesabının bulanık uzman sistem ile belirlenme aşamasıdır. Tedavi belirleme kısmında LDL kolesterol seviyesi önemlidir. Eğer hastaya LDL kolesterol seviyesine göre ilaç tedavisi verilmişse bu tedavide kullanılacak olan ilacın dozajının miktarı yine bulanık uzman sistem ile hesaplanabilir. Aynı durum diyet tedavisi içinde geçerlidir. Bu proje bu şekilde geliştirilebilir. Hastaların belirli bir grupda incelenmesi çalışmayı daha verimli

kılacaktır. Örneğin belli bir yaş grubu yada belli bir hastalığa sahip hasta grubu şeklinde koroner kalp hastalığı riski incelenebilir.

Bu çalışmada kullanılan çıkarım ve durulaştırma yöntemleri sırasıyla max-min çıkarım ve centroid yöntemleridir. Bu yöntemlerin kullanılmasındaki amaç en yaygın olarak kullanılan yöntemler olmalarından dolayıdır. Diğer çıkarım ve durulaştırma yöntemleri kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Sinirsel bulanık ağlar kullanarak aynı sistem için sonuçlar değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Erkan K., 1999, Bulanık Mantık İle Doğru Akım Motorunun İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Allahverdi N, 2002, Uzman Sistemler bir yapay zeka uygulaması, Atlas yayınevi, İstanbul.

Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, National Cholesterol Education Program-ATP III (Adult Treatment Panel III) Report, National Institutes of Health, National Heart, Lung and Blood Institute, Executive Summary, 40p., May,2001, available at the page: http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/cholesterol /atp3xsum.pdf.

Elmas Ç., 2003, Bulanık Mantık Denetleyiciler, Seçkin yayınevi, Ankara.

Zadeh L.A., 1965, Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338-52.

Zadeh L.A, 1984, Making computer think like people, IEEE Spectrum, pp 26-32.

Şen Z., 2004, Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri, SU Vakfı Yayınları, İstanbul.

Allahverdi N., Saritas I., Ozkan I.A., Argindogan M., 2006, An Example of Determination of Medicine Dose in the Treatment by Fuzzy Method, in Proc. Intern. Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'2006, Bulgaria, 15-17, available at the page:http://ecet.ecs.ru.acad.bg/cst/Docs /proceedings/S3/III-16.pdf.

Saritas I., Allahverdi N.,Sert U., 2003, A Fuzzy Expert System Design for Diagnosis of Prostate Cancer, in Proc. Intern. Conference on Computer Systems and Technologies -*CompSysTech'2003*, Sofia, Bulgaria, 18-20 June 2003, available at the

page: http://ecet.ecs.ru.acad.bg/cst06/Docs/cp/SIII/IIIA.1.pdf.
ATPIII Online Calculator, (see web site http://www.hp2010.nblbihin.net/atpiii/ calculator. asp).

Schuster A., Adamson K., Bell D.A., 1999, Decision-Making On Fuzzy Pieces Of Evidence *Workshop on Intelligent Data Analysis in Medicine and Pharmacology*, Washington DC, USA, pp114-116.

Slyper A.H., 1994, Low-density-lipoprotein Density and Atherosclerosis – Unravelling the Connection, JAMA, 272 (4), pp. 305-308.

Schuster A., Adamson K. and Bell D.A. Fuzzy Logic in a Decision Support System in the Domain of Coronary Heart Disease Risk Assessment, pp. 177-204, in the Book: Fuzzy Logic in Medicine; Editors: Barro S., Marin R., Physica-Verlag, 2002, p.310.

Dubitzky W., Schuster A., Hughes J. and Bell D. An Advanced Case-Knowledge Architecture Based on Fuzzy Objects, Applied Intelligence, Volume 7, Number 3 / July, 1997, pp. 187-204.

Allahverdi N., 2005, Bulanık mantık ve sistemler. http://farabi.selcuk.edu.tr/ egitim/bulanik/index.html, Haziran.

