

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK MANTIK KULLANILARAK  
TİP 2 DİYABET HASTALIĞININ ERKEN TAHMİNİ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mahmut HARAN**

**Matematik Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Kemal ÖZDEMİR**

**HAZİRAN 2022**

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK MANTIK KULLANILARAK  
TİP 2 DİYABET HASTALIĞININ ERKEN TAHMİNİ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mahmut HARAN  
(36193614068)**

**Matematik Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Kemal ÖZDEMİR  
Eş Danışman: Prof. Dr. İbrahim ŞAHİN**

**HAZİRAN 2022**

## TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalıőmasının her aőamasında tecrübe ve desteklerini esirgemeyerek beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Kemal ÖZDEMİR'e,

Bulanık üyelik fonksiyonlarının ve bulanık kural tabanı oluşturulmasında sağladıkları destekten dolayı İnönü Üniversitesi Bilgisayar Mühendislięi Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Davut HANBAY'a ve Cemile İNCE'ye,

Ayrıca hayatım boyunca varlığını yanımda hissettiğim aileme,

Çalıőmalarım süresince beni motive eden sevgili yeğenlerim Eren'e, Deniz'e, Marsel'e, Roza'ya ve Adar'a  
teşekkür ederim.



## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bulanık Mantık Kullanılarak Tip 2 Diyabet Hastalığının Erken Tahmini ” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mahmut HARAN



## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ.....	i
ONUR SÖZÜ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	vi
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEMEL KAVRAMLAR.....</b>	<b>3</b>
2.1 Bulanık Kümeler .....	3
2.2 Bulanık Sistemlerde Üyelik Fonksiyonu Seçiminin Önemi.....	11
2.3 Bulanık Mantık Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri.....	13
<b>3. KLİNİK KARAR VERME SÜRECİNDE BULANIK MANTIK KULLANIMI.....</b>	<b>17</b>
3.1 Tanı Amaçlı Klinik Karar Destek Sistemleri.....	18
3.1.1 Verilerin test edilmesi .....	21
3.1.2 Tasarlanan Sisteme Ait Bulgular .....	23
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>36</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>38</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>40</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1</b> : Erkek ve kadın bireyler için bulanık sistem kural tabanı.....	22
--	----



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	: 10 a yakın reel sayılar.....	5
Şekil 2.2	: Konveks ve Konveks Olmayan Bulanık Küme .....	7
Şekil 2.3	: İki tür parametrelili üyelik fonksiyonu örneği.....	14
Şekil 2.4	: İki parametrelili sürekli üyelik fonksiyonları sınıfına örnekler .....	15
Şekil 2.5	: İki sigmoidal fonksiyon $y_1$ ve $y_2$ .....	16
Şekil 3.1	: Tasarlanan sistemin akış şeması .....	20
Şekil 3.2	: Uzman görüşüne göre belirlenen bel çevresi ile ilgili üyelik fonksiyonu (erkek bireyler).....	24
Şekil 3.3	: Uzman görüşüne göre belirlenen bel çevresi ile ilgili üyelik fonksiyonu (kadın bireyler).....	25
Şekil 3.4	: Uzman görüşüne göre belirlenen bel/kalça oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (erkek bireyler).....	27
Şekil 3.5	: Uzman görüşüne göre belirlenen bel/kalça oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (kadın bireyler).....	28
Şekil 3.6	: Uzman görüşüne göre belirlenen bel/boy oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (erkek bireyler).....	30
Şekil 3.7	: Uzman görüşüne göre belirlenen bel/boy oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (kadın bireyler).....	31
Şekil 3.8	: Uzman görüşüne göre belirlenen karar üyelik fonksiyonu (erkek bireyler).....	33
Şekil 3.9	: Uzman görüşüne göre belirlenen karar üyelik fonksiyonu (kadın bireyler).....	34

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

$X$	: Klasik küme,
$\tilde{A}$	: Bulanık küme,
$\mu_{\tilde{A}}$	: $\tilde{A}$ bulanık kümesi üzerinde üyelik fonksiyonu,
$ \tilde{A} $	: $\tilde{A}$ bulanık kümesinin kardinalitesi,
$\ \tilde{A}\ $	: $\tilde{A}$ bulanık kümesinin göreceli kardinalitesi,
$M$	: Üyelik Uzayı,
$S(\tilde{A})$	: $\tilde{A}$ bulanık kümesinin desteği,
$A_{\alpha}$	: $A$ kümesinin $\alpha$ -seviye kümesi ya da $\alpha$ -keseni,
$A'_{\alpha}$	: $A$ kümesinin kuvvetli $\alpha$ -seviye kümesi ya da kuvvetli $\alpha$ -keseni,
$\tilde{A}^t$	: $\tilde{A}$ bulanık kümesinin tümleyeni,
crossover( $\tilde{A}$ )	: $\tilde{A}$ bulanık kümesinin geçiş noktalarının kümesi,
core( $\tilde{A}$ )	: $\tilde{A}$ bulanık kümesinin çekirdeği,
hgt( $\tilde{A}$ )	: $\tilde{A}$ bulanık kümesinin yüksekliği,
KKDS	: Klinik Karar Destek Sistemleri

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## BULANIK MANTIK KULLANILARAK TİP 2 DİYABET HASTALIĞININ ERKEN TAHMİNİ

MAHMUT HARAN

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Matematik Anabilim Dalı

40+vii sayfa

2022

Danışman: Prof. Dr. M. Kemal ÖZDEMİR

Dört bölümden oluşan bu yüksek lisans tezinin birinci bölümünde, bulanık kümeler ve bulanık mantığın tarihsel gelişiminden bahsedildi. İkinci bölümünde, bulanık küme teorisinin temellerine, bulanık kümeler üzerindeki işlemler ve üyelik fonksiyonları çeşitlerine yer verildi. Üçüncü bölümde, Matlab grafiksel geliştirme platformunda, tip 2 diyabet hastalığının erken tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan sistem için uzman görüşü alınarak tip 2 diyabet tanılı hastalar ile sağlıklı bireylerin verileri kullanıldı. Karar Destek sistemi tasarlanırken, Tip 2 diyabet risk tayinin belirlenmesi için bel/kalça oranı ve bel çevresi ve bel çevresi/boy oranları giriş olarak kullanıldı. Bu tasarımda daha yumuşak geçiş imkânı sağlayan üçgen ve yamuk tipi üyelik fonksiyonları kullanarak, Mamdani tipi bulanık kümeler oluşturuldu. Sistemin çıkışı için bulanık mantık üyelik fonksiyonları oluşturularak bulanık bir çıkış üretildi. Son bölüm ise tezin sonuç bölümüdür.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Mantık, Bulanık Küme, Üyelik Fonksiyonu, Tip 2 Diyabet, Karar Destek Sistemi, Risk

## ABSTRACT

Master Thesis

### EARLY PREDICTION OF TYPE 2 DIABETES USING FUZZY LOGIC

Mahmut HARAN

Inonu University  
Graduate School of Nature and Applied Sciences  
Department of Mathematics

40+vii pages

2022

Supervisor: Prof. Dr. M. Kemal ÖZDEMİR

In the first chapter of this master's thesis, which consists of four chapters, fuzzy sets and the historical development of fuzzy logic are introduction. In the second chapter, the fundamentals of fuzzy set theory, operations on fuzzy sets and types of the membership functions are given. In the third chapter, it is aimed to predict type 2 diabetes early in the Matlab graphical development platform. For the designed system, the data of patients diagnosed with type 2 diabetes and healthy individuals were used by taking expert opinion. While designing the Decision Support system, waist/hip ratio and waist circumference and waist circumference/height ratios were used as inputs to determine Type 2 diabetes risk assessment. In this design, Mamdani type fuzzy sets were created by using triangular and trapezoidal membership functions, which provide a smoother transition. For the output of the system, fuzzy logic membership functions are created and a fuzzy output is produced. The last chapter is the conclusion chapter of the thesis.

**Keywords:** Fuzzy Logic, Fuzzy Set, Membership functions, Type 2 Diabetes, Decision Support Systems, Risk

## 1. GİRİŞ

Günümüzde karar verme problemlerinin çoğu tam ve kesin olmayan bilgilerin kullanılmasını gerektirir. Gerçek hayatta karşılaşılan sorunlar genellikle net ve kesin değildir. Bu nedenle, problemleri çözmek için çeşitli karar alma mekanizmaları kullanılmaktadır. Bu mekanizmalar belirsizlikleri azaltmak ve doğru karar vermek için kullanılır. Bu nedenle, belirsizlikleri gidermek için geliştirilmiş matematiksel araçlara ihtiyaç vardır. Bulanık küme teorisi, bu tür belirsizliklerle başa çıkmak için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Problemleri yorumlarken sayısal bilgiden daha çok kendi görüş, değer yargımız, takdir ve düşüncelerimizi sözel olarak ifade ederek olayları inceleriz. Bu ifadelerin anlamlı olması ve başkalarına iletilebilmesi için mutlaka en az bir dile (anadil) ihtiyaç duyarız. Dil, kesin olmayan kelime ve cümle içermesine rağmen, iletişimde ve bilgi akışında en etkin araçtır. Yapısındaki belirsizliklere rağmen dil ile insanlar birbirini kolayca anlayabilir. Örneğin "hava sıcak" denildiğinde herkes "hava" kelimesinin günlük hayattaki kullanımını aynı şekilde anlamakta fakat "sıcak" kelimesinin ifade ettiği anlam göreceli olarak değişmektedir. Norveç'te yaşayan bir kişi 15 °C civarını "sıcak" olarak algılamasına karşılık Kolombiya'da yaşayan bir kişi için bu 35 °C civarında olabilir. Arada birçok kişinin görüşü olarak başka dereceler de bulunur. Böylece "sıcak" kelimesinin altında insanların ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum ortaya çıkar. Bu rastgele değildir, ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık denir. Burada, "sıcak" kelimesinin temsil ettiği sayısal dereceler topluluğunun ne kadar fazla olduğuna dikkat edilmelidir. Bazı insanların sıcaklığı 15 °C, bazılarının ise 35 °C gibi oldukça farklı sayısal biçimlerde algılamasına karşılık, bu insanlar arasında ihtilaf bulunmaz. İşte bu bulanık mantığın sunduğu güzelliklerinden biridir. Bununla birlikte, Aristo mantığıyla problemi anlamaya çalıştığımızda bu iki insan arasında sürekli ihtilaf olacaktır çünkü Aristo mantığına göre "hava sıcak" ya da "hava soğuk" durumları geçerlidir ve ikisi arasında bir duruma müsaade edilmez.

Belirsizlik sistemlerinin analizi, Zadeh tarafından geliştirilen ve 1965'te yayınlanan bulanık küme teorisinden sonra yeni bir boyut kazandı [1]. Klasik matematiksel yöntemlerle çözülemeyen birçok karmaşık problemin kesin çözümleri, belirsizliği tanımlayan bulanık küme teorisi gibi iyi bilinen teorilerle ortaya çıkarılmıştır. Bulanık kümelerde, belirsizliği belirlemek ve çözmek için kullanılan araç üyelik fonksiyonlarıdır. Yani, bulanık kümeler, her hedefe 0 ile 1 arasında değişen bir üyelik değeri atayan bir üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir. Bulanık

küme teorisi belirlilik derecesi "ya hep ya hiç" olan klasik küme teorisinin ötesinde gerçek dünya problemlerine yeni bir bakış açısı kazandırır.

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan birisi, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması halinde kişilerin görüş ve değer yargılarına (uzman görüş) yer verilmesi, diğeri ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine (bir çıkarım) ihtiyaç göstermesidir. İnsan muhakemesi ile ilgilenebilmek için çeşitli mantıklar geliştirilmiştir. Bulanık mantık ve yaklaşım muhakemesi bunlardan biridir [2]. Bulanık mantık, iki değerli Aristo mantığından farklı olarak, insanın günlük hayatta karşısına çıkan belirsiz durumlar karşısında, akıllı kararlar verebilmesini sağlayan muhakemeyi modellemeye çalışır. Günlük hayatta rastlantısal olarak kullanılan pek çok terim genellikle belirsiz bir yapıya sahiptir. İnsanlar bir olayı açıklarken veya bir duruma karar verirken kesinliği ifade etmeyen terimler kullanırlar. Kişi yaşına göre yaşlı, orta, genç, çok yaşlı veya çok genç olarak adlandırılabilir. Yolun eğim ve rampa durumuna bağlı olarak, aracın gazı veya fren pedalına biraz daha yavaş veya biraz daha hızlı basılır. Bütün bunlar, insan beyninin belirsiz durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirdiğine, tanımladığına ve yönettiğine dair örneklerdir.