Tuncer, S. 1999. "Değişken Hızlı Sürücü Sistemleri İçin Bulanık Denetleyicili Yeni Bir Algoritmanın Geliştirilmesi ve Uygulaması, F. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Koutsojannis C. and Hatzilygeroudis. FESMI: A Fuzzy Expert System for Diagnosis and Treatment of Male Impotence, KES 2004, LNAI 3214, pp.1106-1113, Springer-Verlag, 2004.

The Mathworks, Natick, MA., www.mathworks.com. *Fuzzy Logic Toolbox Users Guide*, version 2 edition, 1999.

Karagülle İ, Pala Z., 1999, Visual Basic 6.0, Türkmen kitapevi, İstanbul

İbrahim A., 2005, Gömülü Sistemlerle Bulanık Mantık, Bileşim yayınevi İstanbul

EKLER

EK-A Program Kodları

```
Private Sub Command1_Click()
ReDim riskdilsel(110), Lis1(110), Lis2(110), T9(110), T11(110), t35(110), t36(110), t37(200), t44(200), Lis3(110), Lis4(110), ys(110), hl(110), col(110), kb(110) As Variant
Dim kalp, aekh, cinsiyet, sigara As Variant
Dim yas, ldl, hdl, chol, kanbas As Variant
Dim risk, riskfak, al, hesapal, hdlmx As Variant
ReDim mchol(110), myas(110), Mhdl(110), cd(20), d(20), o(20), Y(20), cy(20), Mkb(20), t38(110), T34(110), t32(110), T26(110), T99(110), T27(110), T28(110), T9(110), T11(110), kalan(110), kalan2(110), kalan3(110), mx(110) As Variant
ReDim hesapalan(1000), toplamalan(1000), kalantop(1000) As Variant
Dim m, say, ke, se As Variant
Dim x1, x2, maxd, max1, mx1, mx2, mx3, mx4, mx5, mxa1, mxa2, mxa3, mxa4, mxa5 As Variant
Dim hesapox, hesapcyx, xcg1, xcg2, xcg3, alan1, alan2, alan3, topalan1, topalan2, topalan3, topalan4, topalan5 As Variant
ReDim rmxcd(40002), rmxd(40002), rmxo(40002), rmxy(40002), rmxcy(40002) As Variant
ReDim xt(40000)
Dim risk1, risk2, risk3, risk4, risk5 As Variant
ReDim pay1(50000), pay2(50000), payda(50000), pay6(50000), pay3(50000), pay4(50000), pay5(50000), payda1(50000), payda2(50000), payda3(50000), payda4(50000), payda5(50000) As Variant
ReDim xt1(50000), xt2(50000), xt3(50000), xt4(50000), xt5(50000), xt6(50000) As Variant
yas = Int(Text3.Text) 'yaş değeri
ldl = Int(Text1.Text) 'LDL Cholesterol değeri
hdl = Int(Text2.Text) 'HDL cholesterol değeri
chol = Int(Text7.Text) 'Total cholesterol değeri
kanbas = Int(Text4.Text) 'Kan basıncı değeri
tg = Text6.Text 'Trigiliserit değeri
aekh = Combo1.Text 'Ailede Erken Kalp Hastalığı değeri
kalp = Combo4.Text 'Kalp hastası olup olmadığı değeri
diabet = Combo3.Text 'Şeker hastalığı olup olmadığı değeri
sigara = Combo2.Text 'Siğara içip içmediği değeri
cinsiyet = Combo5.Text 'Cinsiyet değeri
If (cinsiyet = "ERKEK") Then
If hdl < 39 Then riskfak = riskfak + 1