## 2. TEMEL KAVRAMLAR

### 2.1 Bulanık Kümeler

Bir klasik küme sonlu, sayılabilir ya da sayılamaz  $x \in X$  nesnelere ya da elemanlarının bir topluluğu olarak tanımlanabilir. Herbir eleman ayrı ayrı bir  $A$  kümesine ya aittir ya da ait değildir. İlk durumda, " $x$  elemanı  $A$  kümesine aittir" ifadesi doğru, ikinci durumda bu ifade yanlıştır. Kümeye ait olan elemanlar üyelik şartlarıyla gruplandırılıp (liste yönetimiyle) analitik olarak tanımlanarak ifade edilebileceği gibi üye olmayı 1 sayısına üye olmamayı da 0 sayısına karşılık getiren karakteristik fonksiyon kullanarak da ifade edilebilir.

Klasik küme teorisine göre;  $X$  bir evrensel küme  $x \in X$  ve  $A \subseteq X$  olmak üzere bir  $A$  kümesinin üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & , x \in A \\ 0 & , x \notin A \end{cases} .$$

Yani klasik küme teorisinde bir elemanın bir kümeye ait olması durumunda üyelik fonksiyonu 1 değerini, olmaması durumunda ise üyelik fonksiyonu 0 değerini alırken, bulanık küme teorisi, bir elemanın bir kümeye kısmi üyeliğine olanak sağlar. Eğer üyelik derecesi olarak adlandırılan üyelik fonksiyonunun değeri 1'e eşitse  $x$  elemanı bulanık kümeye tamamen aittir. Eğer bu değer 0 ise,  $x$  bulanık kümeye ait değildir. Eğer üyelik derecesi 0 ile 1 arasında ise  $x$  bulanık kümenin kısmi üyesidir.

**Tanım 2.1.1.** [3]  $X$  boş kümeden farklı bir küme ve  $A \subseteq X$  ise

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & , x \in A \\ 0 & , x \notin A \end{cases}$$

kuralıyla tanımlanan  $\chi_A : X \rightarrow \{0,1\}$  fonksiyonuna  $A$ 'nın karakteristik fonksiyonu denir.

Gerçek dünyada karşılaşılan nesnelere çoğunlukla hangi sınıfa ait oldukları kesin olarak tanımlanmamıştır. Örneğin hayvanlar sınıfı köpekler, atlar, kuşlar gibi nesnelere içerirken, bitkiler, akışkanlar veya kayalar gibi nesnelere içermez. Fakat deniz yıldızı ve bakteri gibi nesnelere hayvanlar sınıfına ait olma ile ilgili belirsiz bir duruma sahiptir. Bu tür durumlarda karakteristik fonksiyon kullanmak anlamsızlaşır. Belirsiz nesnelere için bu elemanların kümeye ait olup olmadıklarını derecelendirmek suretiyle bir yol izlenebilir.

**Tanım 2.1.2.** [4] Genellikle  $x$  ile gösterilen nesnelere bir topluluğu  $X$  olmak üzere  $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) : x \in X\}$  sıralı ikililerinin  $\tilde{A}$  kümesine  $X$  üzerinde bir bulanık (fuzzy) küme denir.

$M = [0, 1]$  olmak üzere  $X$  deki herbir elemanı  $M$  üyelik uzayına karşılık getiren  $\mu_{\tilde{A}}$  fonksiyonuna üyelik fonksiyonu denir.  $\mu_{\tilde{A}}$  fonksiyonuna aynı zamanda  $\tilde{A}$  kümesindeki  $x$  elemanlarının üyelik derecesi de denir.  $M$  uzayı sadece 0 ve 1 noktalarını içerdiğinde  $\tilde{A}$  kümesi bulanık olmayan küme (klasik küme) olup  $\mu_{\tilde{A}}$  bu durumda üyelik fonksiyonu bu klasik kümenin karakteristik fonksiyonuna özdeşdir.

**Örnek 2.1.1.** [4] Bir emlakçı, müşterilerine sunduğu evleri sınıflandırmak istemektedir. Bu evlerin konforunun bir göstergesi, içindeki yatak odası sayısıdır. Bir evdeki yatak odası sayısını  $x$  ile gösterirsek  $x$  ile tanımlanan mevcut ev tiplerinin kümesi  $X = \{1, 2, 3, 4, \dots, 10\}$  olsun. O halde "dört kişilik bir aile için konforlu ev tipi" bulanık kümesi

$$\tilde{A} = \{(1, 0.2), (2, 0.5), (3, 0.8), (4, 1), (5, 0.7), (6, 0.3)\}$$

olarak tanımlanabilir.

Literatürde bulanık kümeleri ifade etmenin farklı yolları bulunur:

**Notasyon 1.** Bir bulanık küme Tanım 2.1.2 de olduğu gibi, birinci bileşeni kümenin elemanı ikinci bileşeni ise üyelik derecesini gösteren sıralı ikililerin bir kümesi ile gösterilebilir.

**Örnek 2.1.2.** [4]  $\tilde{A} = "10 \text{ dan çok daha büyük reel sayılar}"$  olsun. Bu durumda

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 10 \\ \left(1 + (x - 10)^{-2}\right)^{-1} & , x > 10 \end{cases}$$

üyelik fonksiyonu olmak üzere  $\tilde{A}$  bulanık kümesi

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) : x \in X\}$$

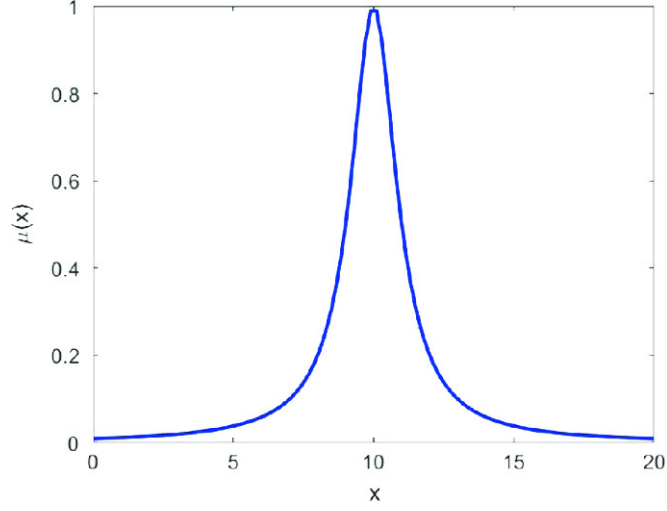
ile gösterilebilir.

**Örnek 2.1.3.** [4]  $\tilde{A} = "10 \text{ a yakın reel sayılar}"$  olsun. Bu durumda  $\tilde{A}$  bulanık kümesi

$$\tilde{A} = \left\{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) : \mu_{\tilde{A}}(x) = \left(1 + (x - 10)^{-2}\right)^{-1} \right\}$$

ile gösterilebilir.

**Notasyon 2.** Bir bulanık küme, yalnızca üyelik fonksiyonu belirtilerek temsil edilir [5].



**Şekil 2.1 :** 10 a yakın reel sayılar

**Notasyon 3.**

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(x_1) / x_1 + \mu_{\tilde{A}}(x_2) / x_2 + \dots = \sum_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}}(x_i) / x_i$$

notasyonu ile gösterilebilir. Eğer  $X$  sonsuz elemanlı ise bulanık kümesi

$$\int_X \mu_{\tilde{A}}(x) / x$$

notasyonu ile gösterilebilir.

**Örnek 2.1.4.** [4]  $\tilde{A} = "10 \text{ a yakın tamsayılar}"$  olsun. Bu durumda  $\tilde{A}$  bulanık kümesi

$$\tilde{A} = 0.1 / 7 + 0.5 / 8 + 0.8 / 9 + 1 / 10 + 0.8 / 11 + 0.5 / 12 + 0.1 / 13$$

ile gösterilebilir.

**Örnek 2.1.5.** [4]  $\tilde{A} = "10 \text{ a yakın reel sayılar}"$  olsun. Bu durumda  $\tilde{A}$  bulanık kümesi

$$\tilde{A} = \int_X \frac{1}{1 + (x - 10)^2} / x$$

ile gösterilebilir.

Üyelik fonksiyonu 0 ile 1 arasındaki değerlerle sınırlı olmak zorunda değildir. Eğer  $\sup_x \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$  ise,  $\tilde{A}$  bulanık kümesi normal olarak adlandırılır. Boş olmayan bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesi her zaman  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  üyelik fonksiyonu  $\sup_x \mu_{\tilde{A}}(x)$  supremumuna bölünerek normalleştirilebilir: Kolaylık açısından, genellikle bulanık kümelerin normalleştirildiğini varsayacağız.

Bulanık kümelerin temsili için, sırasıyla Örnek 2.1.2 ve Örnek 2.1.3 örneklerinde gösterilen Notasyon 1 gösterimini kullanacağız.

Bulanık küme, aşikâr olarak klasik bir kümenin genellemesidir ve üyelik fonksiyonu da karakteristik fonksiyonun bir genellemesidir. Genel olarak bir evrensel (crisp)  $X$  kümesinden bahsettiğimiz için, bir bulanık kümenin bazı elemanları sıfır üyelik derecesine sahip olabilir. Bir bulanık kümede genellikle  $X$  kümesinin sıfırdan farklı üyelik derecesine sahip olan elemanlarını düşünmek uygundur.

**Tanım 2.1.3.** [4] $\mu_{\tilde{A}}(x) > 0$  olacak şekildeki  $X$  kümesinin tüm elemanlarının  $S(\tilde{A})$  klasik kümesine  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin desteği (support) denir, yani

$$S(\tilde{A}) = \{x \in X : \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\}$$

dir.

**Örnek 2.1.6.** [4]Örnek 2.1.1 i ele alalım:  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin  $S(\tilde{A})$  desteği  $S(\tilde{A}) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  olup  $\{7, 8, 9, 10\}$  kümesinin elemanları (ev tipleri)  $\tilde{A}$  kümesinin desteğine ait değildir.

Daha genel ve daha da kullanışlı bir kavram, bir  $\alpha$ -seviye kümesidir.

**Tanım 2.1.4.** [4]Bulanık kümeye ait olan (keskin) öğeler kümesi üyelik derecesi  $\alpha$  derecesinden az olmayan  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin elemanlarının klasik kümesine  $\alpha$ -seviye ( $\alpha$ -level) kümesi denir, yani

$$A_{\alpha} = \{x \in X : \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}.$$

$A'_{\alpha} = \{x \in X : \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\}$  kümesine "kuvvetli  $\alpha$ -seviye (strongly  $\alpha$ -level) kümesi" ya da "kuvvetli  $\alpha$ -keseni (strongly  $\alpha$ -cut)" denir.

**Örnek 2.1.7.** [4]Örnek 2.1.1 ya tekrar atıfta bulunalım.  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin mümkün olan  $\alpha$ -seviye kümeleri

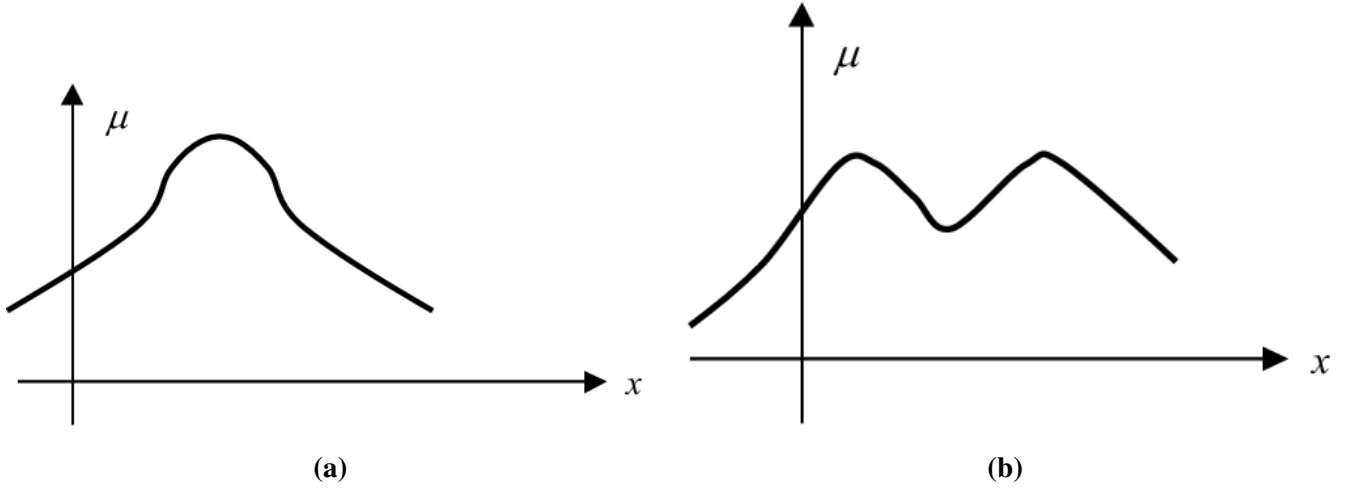
$$A_{0.2} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$A_{0.5} = \{2, 3, 4, 5\}$$

$$A_{0.8} = \{3, 4\}$$

$$A_1 = \{4\}$$

olur. Mümkün olan kuvvetli  $\alpha$ -seviye kümesi ise  $\alpha = 0.8$  için  $A'_{0.8} = \{4\}$  olur.