If sigara = "EVET" Then riskfak = riskfak + 1
If aekh = "EVET" Then riskfak = riskfak + 1
If yas >= 45 Then riskfak = riskfak + 1
If kanbas > 140 Then riskfak = riskfak + 1
If tg > 180 Then riskfak = riskfak + 1
If hdl >= 60 Then riskfak = riskfak - 1
End If
```

```
If (cinsiyet = "KADIN") Then
If hdl < 43 Then riskfak = riskfak + 1
If sigara = "EVET" Then riskfak = riskfak + 1
If aekh = "EVET" Then riskfak = riskfak + 1
If yas >= 55 Then riskfak = riskfak + 1
If kanbas > 140 Then riskfak = riskfak + 1
If tg > 180 Then riskfak = riskfak + 1
If hdl >= 60 Then riskfak = riskfak - 1
End If
Text5.Text = riskfak ' form üzerinde hastanın kaç risk faktörüne sahip YAŞLIuğu
görülebilmektedir.
'hastanın risk faktörü sayısına göre hastaya uygulanacak tedavi belirlenecektir.
If (kalp = "EVET" Or diabet = "EVET") Then
Text24.Text = ""
If ldl > 130 Then
Text10.Text = "İLAÇ"
GoTo gell:
Else
Text10.Text = "DİYET"
GoTo gell:
End If
End If
If riskfak < 2 Then 'hastanın risk faktörü 2 den az ise hastanın LDL Cholesterol
değerine bakılır.
Text24.Text = ""
If ldl > 190 Then
Text10.Text = "DRUG"
ElseIf ldl > 160 Then
Text10.Text = "DIET"
Else
Text10.Text = "NORMAL YAŞAM"
End If
Else 'hastanın risk faktörü 2 ve daha fazla ise
'YAŞ için Bulanık kümeler
'GENÇ
If yas < 30 Then
yasmx = 1
yas1 = "GENÇ"
myas(0) = yasmx
End If
If (yas >= 30 And yas < 40) Then
yasmx = (40 - yas) / 10
yas1 = "GENÇ"
myas(0) = yasmx
End If
'ORTAYAŞLI
If (yas > 30 And yas <= 40) Then
yasmx = (yas - 30) / 10
```

```
yas2 = "ORTAYAŞLI"
myas(1) = yasmx
End If
If yas >= 40 And yas <= 50 Then
yasmx = 1
yas2 = "ORTAYAŞLI"
myas(1) = yasmx
End If
If (yas >= 50 And yas < 70) Then
yasmx = (70 - yas) / 20
yas2 = "ORTAYAŞLI"
myas(1) = yasmx
End If
'YAŞLI
If (yas > 50 And yas <= 70) Then
yasmx = (yas - 50) / 20
yas3 = "YAŞLI"
myas(2) = yasmx
End If
If yas >= 70 Then
yasmx = 1
yas3 = "YAŞLI"
myas(2) = yasmx
End If
'Cholesterol için Bulanık Kümeler
'DÜŞÜK
If chol <= 160 Then
cholmx = 1
chol1 = "DÜŞÜK"
mchol(0) = cholmx
End If
If (chol >= 160 And chol < 200) Then
cholmx = (200 - chol) / 40
chol1 = "DÜŞÜK"
mchol(0) = cholmx
End If
'NORMAL
If (chol > 160 And chol <= 200) Then
cholmx = (chol - 160) / 40
chol2 = "ORTA"
mchol(1) = cholmx
End If
If (chol >= 200 And chol <= 240) Then
cholmx = 1
chol2 = "ORTA"
mchol(1) = cholmx
End If
If (chol >= 240 And chol < 280) Then
```

```
cholmx = (280 - chol) / 40
chol2 = "ORTA"
mchol(1) = cholmx
End If
'YÜKSEK
If (chol > 240 And chol <= 280) Then
cholmx = (chol - 240) / 40
chol3 = "YÜKSEK"