**Şekil 2.2 :** Konveks ve Konveks Olmayan Bulanık Küme

Konvekslik, bulanık küme teorisinde önemli bir role sahiptir. Bununla birlikte, klasik küme teorisinin aksine, konvekslik koşulları, bulanık kümenin desteğinden ziyade üyelik fonksiyonu kullanılarak tanımlanır.

**Tanım 2.1.5.** [4]  $\forall x_1, x_2 \in X$  ve  $\forall \lambda \in [0, 1]$  için

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min \{\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)\}$$

koşulunu sağlayan  $\tilde{A}$  bulanık kümesine konvektir denir. Ayrıca, tüm  $\alpha$ -seviye kümeleri konveks olan bir bulanık kümenin de konveks olacağı söylenebilir.

**Örnek 2.1.8.** [4] Şekil 2.2a bir konveks bulanık kümeyi gösterirken, Şekil 2.2b konveks olmayan bir bulanık kümeyi göstermektedir.

**Tanım 2.1.6.** [6]  $\tilde{A}$ ,  $X$  üzerindeki bir bulanık küme olsun. Eğer  $\forall x \in X$  için  $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$  ise  $\tilde{A}$  kümesine bulanık boş küme denir.

**Tanım 2.1.7.** [6]  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$ ,  $X$  üzerindeki iki bulanık küme olsun. Eğer  $\forall x \in X$  için  $\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{B}}(x)$  ise  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümeleri eşittir denir ve kısaca  $\mu_{\tilde{A}} = \mu_{\tilde{B}}$  ile gösterilir.

**Tanım 2.1.8.** [6]  $X$  üzerindeki bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin tümleyeni  $\tilde{A}^t$  şeklinde gösterilir ve üyelik fonksiyonu

$$\forall x \in X \text{ için } \mu_{\tilde{A}^t}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$$

şeklinde tanımlanır.

**Tanım 2.1.9.** [6] $\tilde{A}$ ,  $X$  kümesi üzerinde bir bulanık küme olmak üzere  $\mu_{\tilde{A}}(x) = \frac{1}{2}$  olacak şekildeki  $x \in X$  elemanlarının kümesine  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin geçiş noktaları (crossover points) kümesi denir, yani

$$\text{crossover}(\tilde{A}) = \left\{ x \in X : \mu_{\tilde{A}}(x) = \frac{1}{2} \right\}$$

**Tanım 2.1.10.** [7]Bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin çekirdeği üyelik dereceleri 1 olan tüm elemanların içerdiği  $X$  kümesinin bir (crisp) alt kümesidir. Yani,  $\text{core}(\tilde{A}) = \{x \in X : \mu_{\tilde{A}}(x) = 1\}$  dir.

**Tanım 2.1.11.** [7] $X$  kümesi üzerinde bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin yüksekliği  $\tilde{A}$  kümesinin elemanlarının üyelik derecelerinin supremumudur, yani

$$\text{hgt}(\tilde{A}) = \sup \{ \mu_{\tilde{A}}(x) : x \in X \}$$

reel sayısına  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin yüksekliği (height) denir.

Bulanık kümenin yüksekliği ve konveksliği tanımlarından sonra bulanık sayının tanımı şu şekilde verilebilir.

**Tanım 2.1.12.** [6]Yüksekliği 1 olan konveks bulanık kümeye, bulanık sayı denir.

**Tanım 2.1.13.** [6] $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$ ,  $X$  üzerindeki herhangi iki bulanık küme olsun. Eğer  $\forall x \in X$  için  $\mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x)$  ise  $\tilde{B}$  bulanık kümesi  $\tilde{A}$  bulanık kümesini kapsar denir ve  $\tilde{A} \subset \tilde{B}$  ile gösterilir.

$\tilde{A}$ ,  $X$  üzerindeki bir bulanık küme olsun. Bu takdirde;  $\forall x \in X$  için  $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$  ve  $\mu_X(x) = 1$  olduğundan,  $\mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_X(x)$  olur. Dolayısıyla  $X$  üzerindeki bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesine,  $X$  kümesinin bulanık alt kümesi de denir.

**Tanım 2.1.14.** [6] $X$  üzerindeki üyelik fonksiyonları sırası ile  $\mu_{\tilde{A}}$  ve  $\mu_{\tilde{B}}$  olan herhangi iki bulanık küme  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  olsun. Bu takdirde  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerinin birleşimi de bulanık kümedir ve  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  şeklinde gösterilir. Ayrıca  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu  $\forall x \in X$  için

$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \max [\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)] \quad (2.1.1)$$

şeklinde tanımlanır ve kısaca  $\mu_{\tilde{A}} \vee \mu_{\tilde{B}}$  şeklinde gösterilir.

$\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerini kapsayan en küçük bulanık küme  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  dir. Yani  $\tilde{D}$ ,  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  kümelerini içeren bir bulanık küme ise  $\tilde{D}$ , aynı zamanda  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  kümesini de kapsar. (2.1.1) ifadesine denk olan bu ifade

$$\max [\mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}}] \geq \mu_{\tilde{A}} \quad \text{ve} \quad \max [\mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}}] \geq \mu_{\tilde{B}}$$

ile gösterilir. Eğer  $\tilde{D}$  kümesi,  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  kümelerini içeren herhangi bir bulanık küme ise  $\mu_{\tilde{D}} \geq \mu_{\tilde{A}}$  ve  $\mu_{\tilde{D}} \geq \mu_{\tilde{B}}$  olur. Böylece

$$\mu_{\tilde{D}} \geq \max[\mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}}] \Rightarrow \tilde{A} \cup \tilde{B} \subset \tilde{D}$$

elde edilir.

**Tanım 2.1.15.** [6] $X$  üzerindeki üyelik fonksiyonları sırası ile  $\mu_{\tilde{A}}$  ve  $\mu_{\tilde{B}}$  olan herhangi iki bulanık küme  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  olsun. Bu taktirde  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerinin kesişimi de bir bulanık kümedir ve  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  şeklinde gösterilir. Ayrıca  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu  $\forall x \in X$  için

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)] \quad (2.1.2)$$

şeklinde tanımlanır ve kısaca  $\mu_{\tilde{A}} \wedge \mu_{\tilde{B}}$  şeklinde gösterilir.

$\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerinin kapsadığı en büyük bulanık küme  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  dir. Yani  $\tilde{D}$  bulanık kümesi,  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  kümelerinin içerdiği bir bulanık küme ise  $\tilde{D}$  kümesini aynı zamanda  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  de içerir. (2.1.2) ifadesine denk olan bu ifade

$$\min[\mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}}] \geq \mu_{\tilde{D}}$$

ile gösterilebilir. Eğer  $\tilde{D}$  bulanık kümesi,  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  kümelerinin içerdiği herhangi bir bulanık küme ise

$$\mu_{\tilde{A}} \geq \mu_{\tilde{D}} \quad \text{ve} \quad \mu_{\tilde{B}} \geq \mu_{\tilde{D}}$$

olur. Böylece

$$\mu_{\tilde{D}} \leq \min[\mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}}] \Rightarrow \tilde{D} \subset \tilde{A} \cap \tilde{B}$$

elde edilir.

Bir bulanık kümenin bir başka özelliği, onun kardinalitesi veya "gücü"dür. Şimdi, bir bulanık kümenin kardinalitesinden bahsedelim:

**Tanım 2.1.16.** [4]Sonlu bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin kardinalitesi

$$|\tilde{A}| = \sum_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x),$$

sonlu bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin göreceli kardinalitesi

$$\|\tilde{A}\| = \frac{|\tilde{A}|}{|X|}$$

olarak tanımlanır.

Yukarıdaki tanım gözönünde bulundurulduğunda, bir bulanık kümenin göreceli kardinalitesinin evrensel kümenin kardinalitesine bağlı olduğu hemen görülebilir. Göreceli kardinalite,  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin elemanların üyelik dereceleriyle  $X$  kümesinde ağırlıklandırılması olarak yorumlanabilir.

**Örnek 2.1.9.** [4]Örnek 2.1.1 daki "dört kişilik bir aile için konforlu ev tipi" bulanık kümesinin kardinalitesi

$$|\tilde{A}| = 0.2 + 0.5 + 0.8 + 1 + 0.7 + 0.3 = 3.5$$

göreceli kardinalitesi ise

$$\|\tilde{A}\| = \frac{3.5}{10}$$

olur.

## 2.2 Bulanık Sistemlerde Üyelik Fonksiyonu Seçiminin Önemi

Bulanık mantık sistemleri, kontrol, sistem tanımlama, örüntü tanıma sorunları ve endüstriden akademiye kadar birçok uygulama için yaygın olarak kullanılmaktadır. Üyelik fonksiyonları (Membership Functions), bulanık gösterimin genel performansında hayati bir rol oynar. Bir bulanık kümedeki bulanıklık, onun üyelik fonksiyonları tarafından belirlendiğinden bulanık küme teorisinin yapı taşlarıdır. Üyelik fonksiyonları bir bulanık çıkarım sistemi üzerinde etkili olduklarından, bu fonksiyonların şekilleri belirli bir problem için önemlidir. Üçgen, yamuk, Gauss vb. farklı şekillere sahip olabilirler. Bir üyelik fonksiyonunun karşılaması gereken tek koşul, 0 ile 1 arasında değer alması gerektiğidir.

Üyelik fonksiyonları, verilen verileri istenen üyelik dereceleriyle eşleştirdiği sürece herhangi bir şekil ve biçimde olabilir. Üyelik fonksiyonlarının seçimi söz konusu olduğunda karar vermek bize aittir. Bulanık sistemin bireysel serbestlik sunduğu yer tam da burasıdır. Söz konusu uygulama için hangi üyelik fonksiyon şeklinin daha iyi olduğu deneyimlerle bilinecektir.

Bulanıklığı karakterize etmenin sonsuz sayıda yolu olduğu gibi, bu bulanıklığı tanımlayan üyelik fonksiyonlarını grafiksel olarak göstermenin de sonsuz sayıda yolu vardır. Hangi yöntemlerin kullanılacağı tamamen problemin boyutuna ve tipine bağlıdır. Üyelik fonksiyonunun şeklini seçmek yerine aralığını ve üyelik fonksiyonlarının sayısını ayarlamak da çok önemlidir. Örneğin, bir sıcaklık kontrol sistemini bulanık mantıkla modellemek için kaç tane üyelik fonksiyonunun gerekli olduğunu (örneğin, düşük, orta ve yüksek üyelik fonksiyonu) bilmek ve ayrıca üyelik fonksiyonunun aralıklarını seçmek gerçekten önemlidir. Bu iki faktör aynı zamanda bir bulanık mantık sisteminin sonucu üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

Ek olarak, verilerin dağılımına bakmak iyi bir fikirdir. Üyelik fonksiyonunu seçmek için kesin bir yöntem olmadığından genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır.

Üyelik fonksiyonlarının şekli, kişinin belirli bir dilsel değişkeni nasıl kullandığına bağlıdır. Kriterlerden çok bir sezgi sorunudur. Gerçekten, bir üyelik fonksiyonunun karşılaması gereken tek koşul, 0 ile 1 arasında değer alması gerektiğidir. Bu nedenle, üyelik fonksiyonunun tipi, modelin nasıl performans gösterdiğini şekillendirmede çok önemli bir rol oynamaz.

Bununla birlikte, üyelik fonksiyonu sayısı hesaplama süresini belirlemede daha büyük bir etkiye sahiptir.

Bu nedenle, en iyi sistem performansını elde etmek için üyelik fonksiyonlarının sayısı/tipi değiştirilerek optimum model belirlenebilir.

Literatürde üyelik fonksiyonlarının nasıl seçileceğine dair yönergeler veren birçok çalışma vardır. Bir durumu modellemeye ilgili temel sorun, 0 – 1 modellemeyi kırmaktır. Bu sorun, üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak aşılabilir. Ancak durum karmaşık ve derinse özel bir üyelik fonksiyonu türüne ihtiyaç duyulabilir. Örneğin, eldeki problem bir kuantum mekaniği problemi ise, özel bir üyelik fonksiyonuna ihtiyaç vardır. En iyi seçimi yapabilmek için verilen durumla ilgili çok fazla “deneyime” ihtiyaç duyulur.

Bu deneyim, araştırmacının kişisel seçimini verili gerçekliğe uyduracak ve en uygun hale getirecektir. Bunu yapmanın objektif bir yolu yoktur. Bu nedenle, yeterli deneyime dayanan yüksek güvenilirlikli bir sezgi, kabul edilebilir bir cevap verecektir.

Genel olarak konuşursak, üçgen üyelik fonksiyonu pratikte en çok karşılaşılan üyelik fonksiyonlarından biridir. Yüksek oranda uygulanan üyelik fonksiyonlarından üçgen üyelik fonksiyonları düz çizgiler kullanılarak oluşturulur. Bu düz çizgi üyelik fonksiyonları basitlik avantajına sahiptir. Gauss üyelik fonksiyonları, düzgünlükleri ve özlü gösterimleri nedeniyle bulanık kümeleri belirtmek için popüler yöntemlerdir. Bu eğriler, tüm noktalarda düzgün ve sıfırdan farklı olma avantajına sahiptir.

%50 örtüşme ile simetrik üçgen üyelik fonksiyonu kullanılması ve ardından sol ve/veya sağ yayılımı ve/veya örtüşmeyi değiştirebileceğimiz ayar prosedürünü uygulanması önerilir. Tatmin edici sonuçlar elde edene kadar bu devam eder. Aynı yaklaşım yamuk, çan şekli ve benzeri gibi diğer şekiller için de denenebilir.

Üçgen şekiller bulanık sayıları temsil ederken yamuk şekiller bulanık aralıkları temsil eder. Bunlar en basit şekillerdir.

Aslında, üyelik fonksiyonu şeklinin seçimi probleme özeldir. Birçok literatür üzerinde yapılan kapsamlı incelemeye dayanarak, üçgen üyelik fonksiyonunun basitliği nedeniyle yaygın olarak kullanıldığı sonucuna varılabilir. Verilen problemler için çeşitli üyelik fonksiyonları kullanarak, genellikle Gauss ve üçgen üyelik fonksiyonlarının, diğer üyelik fonksiyonu türlerinden daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Spesifik olarak, üçgen üyelik fonksiyonunun Gauss üyelik fonksiyonundan daha iyi olduğu bulunmuştur. Bazı araştırmacılar sistemin cevabını çeşitli üyelik fonksiyonlarıyla karşılaştırmış ve üçgen üyelik fonksiyonunun diğer tüm üyelik fonksiyonlardan üstün olduğunu belirlemiştir. Gerçekten

de, üyelik fonksiyonlarının şekli üzerinde bir önceliği yoksa, üçgen veya yamuk şekillerin uygulanması basittir ve hesaplama için hızlıdır.

Performanslarını en üst düzeye çıkarmak için, belirli bir bulanık sistemi tanımlayan ayarlanabilir parametrelerin belirli bir performans kriterini en üst düzeye çıkarmak için ayarlandığı bir tasarım optimizasyon sürecini üstlenmek genellikle gereklidir. Metasezgisel optimizasyon yöntemlerini ve evrimsel optimizasyon algoritmalarını kullanan bulanık mantık, üyelik fonksiyonlarıyla ilgili başlangıç parametrelerine karşı büyük esnekliğe sahiptir [8].

### 2.3 Bulanık Mantık Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri

Denetlenen sürecin özelliklerine göre uygulamalarda en çok kullanılan üyelik fonksiyonları çeşitlerini verelim:

**Tanım 2.3.1** (Üçgen Üyelik Fonksiyonu). *Üçgen üyelik fonksiyonu,  $\{a, b, c\}$  olmak üzere üç parametre ile özelleştirilmiş aşağıdaki gibi formüle edilebilen bir üyelik fonksiyonudur [9]:*

$$\text{ucgen}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a \text{ ise} \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \text{ ise} \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \text{ ise} \\ 0 & , \quad x \geq c \text{ ise} \end{cases}$$

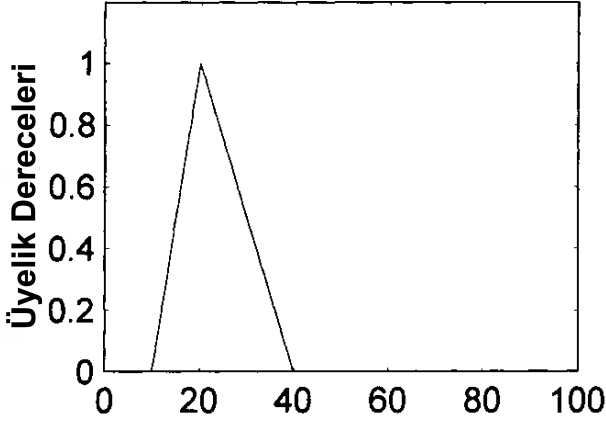
$a < b < c$  olmak üzere  $\{a, b, c\}$  parametreleri alttaki üçgen üyelik fonksiyonunun üç köşesinin  $x$  koordinatlarını belirler.

Şekil 2.3 (a),  $\text{ucgen}(x; 10, 20, 40)$  ile tanımlanan üçgensel bir üyelik fonksiyonunu göstermektedir.

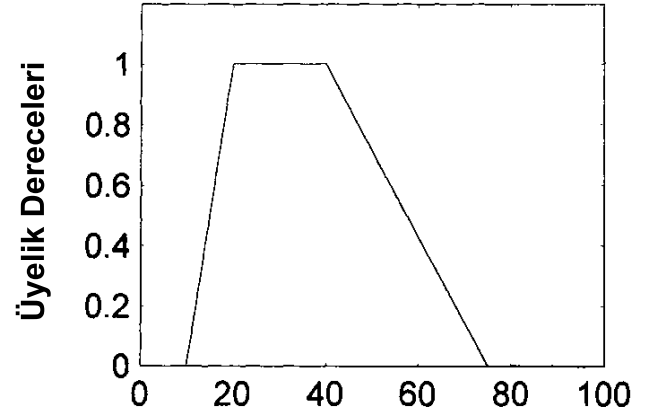
**Tanım 2.3.2** (Yamuk Üyelik Fonksiyonu). *Yamuk üyelik fonksiyonu,  $\{a, b, c, d\}$  olmak üzere dört parametre ile özelleştirilmiş aşağıdaki gibi formüle edilebilen bir üyelik fonksiyonudur [9]:*

$$\text{yamuk}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a \text{ ise} \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \text{ ise} \\ 1 & , \quad b \leq x \leq c \text{ ise} \\ \frac{d-x}{d-c} & , \quad c \leq x \leq d \text{ ise} \\ 0 & , \quad x \geq d \text{ ise} \end{cases}$$

$a < b \leq c < d$  olmak üzere  $\{a, b, c, d\}$  parametreleri alttaki yamuk üyelik fonksiyonunun dört köşesinin  $x$  koordinatlarını belirler.



(a) Üçgen Üyelik Fonksiyonu



(b) Yamuk Üyelik Fonksiyonu

**Şekil 2.3 :** İki tür parametrelili üyelik fonksiyonu örneği

Şekil 2.3(b),  $yamuk(x; 10, 20, 40, 75)$  ile tanımlanan bir yamuk üyelik fonksiyonunu gösterir.

Basit formülleri ve hesaplama verimliliği nedeniyle, hem üçgen üyelik fonksiyonları hem de yamuk üyelik fonksiyonları, özellikle gerçek zamanlı uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Ancak, üyelik fonksiyonları düz doğru parçalarından oluştuğundan, parametreler tarafından belirtilen köşe noktalarında düzgün değildir.

Şimdi, düzgün ve doğrusal olmayan fonksiyonlar tarafından tanımlanan diğer üyelik fonksiyon türlerini verelim.

**Tanım 2.3.3** (Gauss Üyelik Fonksiyonu). *Gauss üyelik fonksiyonu*,  $\{c, \sigma\}$  olmak üzere iki parametre ile özelleştirilmiş aşağıdaki gibi formüle edilebilen bir üyelik fonksiyonudur [9]:

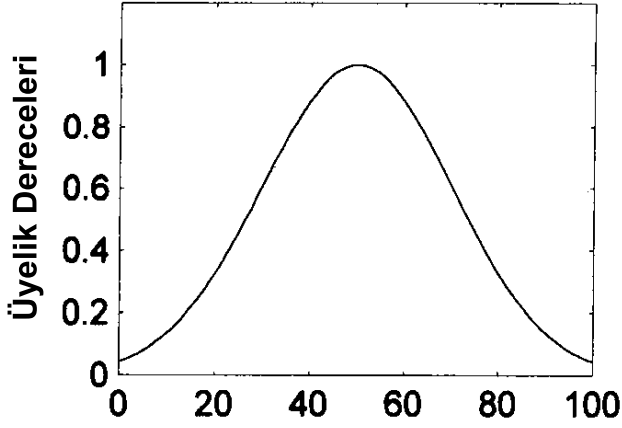
$$Gauss(x; c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x-c}{\sigma} \right)^2}$$

*Bir Gauss üyelik fonksiyonu, tamamen  $c$  ve  $\sigma$  tarafından belirlenir;  $c$ , üyelik fonksiyonunun merkezini temsil eder ve  $\sigma$ , üyelik fonksiyonunun genişliğini belirler.*

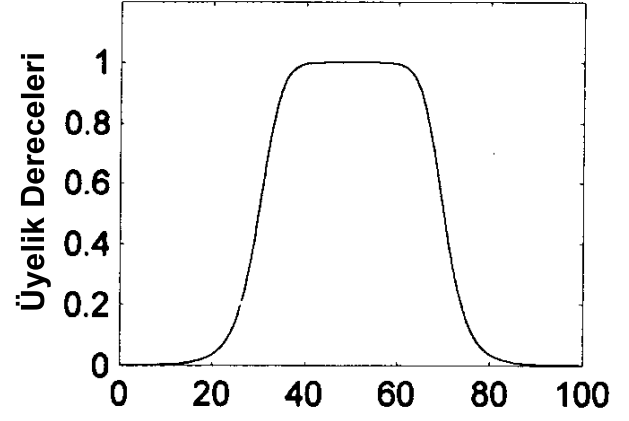
Şekil 2.4(a),  $Gauss(x; 50, 20)$  ile tanımlanan bir üyelik fonksiyonunu çizer.

**Tanım 2.3.4** (Genelleştirilmiş Bell Üyelik Fonksiyonu). *Genelleştirilmiş Bell üyelik fonksiyonu*,  $\{a, b, c\}$  olmak üzere üç parametre ile özelleştirilmiş aşağıdaki gibi formüle edilebilen bir üyelik fonksiyonudur [9]:

$$bell(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}$$



(a) Gauss Üyelik Fonksiyonu



(b) Genelleştirilmiş Bell Üyelik Fonksiyonu

**Şekil 2.4 :** İki parametrelili sürekli üyelik fonksiyonları sınıfına örnekler

*Burada  $b$  parametresi genellikle pozitifdir. Bu parametre üyelik fonksiyonunun olasılık teorisinde kullanılan Cauchy dağılımının doğrudan bir genellemesidir, bu nedenle "Cauchy üyelik fonksiyonu" olarak da anılır.*

Şekil 2.4(b),  $\text{bell}(x;20,4,50)$  ile tanımlanan genelleştirilmiş bir çan üyelik fonksiyonunu göstermektedir.

Gauss üyelik fonksiyonları ve çan üyelik fonksiyonları düzgünlük elde etmesine rağmen, belirli uygulamalarda önemli olan asimetrik üyelik fonksiyonlarını belirleyemez.

Şimdi, sola veya sağa açık olan sigmoidal üyelik fonksiyonunu tanımlayalım.

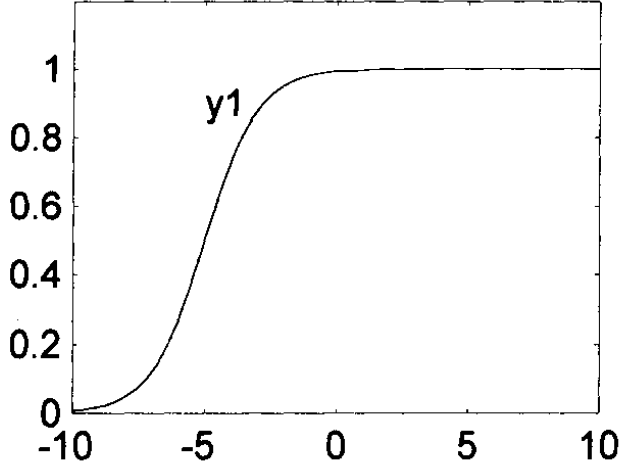
**Tanım 2.3.5** (Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu). *Bir "Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu" aşağıdaki denklemle tanımlanır:*

$$\text{sig}(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$$

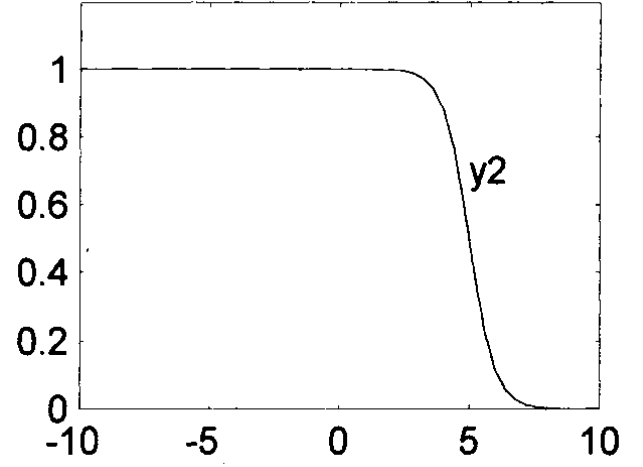
burada  $a$ , sayısı  $x = c$  geçiş noktasındaki eğimi kontrol eder.

" $a$ " parametresinin işaretine bağlı olarak, bir sigmoidal üyelik fonksiyonu doğası gereği sağa veya sola açıktır ve bu nedenle "çok büyük" veya "çok olumsuz" gibi kavramları temsil etmek için uygundur.