mchol(2) = cholmx
End If
If chol >= 280 Then
cholmx = 1
chol3 = "YÜKSEK"
mchol(2) = cholmx
End If
'Kan basıncı için bulanık kümeler
'DÜŞÜK
If (kanbas < 100) Then
kanbasmx = 1
kanbas1 = "DÜŞÜK"
Mkb(0) = kanbasmx
End If
If (kanbas >= 100 And kanbas < 130) Then
kanbasmx = (130 - kanbas) / 30
kanbas1 = "DÜŞÜK"
Mkb(0) = kanbasmx
End If
'ORTA
If (kanbas > 100 And kanbas <= 130) Then
kanbasmx = (kanbas - 100) / 30
kanbas2 = "ORTA"
Mkb(1) = kanbasmx
End If
If kanbas >= 130 And kanbas <= 140 Then
kanbasmx = 1
kanbas2 = "ORTA"
Mkb(1) = kanbasmx
End If
If (kanbas >= 140 And kanbas < 155) Then
kanbasmx = (155 - kanbas) / 15
kanbas2 = "ORTA"
Mkb(1) = kanbasmx
End If
'YÜKSEK
If (kanbas > 130 And kanbas <= 145) Then
kanbasmx = (kanbas - 130) / 15
kanbas3 = "YÜKSEK"
Mkb(2) = kanbasmx
```

```
End If
If (kanbas >= 145 And kanbas <= 180) Then
kanbasmx = 1
kanbas3 = "YÜKSEK"
Mkb(2) = kanbasmx
End If
If (kanbas >= 180 And kanbas < 220) Then
kanbasmx = (220 - kanbas) / 40
kanbas3 = "YÜKSEK"
Mkb(2) = kanbasmx
End If
'ÇOKYÜKSEK
If (kanbas > 145 And kanbas <= 200) Then
kanbasmx = (kanbas - 145) / 55
kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK"
Mkb(3) = kanbasmx
End If
If kanbas > 200 Then
kanbasmx = 1
kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK"
Mkb(3) = kanbasmx
End If
'HDL için
'DÜŞÜK
If hdl < 25 Then
hdlmx = 1
hdl1 = "DÜŞÜK"
Mhdl(0) = hdlmx
End If
If hdl >= 25 And hdl < 40 Then
hdlmx = (40 - hdl) / 15
hdl1 = "DÜŞÜK"
Mhdl(0) = hdlmx
End If
'ORTA'
If hdl > 25 And hdl <= 40 Then
hdlmx = (hdl - 25) / 15
hdl2 = "ORTA"
Mhdl(1) = hdlmx
End If
If hdl > 40 And hdl < 50 Then
hdlmx = 1
hdl2 = "ORTA"
Mhdl(1) = hdlmx
End If
If hdl >= 50 And hdl < 60 Then
hdlmx = (60 - hdl) / 10
hdl2 = "ORTA"
```

```
Mhdl(1) = hdlmx
End If
'YÜKSEK
If hdl > 50 And hdl <= 60 Then
hdlmx = (hdl - 50) / 10
hdl3 = "YÜKSEK"
Mhdl(2) = hdlmx
End If
If hdl > 60 Then
hdlmx = 1
hdl3 = "YÜKSEK"
Mhdl(2) = hdlmx
End If
ys(0) = "GENÇ"
ys(1) = "ORTAYAŞLI"
ys(2) = "YAŞLI"
col(0) = "DÜŞÜK"
col(1) = "ORTA"
col(2) = "YÜKSEK"
hl(0) = "DÜŞÜK"
hl(1) = "ORTA"
hl(2) = "YÜKSEK"
kb(0) = "DÜŞÜK"
kb(1) = "ORTA"
kb(2) = "YÜKSEK"
kb(3) = "ÇOKYÜKSEK"
a = 0
For ad = 0 To 2
For se = 0 To 2
For ke = 0 To 2
For re = 0 To 3
Lis1(a) = ys(ad)
Lis2(a) = col(se)
Lis3(a) = hl(ke)
Lis4(a) = kb(re)
a = a + 1
Next re
Next ke
Next se
Next ad
'KURALLAR
'Erkek ve Sigara yok
If (cinsiyet = "ERKEK" And sigara = "HAYIR") Then
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(1) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(2) = "ÇOKDÜŞÜK"
```

If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 = "YÜKSEK" Then riskdilsel(3) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 = "ORTA" Then riskdilsel(86) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 = "YÜKSEK" Then riskdilsel(87) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(88) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 = "DÜŞÜK" Then riskdilsel(89) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 = "ORTA" Then riskdilsel(90) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 = "YÜKSEK" Then riskdilsel(91) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(92) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 = "DÜŞÜK" Then riskdilsel(93) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 = "ORTA" Then riskdilsel(94) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 = "YÜKSEK" Then riskdilsel(95) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(96) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 = "DÜŞÜK" Then riskdilsel(97) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 = "ORTA" Then riskdilsel(98) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 = "YÜKSEK" Then riskdilsel(99) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(100) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 = "DÜŞÜK" Then riskdilsel(101) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 = "ORTA" Then riskdilsel(102) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 = "YÜKSEK" Then riskdilsel(103) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(104) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 = "DÜŞÜK" Then riskdilsel(105) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 = "ORTA" Then riskdilsel(106) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 = "YÜKSEK" Then riskdilsel(107) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 = "ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(108) = "YÜKSEK"

```
End If
'Erkek ve sigara var
If (cinsiyet = "ERKEK" And sigara = "EVET") Then
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(1) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(2) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(3) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(86) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(87) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(88) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(89) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(90) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(91) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(92) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(93) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(94) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(95) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(96) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(97) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(98) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(99) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(100) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(101) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(102) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(103) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(104) = "ÇOKYÜKSEK"
```

```
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(105) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(106) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(107) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(108) = "YÜKSEK"
End If
'Kadin ve sigara yok
If (cinsiyet = "KADIN" And sigara = "HAYIR") Then