Şekil 2.5,  $y_1 = \text{sig}(x; 1, -5)$  ve  $y_2 = \text{sig}(x; -2, 5)$  eşitlikleri ile verilen iki sigmoidal fonksiyonu göstermektedir.



(a)  $y_1 = \text{sig}(x; 1, -5)$



(b)  $y_2 = \text{sig}(x; -2, 5)$

Şekil 2.5 : İki sigmoidal fonksiyon  $y_1$  ve  $y_2$  .

### 3. KLİNİK KARAR VERME SÜRECİNDE BULANIK MANTIK KULLANIMI

Tüm dünyada, teknolojide gelişme sağlık hizmet sistemine de yansımaktadır. Tıp pratiğinin ilk basamağı olan tanı, genellikle belirsizlik derecesi ve belirsizliğin eşlik ettiği karmaşık klinik karar vermenin en önemli bölümlerinden biridir.

Tıp biliminde hastalık genel olarak belirti ve semptomlarla karakterize edilen insan vücudunun normal fizyolojik durumunun veya işlevinin herhangi bir bozukluğu veya sakatlığı olarak tanımlanır. Aslında hastalık, doktorlar tarafından yorumlanması gereken bir dizi gözlemlenebilir belirti ve semptom olarak ifade edilir [10, 11].

Tıbbi bağlamdaki birçok terim gibi hastalık teşhisi açık tanımla gösterilemez; ancak, genel tıpta, hastanın sağlık sorununun doğru bir şekilde anlaşılmasına yol açan karmaşık karar verme sürecini ifade eder [12].

Hastalık teşhisi, klinik karar vermede temel olduğundan, farklı sübjektif ve objektif faktörleri içerir. Bu nedenle doğru ve zamanında teşhis; hastalık veya bozukluğun belirlenmesinde önemli role sahiptir. Klinik yaşamda kesin bir tanı belirlenene kadar tedavi planı formüle edilemez. Teşhis, sağlık çalışanları için karmaşık ve zor bir süreç olarak kabul edilmektedir, çünkü hekimler tıbbi kanıtlarla ilgili olarak çeşitli faktörleri ve koşulları aynı anda göz önünde bulundurmaya zorundadır. Hekimlerin temel görevlerinden biri olan klinik tanı sürecinin karmaşıklığı nedeniyle, tüm sağlık profesyonelleri, bir hastanın sorunlarını yönetmek için deneysel veriler toplayarak tanıdaki belirsizliği azaltmaya çalışır. Aslında hastalık teşhisi, sağlık bakım kalitesini iyileştirmek için avantajlı bilgilerin sağlandığı klinik bir muhakeme sürecidir [11].

Ancak tüm bu düşüncelerle, belirsiz yapısı ve karmaşıklığı nedeniyle istenmeyen hatalarla hastalık teşhisi yapılabilir. Diğer bir deyişle, her hasta çeşitli hastalıklara farklı derecede şüphe gösterebileceğinden, hastalık teşhisi her zaman belirsizlikle konur. Bu belirsizlik hastalığın belirsiz doğasından, hasta verilerinden ve karmaşık tıbbi teşhis sürecinden kaynaklanabilir. Bu belirsizlik tıbbin doğası ile yakından ilgilidir.

Klinik Karar Destek Sistemleri (KKDS), klinik tedavilere ve tanılara katkıda bulunmak üzere tasarlanmış bir bilgisayar yazılımıdır. Böyle bir sistem, çeşitli hastalıkları teşhis etmek ve hastalar için tıbbi önerileri tanımlamak için klinik bilgi ve bilgileri uygular. Bu sistem, pratisyenlerin yerini alacak şekilde değil, tıp uzmanlarının bir dizi deneysel deneyime dayanarak

hastalıkları teşhis etmesine yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Aslında, klinik karar destek sistemlerinin tarihi, uygulayıcılar ve matematikçiler arasındaki karşılıklı işbirliğinin tarihidir [13].

Çeşitli sağlık hedeflerine sahip ilk KKDS, 1950-1960 yılları arasında elektronik bilgisayar kullanımının başlamasıyla ortaya çıktı. Temel kurallar altında tasarlanan ilk gerçek KKDS, akut karın ağrısı teşhisi için sunulan sistem olduğu bildirilmektedir [14].

Bulanık mantık yöntemleri hastalıkları öngörmek ve teşhis etmek için sağlık hizmetlerinde uygulanabilen karar destek sistemlerinden biridir. Bulanık mantığın, uzman ve örüntü sınıflandırma sistemleri gibi karar verme sistemleri için güçlü bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Bazı tıbbi uzman sistemlerinde bulanık küme teorisi kullanılmıştır. Literatürde bulanık bölüm parametrelerinin ve kural tabanının optimizasyonu ve diğer ayarların düzeltilmesi yoluyla, özellikle performans maksimizasyonuna adanmış, bilgi çıkarma sürecinin belirli adımlarına ilişkin bazı iyileştirmeler önererek bulanık sistemler geliştirildiği çalışmalar mevcuttur [15].

Tanı verme sürecinde kendi alanlarında uzmanlaşmış hekimlerin çalışmalarına destek ve katkı sunmak amacıyla teknoloji kullanımı artmıştır. Belirsizlik ile tıp bilimi arasındaki bağ çok güçlü olması nedeniyle tıp bilimindeki belirsizliği azaltmak için bulanık mantık yönteminin kullanımı doğru ve etkin bir yöntem olarak görülmektedir. Bu bağlamda bu konu ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Medikal teşhis hastalığın derecesinin ileri seviyeye taşınmasını önleme ve hızlı müdahale edebilme açısından önemli ve kritik bir role sahiptir.

### **3.1 Tanı Amaçlı Klinik Karar Destek Sistemleri**

Klinik Karar Destek Sistemleri; klinisyenler için yorum yeteneklerini kullanmasını sağlayarak karar vermelerine destekleyen sistemlerdir. Klinik Karar Destek Sistemleri, yalnızca ilgili bilgilerin alınmasına yardımcı olmaz; duruma özgü bilgi ve öneriler sunarak, belirli klinik bağlamı dikkate alan bilgileri iletirler. Aynı zamanda, bu tür sistemler klinik karar vermeyi kendileri gerçekleştirmezler; nihai karar vericilerin daha bilgili kararlar geliştirmesine olanak tanıyan ilgili bilgi ve analizleri sağlarlar [16].

Klinisyenin tecrübe ve bilgisinin karar verme sürecinde önemli rolü olduğu gözlemlenmiştir. Tecrübe ve bilginin zaman içerisinde kazanıldığı göz önüne alındığında süreç içerisinde zaman zaman klinisyenlerin doğru karar vermede sorun yaşadığı görülmüştür. Bununla birlikte klinik karar verme sürecinde hata payının oldukça düşük olması gerekmektedir. Klinik karara destek

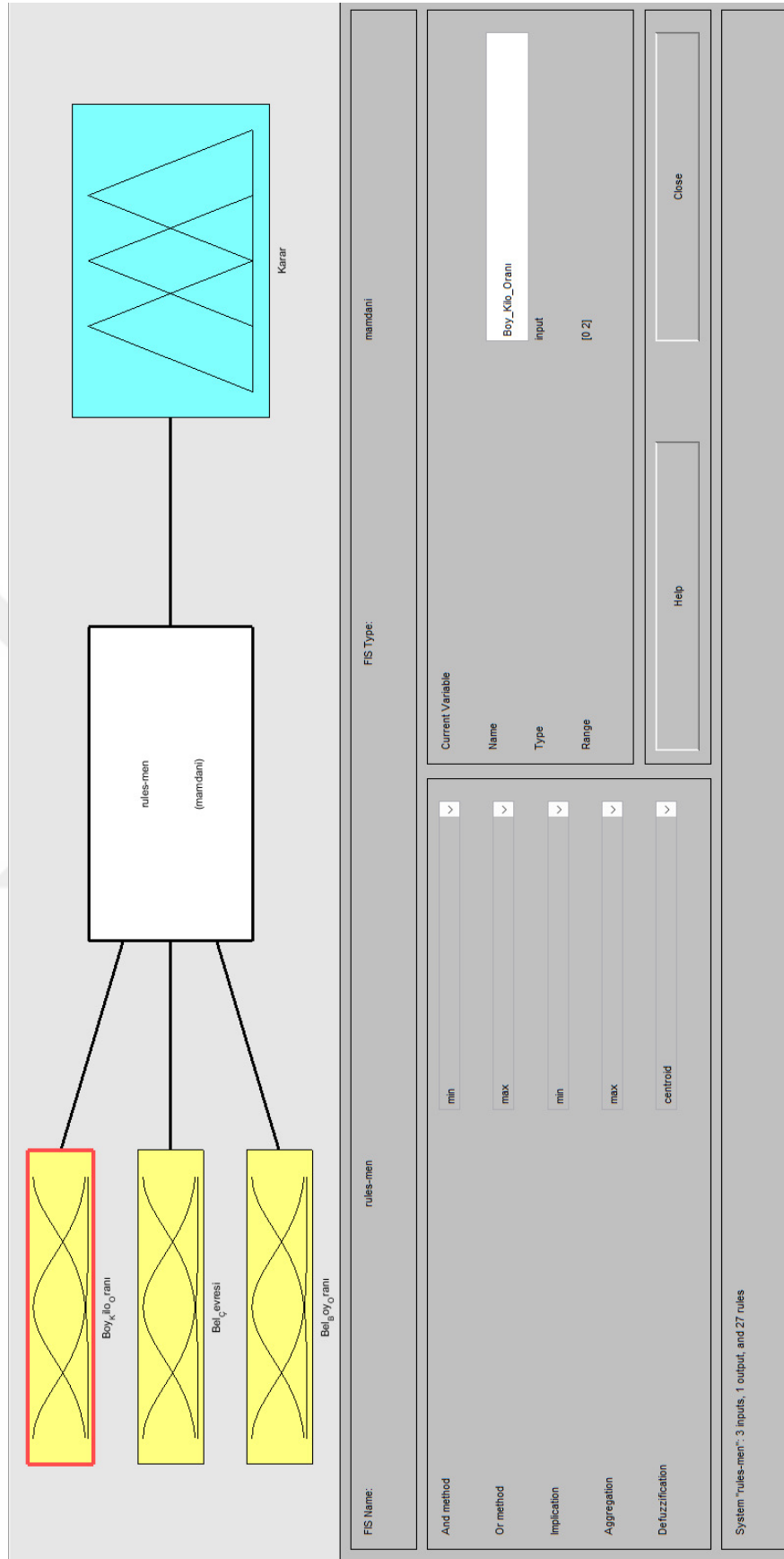
olan bu sistemlerin klinisyenin tecrübe ve bilgi birikimini destekleyecek karar vermesini kolaylaştıracak sistemler olduğu gözlemlenmiştir. Bu sistemlerin klinisyenlere karar verme sürecinde tavsiyelerde bulunmak gibi rolü vardır.

Klinisyenlerin kendi tecrübe ve bilgi birikimini KKDS tavsiyeleri ile birleştirdiğinde olumlu sonuçlar aldığı bir çok çalışmada bildirilmiştir. Bu sistemlerin içeriği genellikle tanı, alarm sistemleri, tedavi planlarının oluşturulması ve tedavi takipleri olarak sıralanmaktadır. Klinik karar destek sistemleri uzmanlara fırsatlar sunarak karar vermenin etkinliğini artırmayı amaçlamaktadır. KKDS'nin klinikte kullanımını uzmanlara tanıda kolaylık kadar doğru tedavi programının belirlenmesine ve takibinin yapılmasına da olanak sağlar [17].

Bu sistemlerin kliniğe entegrasyonunda dikkat edilmesi gereken bazı hususlar mevcuttur. Özellikle uzmanların sistemin geliştirilme sürecinin her aşamasına katılması gerekmektedir. Sistemlerin verimliliğini arttırmak için kullanım öncesi uzmanların bu konuda eğitim almaları gerekmektedir.

Günümüzde KKDS kullanımının, klinisyenlere bir çok avantaj sağladığı bilinmektedir. Özellikle tanı, tedavi ve takip sürecinde sağlık profesyonellerine katkı sunarak sağlık hizmetlerini iyileştirdiği düşünülmektedir. KKDS kullanımının hataya çok az toleransı bulunan klinik kararların daha kolay verilmesinde katkı sunduğu tespit edilmiştir. Böylelikle klinikte tıbbi hatalar gibi olumsuz durumların görülme sıklığı da azalmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin daha az maliyetli ama daha etkili olması nedeni ile sağlık hizmetlerinde klinik yararlılığı gözönünde bulundurularak kullanımının artması öngörülmektedir [18].