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(1) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(2) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(3) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(86) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(87) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(88) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(89) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(90) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(91) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(92) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(93) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(94) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(95) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(96) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(97) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(98) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(99) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(100) = "YÜKSEK"
```

```
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(101) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(102) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(103) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(104) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(105) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(106) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(107) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(108) = "ORTA"
End If
'Kadin ve sigara var
If (cinsiyet = "KADIN" And sigara = "EVET") Then
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(1) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(2) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas1 = "GENÇ" And chol1 = "DÜŞÜK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(3) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(87) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(88) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(89) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(90) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(91) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(92) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(93) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(94) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(95) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol2 = "ORTA" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(96) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(97) = "DÜŞÜK"
```

```
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(98) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(99) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl1 = "DÜŞÜK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(100) = "ÇOKYÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(101) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(102) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(103) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl2 = "ORTA" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(104) = "YÜKSEK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas1 =
"DÜŞÜK" Then riskdilsel(105) = "ÇOKDÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas2 =
"ORTA" Then riskdilsel(106) = "DÜŞÜK"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas3 =
"YÜKSEK" Then riskdilsel(107) = "ORTA"
If yas3 = "YAŞLI" And chol3 = "YÜKSEK" And hdl3 = "YÜKSEK" And kanbas4 =
"ÇOKYÜKSEK" Then riskdilsel(108) = "YÜKSEK"
End If
For say = 0 To 107
T9(say) = riskdilsel(say + 1)
If riskdilsel(say + 1) <> "" Then 'Ateşlenen kuralları bulmak için
f = say + 1
m = m + 1
T11(say) = f
T26(m - 1) = Lis1(say) 'yaş
If Lis1(say) = "GENÇ" Then t35(m - 1) = myas(0)
If Lis1(say) = "ORTAYAŞLI" Then t35(m - 1) = myas(1)
If Lis1(say) = "YAŞLI" Then t35(m - 1) = myas(2)
List1.List(m - 1) = Lis1(say)
List7.List(m - 1) = t35(m - 1)
T27(m - 1) = Lis2(say) 'cholesterol
If Lis2(say) = "DÜŞÜK" Then t36(m - 1) = mchol(0)
If Lis2(say) = "ORTA" Then t36(m - 1) = mchol(1)