Bu çalışmada Matlab Fuzzy Logic Toolbox simülasyonunda, Mamdani tip bulanık mantık kümelerinin kullanımı ile tip 2 diyabet hastalığının erken tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan sistem için uzman görüşü alınarak tip 2 diyabet tanılı hastalar ile sağlıklı bireylerin verileri kullanıldı. Karar Destek sistemi tasarlanırken, Tip 2 diyabet risk tayinin belirlenmesi için bel/kalça oranı ve bel çevresi ve bel çevresi/boy oranları giriş olarak kullanıldı. Bu tasarımda daha yumuşak geçiş imkânı sağlayan üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanarak, Mamdani tipi bulanık kümeler oluşturuldu. Sistemin çıkışı için bulanık mantık üyelik fonksiyonları oluşturularak bulanık bir çıkış üretildi. Tasarlanan sistemin akış şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Tasarlanan sistemin akış şeması

### 3.1.1 Verilerin test edilmesi

Uzman görüşü ve literatürden faydalanılarak bel çevresi, bel/kalça oranı ve bel /boy oranlarının kesim noktaları ve risk düzeyleri tespit edilmiştir. Buna göre bel çevresi için erkeklerde  $\geq 94$  cm, kadınlar da  $\geq 80$  cm riskli; erkeklerde  $> 102$  cm ve kadınlarda  $> 88$  cm kesim noktaları yüksek riskli olarak belirlenmiş olup Bel/kalça çevresi için ise risk kesim noktası ise erkeklerde  $\geq 1.0$  ve kadınlarda  $\geq 0.85$ ; bel/boy oranı için kesme noktası erkeklerde  $< 0.55$ , kadınlarda ise  $< 0.53$  olarak kabul edilmiştir [19, 20]. Karar destek sistemi oluşturulurken cinsiyete göre iki farklı sistem tasarlanmıştır.

Giriş parametreleri oluşturulduktan sonra bireylerin tip 2 diyabet açısından riskli ya da sağlıklı olarak sınıflandırılabilmesi için uzman görüşünden yararlanılarak her iki cinsiyet için kural tabanı oluşturuldu (Çizelge 3.1).

**Çizelge 3.1 :** Erkek ve kadın bireyler için bulanık sistem kural tabanı

<b>Kural 1:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Sağlıklı )
<b>Kural 2:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Sağlıklı )
<b>Kural 3:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 4:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Sağlıklı )
<b>Kural 5:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 6:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 7:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Sağlıklı )
<b>Kural 8:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 9:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Normal ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 10:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Sağlıklı )
<b>Kural 11:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 12:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 13:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 14:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 15:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 16:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 17:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 18:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 19:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Sağlıklı )
<b>Kural 20:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 21:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Normal ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 22:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 23:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 24:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 25:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Normal ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 26:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Riskli ) İSE (Karar= Riskli )
<b>Kural 27:</b>	EĞER (Bel_Kalça_Oranı= Çok Riskli ) VE (Bel_Çevresi= Çok Riskli ) VE (Bel_Boy_Oranı= Çok Riskli ) İSE (Karar= Riskli )

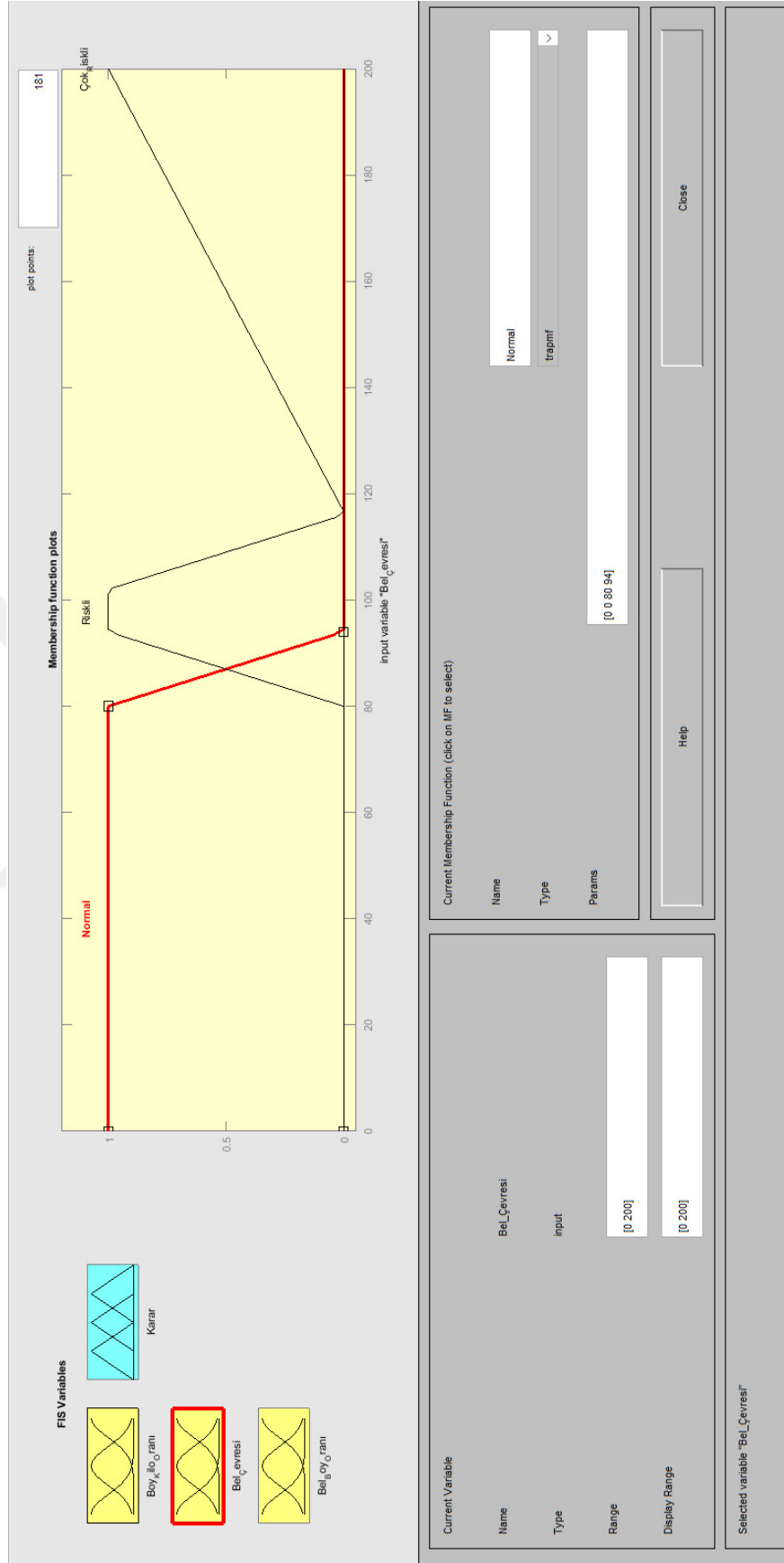
Uzman görüşünden faydalanarak tasarlanan sistemin test edilmesi için ihtiyaç duyulan veriler, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Endokrinoloji ve Metabolizma Bilim Dalı'na başvuran bireylerden elde edilmiştir. Çalışmanın etik kurul raporu (2021/2155 Karar Numarası) ile İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır. Bireylerin çalışmaya dahil edilmeden önce yazılı ve sözlü onamları sağlanmıştır. Bu bağlamda Tip 2 diyabet tanılı 40 hasta ile Tip 2 diyabeti olmayan 50 sağlıklı bireyin verileri uzman görüşü alınarak kullanılmıştır. Hastaların ayrıntılı genel değerlendirmeleri yapıldıktan sonra sistem tasarımı için gerekli giriş parametreleri olarak kullanılan hasta ve sağlıklı bireylerin beden kitle indeksi, bel çevresi, bel/kalça oranı ve bel /boy oranları tespit edildi.

### **3.1.2 Tasarlanan Sisteme Ait Bulgular**

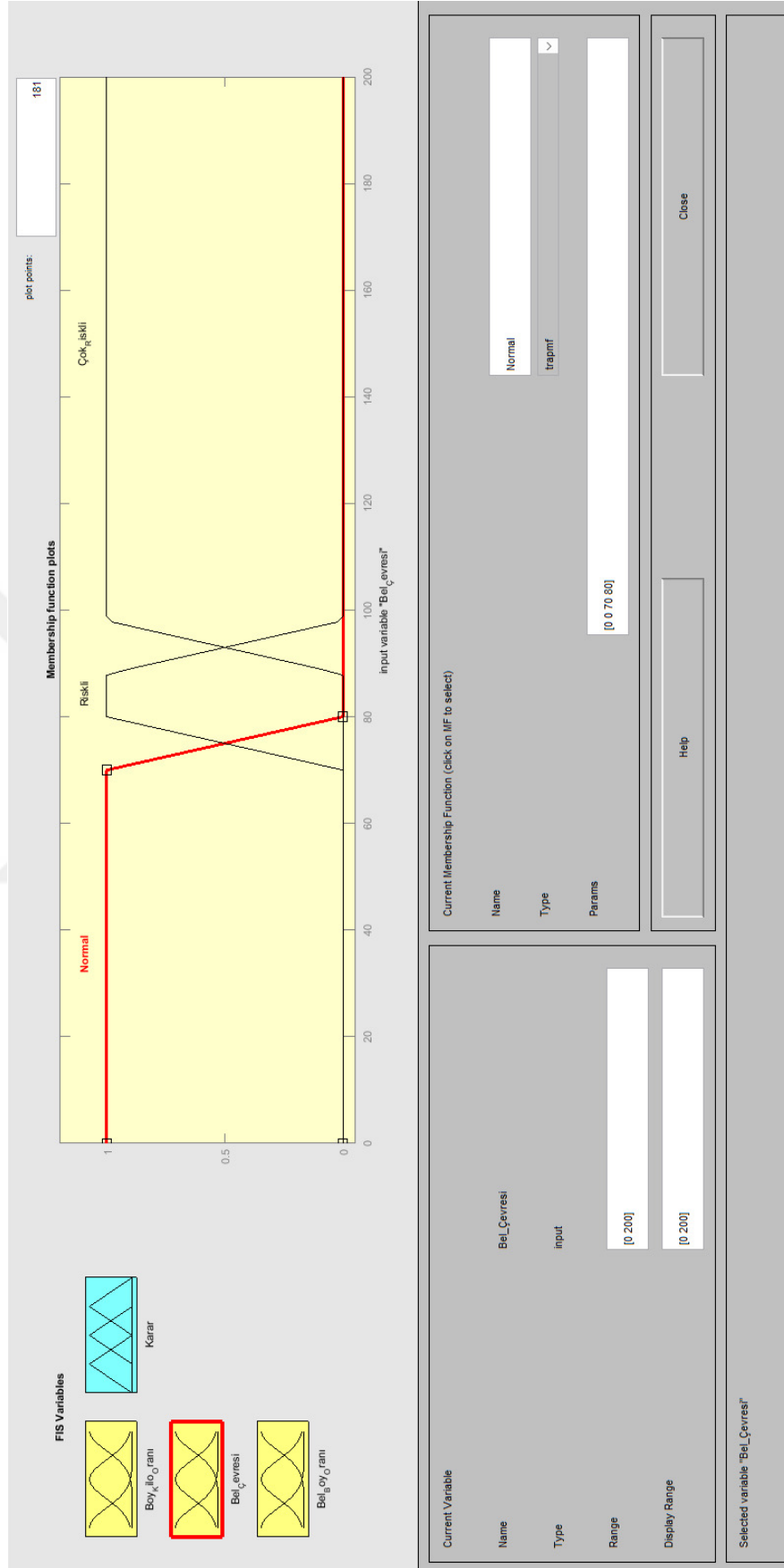
Matlab Fuzzy Logic Toolbox simülasyon paket programı kullanılarak bulanık üyelik fonksiyonları ve bulanık kural tabanı oluşturulmuştur.

Uzman görüşünden faydalanarak giriş verilerine dayalı bel çevresi, bel/kalça oranı ve bel /boy oranlarının kullanımı ile sistem tasarlanmıştır.

Bel çevresinin bir üyelik fonksiyonu olarak kullanıldığı ve erkeklerde  $\geq 94$  cm, kadınlar da  $\geq 80$  cm'nin riskli; erkeklerde  $> 102$  cm ve kadınlarda  $> 88$  cm kesim noktalarının ise yüksek riskli olarak kabul edildiği parametre ile ilgili sonuçlar Şekil 3.2 ve Şekil 3.3' de verilmiştir. Uzman görüşüne göre erkek bireyler için belirlenen bel çevresi üyelik fonksiyonlarını normal ve riskli gruplar için yamuk üyelik fonksiyonu; çok riskli grup için ise üçgen üyelik fonksiyonu şeklinde dizayn edildi (Şekil 3.2). Kadın bireyler için ise bel çevresi üyelik fonksiyonlarında normal, riskli ve çok riskli gruplar için yamuk üyelik fonksiyonu şeklinde tasarlandı (Şekil 3.3).



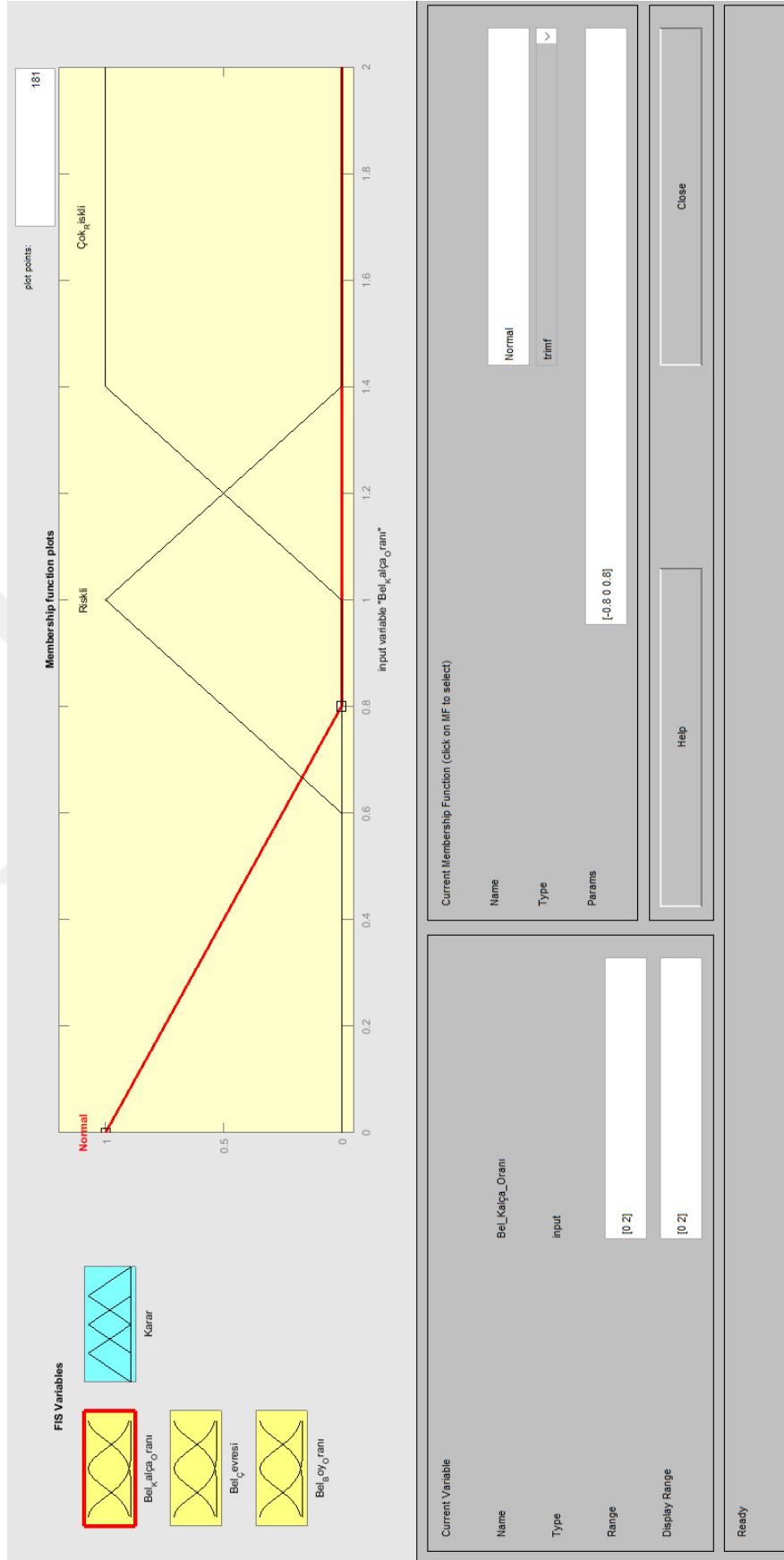
Şekil 3.2 : Uzman görüşüne göre belirlenen bel çevresi ile ilgili üyelik fonksiyonu (erkek bireyler)



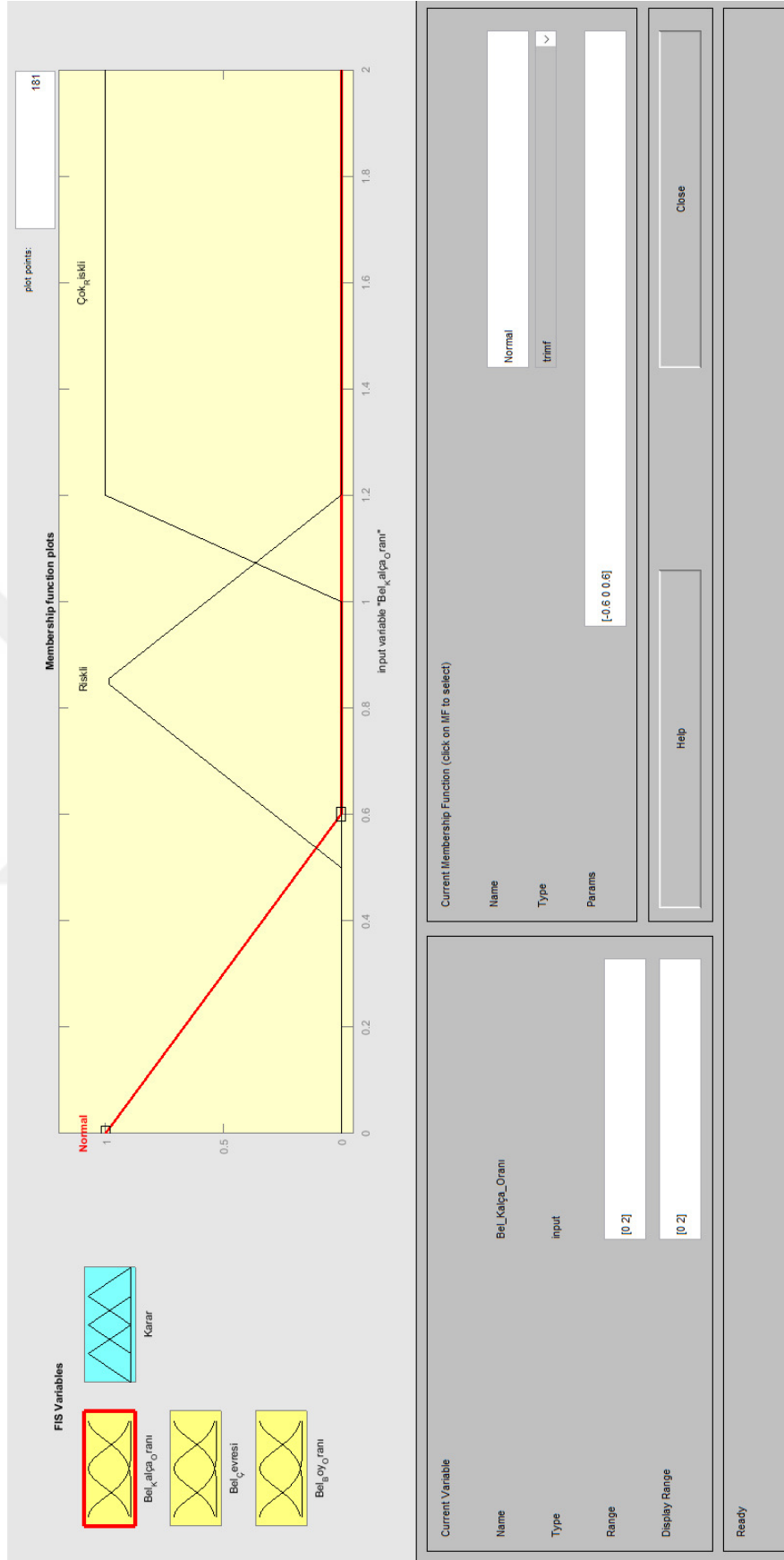
**Şekil 3.3 :** Uzman görüşüne göre belirlenen bel çevresi ile ilgili üyelik fonksiyonu (kadın bireyler)

Bel/kalça çevre parametresi ile ilgili üyelik fonksiyonları kadın ve erkek için Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'de sunulmuştur. Bel/kalça çevresi için ise risk kesim noktası ise erkeklerde  $\geq 1.0$  ve kadınlarda  $\geq 0.85$  olarak tanımlanmıştır. Uzman görüşüne göre erkek ve kadın bireyler için belirlenen bel/kalça çevresi üyelik fonksiyonlarını normal grup için üçgen üyelik fonksiyonu ; riskli gruplar için üçgen üyelik fonksiyonu ve çok riskli grup için ise yamuk üyelik fonksiyonu şeklinde dizayn edildi (Şekil 3.4, 3.5).





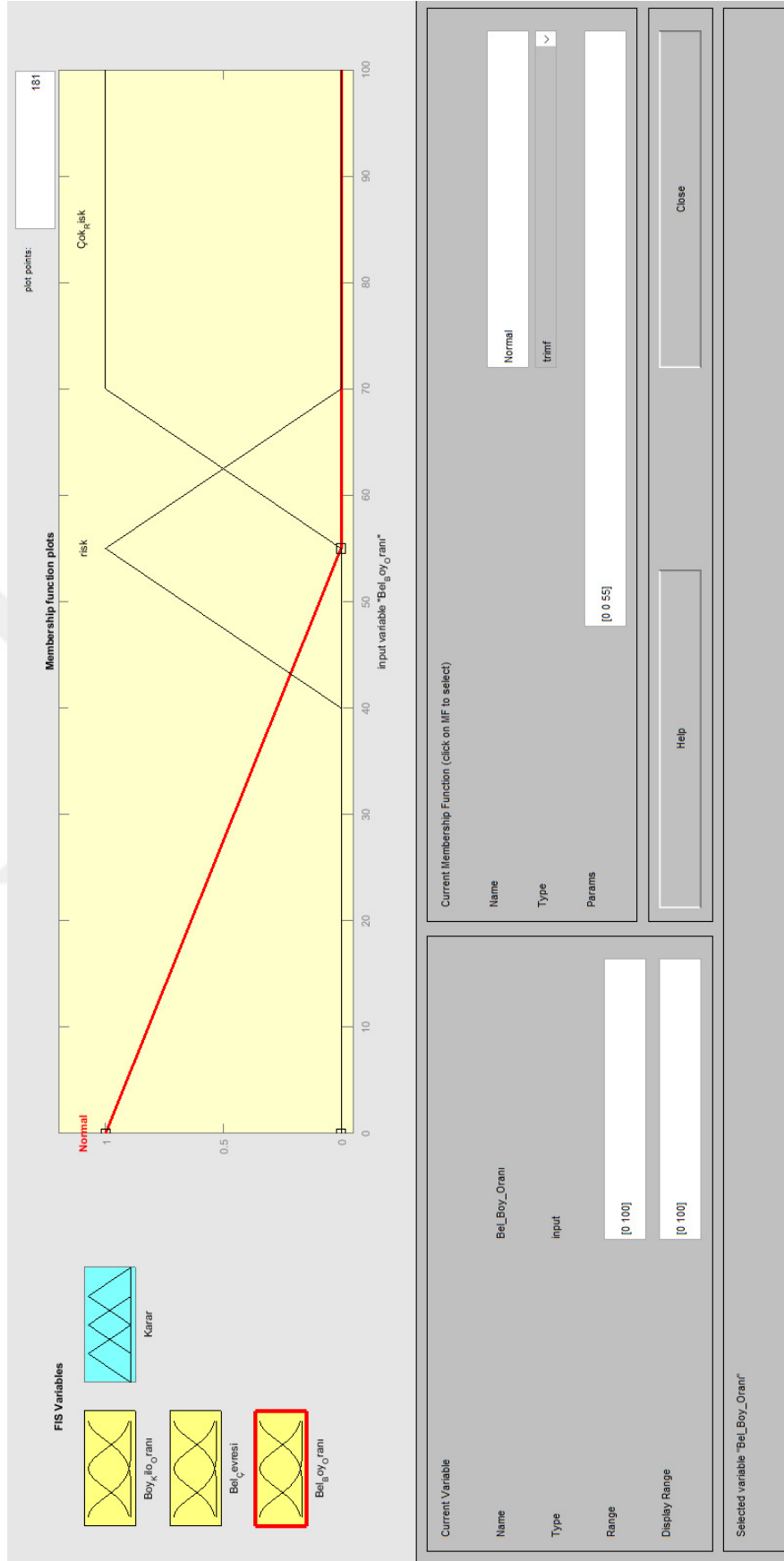
**Şekil 3.4 :** Uzman görüşüne göre belirlenen bel/kalça oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (erkek bireyler)