If Lis2(say) = "YÜKSEK" Then t36(m - 1) = mchol(2)
List2.List(m - 1) = Lis2(say)
List8.List(m - 1) = t36(m - 1)
T99(m - 1) = Lis3(say) 'HDL
If Lis3(say) = "DÜŞÜK" Then t44(m - 1) = Mhdl(0)
If Lis3(say) = "ORTA" Then t44(m - 1) = Mhdl(1)
If Lis3(say) = "YÜKSEK" Then t44(m - 1) = Mhdl(2)
List3.List(m - 1) = Lis3(say)
List9.List(m - 1) = t44(m - 1)
T28(m - 1) = Lis4(say) 'kanbasıncı
```

```
If Lis4(say) = "DÜŞÜK" Then t37(m - 1) = Mkb(0)
If Lis4(say) = "ORTA" Then t37(m - 1) = Mkb(1)
If Lis4(say) = "YÜKSEK" Then t37(m - 1) = Mkb(2)
If Lis4(say) = "ÇOKYÜKSEK" Then t37(m - 1) = Mkb(3)
t32(m - 1) = riskdilsel(say + 1) ' risk
T34(m - 1) = f 'ateşlenen kural
List4.List(m - 1) = Lis4(say)
List10.List(m - 1) = t37(m - 1)
List6.List(m - 1) = f
End If
Next say
For g = 0 To m - 1 'inumum değerler hesaplanıyor
If t35(g) <= t36(g) Then
a = t35(g)
Else
a = t36(g)
End If
If a <= t44(g) Then
b = a
Else
b = t44(g)
End If
If b <= t37(g) Then
c = b
Else
c = t37(g)
End If
t38(g) = c 'minimum olan seçildi
List11.List(g) = t38(g)
List5.List(g) = t32(g)
'durulaştırma yapılıyor
mx(g) = t38(g)
If t32(g) = "ÇOKDÜŞÜK" Then
kcd = kcd + 1
cd(kcd) = t38(g)
End If
If t32(g) = "DÜŞÜK" Then
kd = kd + 1
d(kd) = t38(g)
End If
If t32(g) = "ORTA" Then
ko = ko + 1
o(ko) = t38(g)
End If
If t32(g) = "YÜKSEK" Then
ky = ky + 1
Y(ky) = t38(g)
End If
```

```
If t32(g) = "ÇOKYÜKSEK" Then
kcy = kcy + 1
cy(kcy) = t38(g)
End If
Next g

If kcd <> 0 Then
If kcd = 1 Then
maxcd = cd(kcd)
Else:
For max1 = 1 To kcd - 1
If cd(max1) > cd(max1 + 1) Then
cd(max1 + 1) = cd(max1)
maxcd = cd(max1)
Else
maxcd = cd(max1 + 1)
End If
Next max1
End If
x1 = 5 - 5 * maxcd
topalan1 = (5 + x1) * maxcd / 2
cdalan1 = x1 * maxcd
cdalan2 = (5 - x1) * maxcd / 2
x1cog = x1 / 2
x2cog = (5 + 2 * x1) / 3
cdmer = (x1cog * cdalan1 + x2cog * cdalan2) / topalan1

End If

If kd <> 0 Then
If kd = 1 Then
maxd = d(kd)
Else:
For max1 = 1 To kd - 1
If d(max1) > d(max1 + 1) Then
d(max1 + 1) = d(max1)
maxd = d(max1)
Else
maxd = d(max1 + 1)
End If
Next max1
End If
x1 = 3 * maxd + 2
x2 = 15 - 10 * maxd
topalan2 = (13 + (x2 - x1)) * maxd / 2
dalan1 = (x1 - 2) * maxd / 2
dalan2 = (x2 - x1) * maxd
dalan3 = (15 - x2) * maxd / 2
```

```
x1cog = (2 * x1 + 2) / 3
x2cog = (x1 + x2) / 2
x3cog = (2 * x2 + 15) / 3
dmer = (x1cog * dalan1 + x2cog * dalan2 + x3cog * dalan3) / topalan2
End If
If ko <> 0 Then
If ko = 1 Then
maxo = o(ko)
Else:
For max1 = 1 To ko - 1
If o(max1) > o(max1 + 1) Then
o(max1 + 1) = o(max1)
maxo = o(max1)
Else
maxo = o(max1 + 1)
End If
Next max1
End If
x1 = 10 * maxo + 5
x2 = 25 - 10 * maxo
topalan3 = (20 + (x2 - x1)) * maxo / 2
oalan1 = (x1 - 5) * maxo / 2
oalan2 = (x2 - x1) * maxo
oalan3 = (25 - x2) * maxo / 2
x1cog = (2 * x1 + 5) / 3
x2cog = (x1 + x2) / 2
x3cog = (2 * x2 + 25) / 3
omer = (x1cog * oalan1 + x2cog * oalan2 + x3cog * oalan3) / topalan3
End If

If ky <> 0 Then
If ky = 1 Then
maxy = Y(ky)
Else:
For max1 = 1 To ky - 1
If Y(max1) > Y(max1 + 1) Then
Y(max1 + 1) = Y(max1)
maxy = Y(max1)
Else
maxy = Y(max1 + 1)
End If
Next max1
End If
x1 = 5 * maxy + 15
x2 = 35 - 15 * maxy
topalan4 = (20 + (x2 - x1)) * maxy / 2
yalan1 = (x1 - 15) * maxy / 2
yalan2 = (x2 - x1) * maxy
```

```
yalan3 = (35 - x2) * maxy / 2
x1cog = (2 * x1 + 15) / 3
x2cog = (x1 + x2) / 2
x3cog = (2 * x2 + 35) / 3
ymer = (x1cog * yalan1 + x2cog * yalan2 + x3cog * yalan3) / topalan4
End If

If kcy <> 0 Then
If kcy = 1 Then
maxcy = cy(kcy)
Else

For max1 = 1 To kcy - 1
If cy(max1) > cy(max1 + 1) Then
cy(max1 + 1) = cy(max1)
maxcy = cy(max1)
Else
maxcy = cy(max1 + 1)
End If
Next max1
End If
x1 = 10 * maxcy + 25
x2 = 40
topalan5 = (15 + (x2 - x1)) * maxcy / 2
cyalan1 = (x1 - 25) * maxcy / 2
cyalan2 = (x2 - x1) * maxcy
x1cog = (2 * x1 + 25) / 3
x2cog = (x1 + x2) / 2
cymer = (x1cog * cyalan1 + x2cog * cyalan2) / topalan5
        End If
If kcd <> 0 And kd <> 0 Then
If maxcd >= maxd Then
xa = 3 * maxd + 2
xb = 5 - 5 * maxd
topalancdd = (3 + (xb - xa)) * maxd / 2
cddalan1 = (xa - 2) * maxd / 2
cddalan2 = (xb - xa) * maxd
cddalan3 = (5 - xb) * maxd / 2
cddxcog1 = (2 * xa + 2) / 3
cddxcog2 = (xa + xb) / 2
cddxcog3 = (5 + 2 * xb) / 3
cddmer = (cddxcog1 * cddalan1 + cddxcog2 * cddalan2 + cddxcog3 * cddalan3) /
topalancdd
Else
xa = 3 * maxcd + 2
xb = 5 - 5 * maxcd
topalancdd = (3 + (xb - xa)) * maxcd / 2
cddalan1 = (xa - 2) * maxcd / 2
```

```
cddalan2 = (xb - xa) * maxcd
cddalan3 = (5 - xb) * maxcd / 2
cddxcog1 = (2 * xa + 2) / 3
cddxcog2 = (xa + xb) / 2
cddxcog3 = (5 + 2 * xb) / 3
cddmer = (cddxcog1 * cddalan1 + cddxcog2 * cddalan2 + cddxcog3 * cddalan3) /
topalancdd
End If
End If
If kd <> 0 And ko <> 0 Then
If maxd >= maxo Then
xa = 10 * maxo + 5
xb = 15 - 10 * maxo
topalando = (10 + (xb - xa)) * maxo / 2
doalan1 = (xa - 5) * maxo / 2
doalan2 = (xb - xa) * maxo
doalan3 = (15 - xb) * maxo / 2
doxcog1 = (2 * xa + 5) / 3
doxcog2 = (xa + xb) / 2
doxcog3 = (15 + 2 * xb) / 3
domer = (doxcog1 * doalan1 + doxcog2 * doalan2 + doxcog3 * doalan3) / topalando
Else
xa = 10 * maxd + 5
xb = 15 - 10 * maxd
topalando = (10 + (xb - xa)) * maxd / 2
doalan1 = (xa - 5) * maxd / 2
doalan2 = (xb - xa) * maxd
doalan3 = (15 - xb) * maxd / 2
doxcog1 = (2 * xa + 5) / 3
doxcog2 = (xa + xb) / 2
doxcog3 = (15 + 2 * xb) / 3
domer = (doxcog1 * doalan1 + doxcog2 * doalan2 + doxcog3 * doalan3) / topalando
End If
End If
If ko <> 0 And ky <> 0 Then
If maxo >= maxy Then
xa = 5 * maxy + 15
xb = 25 - 10 * maxy
topalanoy = (10 + (xb - xa)) * maxy / 2
oyalan1 = (xa - 15) * maxy / 2
oyalan2 = (xb - xa) * maxy
oyalan3 = (25 - xb) * maxy / 2
oyxcog1 = (2 * xa + 15) / 3
oyxcog2 = (xa + xb) / 2
oyxcog3 = (25 + 2 * xb) / 3
oymer = (oyxcog1 * oyalan1 + oyxcog2 * oyalan2 + oyxcog3 * oyalan3) / topalanoy
Else
xa = 5 * maxo + 15
```

```
xb = 25 - 10 * maxo
topalanoy = (10 + (xb - xa)) * maxo / 2
oyalan1 = (xa - 15) * maxo / 2
oyalan2 = (xb - xa) * maxo
oyalan3 = (25 - xb) * maxo / 2
oyxcog1 = (2 * xa + 15) / 3
oyxcog2 = (xa + xb) / 2
oyxcog3 = (25 + 2 * xb) / 3
oymer = (oyxcog1 * oyalan1 + oyxcog2 * oyalan2 + oyxcog3 * oyalan3) / topalanoy
End If
End If
If ky <> 0 And kcy <> 0 Then
If maxy >= maxcy Then
xa = 10 * maxcy + 25
xb = 35 - 15 * maxcy
topalanycy = (10 + (xb - xa)) * maxcy / 2
ycyalan1 = (xa - 25) * maxcy / 2
ycyalan2 = (xb - xa) * maxcy
ycyalan3 = (35 - xb) * maxcy / 2
ycyxcog1 = (2 * xa + 25) / 3
ycyxcog2 = (xa + xb) / 2
ycyxcog3 = (2 * xb + 35) / 3
ycymer = (ycyxcog1 * ycyalan1 + ycyxcog2 * ycyalan2 + ycyxcog3 * ycyalan3) /
topalanycy
Else
xa = 10 * maxy + 25
xb = 35 - 15 * maxy
topalanycy = (10 + (xb - xa)) * maxy / 2
ycyalan1 = (xa - 25) * maxy / 2
ycyalan2 = (xb - xa) * maxy
ycyalan3 = (35 - xb) * maxy / 2
ycyxcog1 = (2 * xa + 25) / 3
ycyxcog2 = (xa + xb) / 2
ycyxcog3 = (2 * xb + 35) / 3
ycymer = (ycyxcog1 * ycyalan1 + ycyxcog2 * ycyalan2 + ycyxcog3 * ycyalan3) /
topalanycy
End If
End If

farkalan = topalancdd + topalando + topalanoy + topalanycy
paycik = cddmer * topalancdd + domer * topalando + oymer * topalanoy + ycymer *
topalanycy

geneltopalan = topalan1 + topalan2 + topalan3 + topalan4 + topalan5 - farkalan
risk = (cdmer * topalan1 + dmer * topalan2 + omer * topalan3 + ymer * topalan4 +
cymer * topalan5 - paycik) / geneltopalan
risk = Format(risk, "##.##")
 'Durulaştırma yapıldı
```

```
Text24.Text = "%" & risk
If risk >= 20 Then
If ldl > 130 Then
Text10.Text = "İLAÇ"
GoTo gell:
Else
Text10.Text = "DİYET"
GoTo gell:
End If
End If
If risk >= 10 And risk < 20 Then
If ldl > 130 Then
Text10.Text = "İLAÇ"
GoTo gell:
Else
Text10.Text = "DİYET"
GoTo gell:
End If
ElseIf risk < 10 Then
If ldl > 160 Then
Text10.Text = "İLAÇ"
GoTo gell:
ElseIf ldl > 130 Then
Text10.Text = "DİYET"
Else
Text10.Text = "NORMAL YAŞAM"
GoTo gell:
End If
End If
End If
gell:
End Sub
```