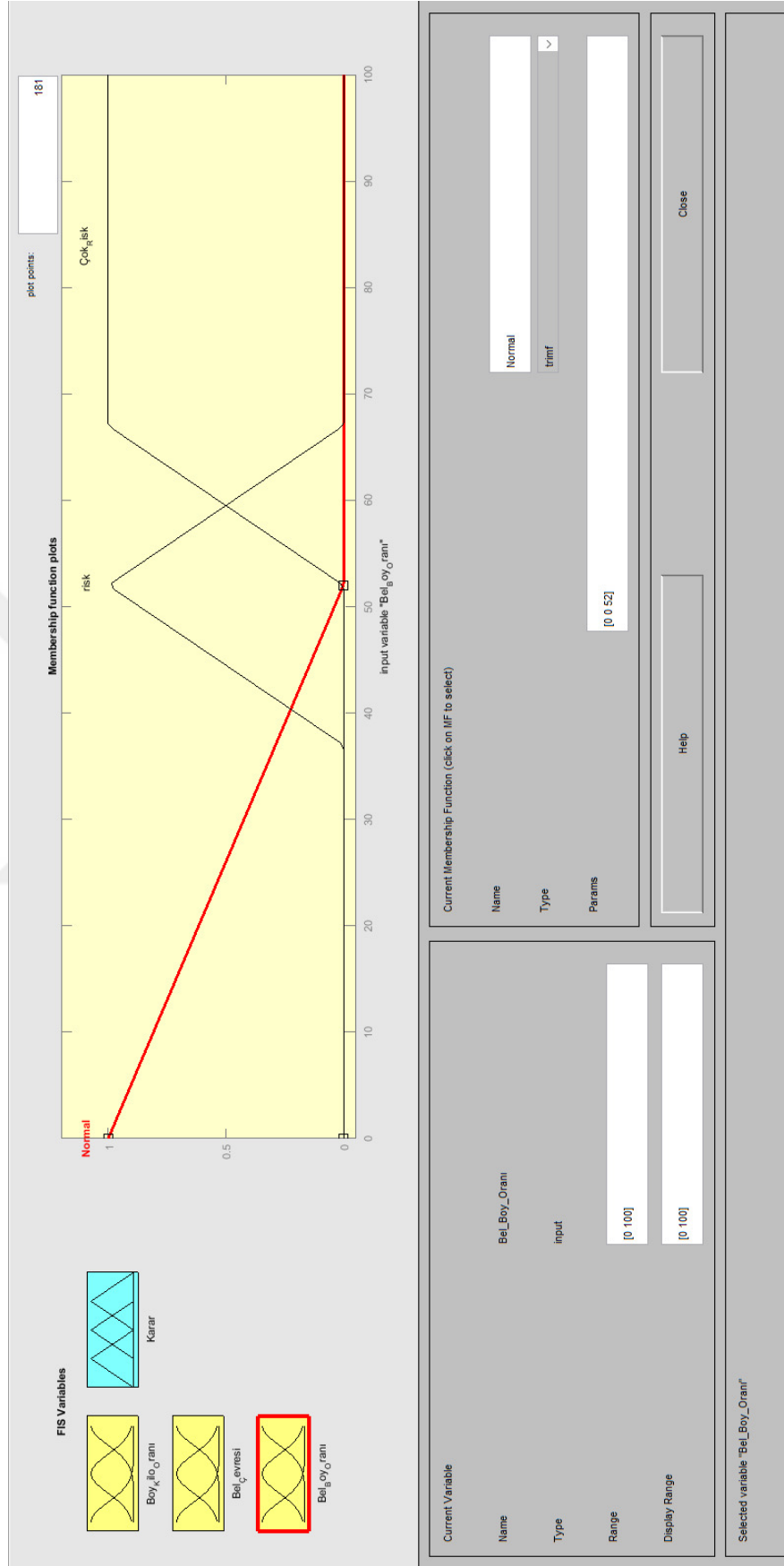
Şekil 3.5 : Uzman görüşüne göre belirlenen bel/kalça oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (kadın bireyler)

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de ise bel/boy oranı ile ilgili veriler sunulmuştur. Kesme noktası erkeklerde  $< 0.55$ , kadınlarda ise  $< 0.53$  olarak kabul edilmiştir. Uzman görüşüne göre erkek ve kadın bireyler için belirlenen bel/boy çevresi üyelik fonksiyonlarını normal grup için üçgen üyelik fonksiyonu ; riskli gruplar için üçgen üyelik fonksiyonu ve çok riskli grup için ise yamuk üyelik fonksiyonu şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 3.6, 3.7).





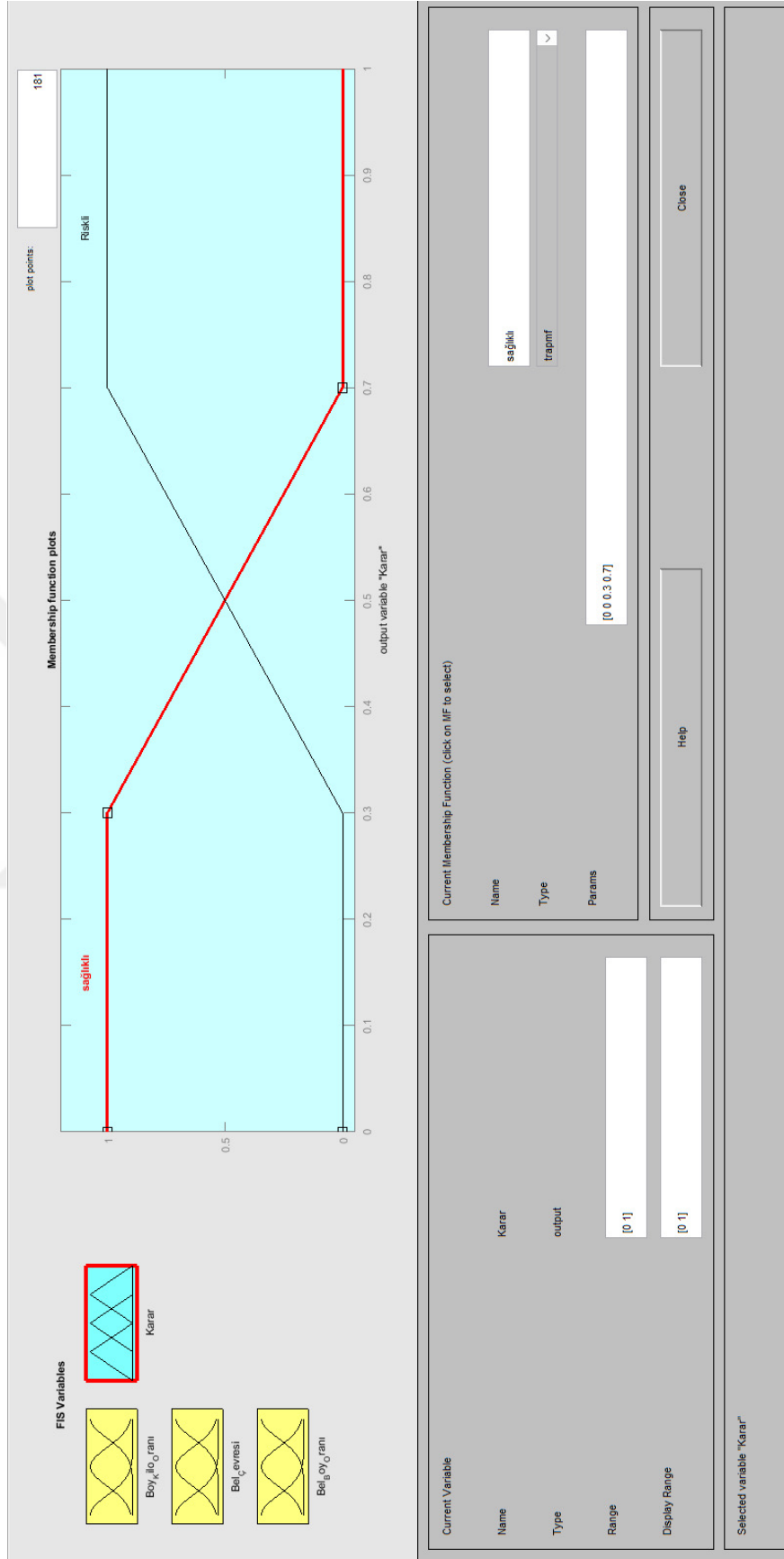
**Şekil 3.6 :** Uzman görüşüne göre belirlenen bel/boy oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (erkek bireyler)



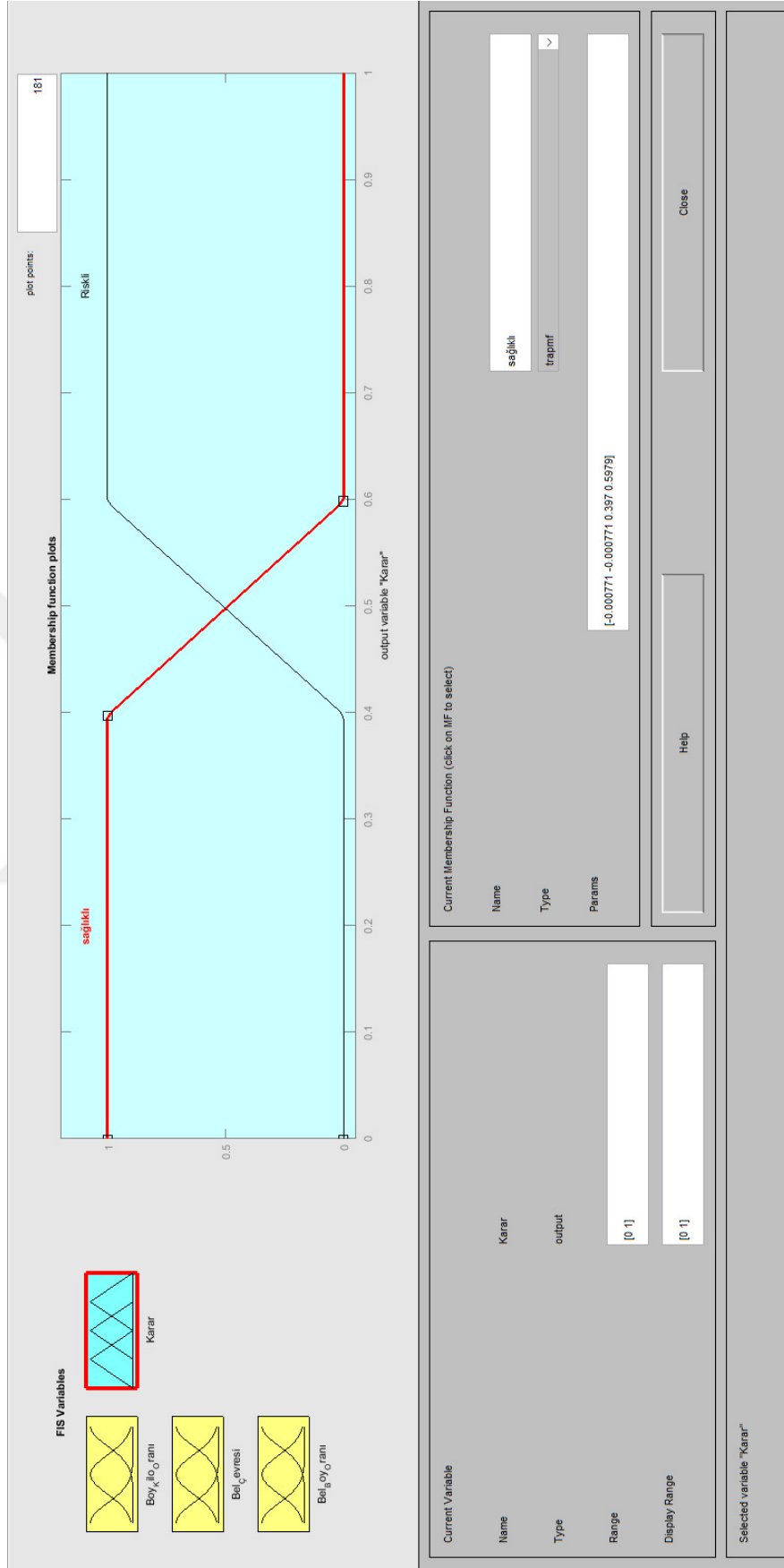
Şekil 3.7 : Uzman görüşüne göre belirlenen bel/boy oranı ile ilgili üyelik fonksiyonu (kadın bireyler)

Tip 2 diyabet risk tayinin belirlenmesi için uzman görüşünden faydalanılarak oluşturulan sistemin karar üyelik fonksiyonları Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’de sunulmuştur. Uzman görüşüne göre erkek ve kadın bireyler için belirlenen karar üyelik fonksiyonlarını sağlıklı ve riskli gruplar için yamuk üyelik fonksiyonu şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 3.6, 3.7).





Şekil 3.8 : Uzman görüşüne göre belirlenen karar üyelik fonksiyonu (erkek bireyler)



Şekil 3.9 : Uzman görüşüne göre belirlenen karar üyelik fonksiyonu (kadın bireyler)

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda, bulanık mantığın kliniklerde tanı ve karar-destek konularında sağlık profesyonellerine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu modellerin sağlık profesyonellerinin yerini almak yerine, karar verme sürecinde işlerini kolaylaştıran bir danışma birimi olması vurgulanmaktadır [21].

Sağlık alanında tecrübenin son derece önemli olduğu bilinmektedir. Bulanık mantık, bu tecrübenin modellenmesi üzerine kurulmuştur. Bulanık mantık, kullanıcılar için profesyonellerin tecrübelerini destekleyen imkanlar sunmaktadır. Bununla birlikte bulanık mantık modellerden elde edilen veriler standart verilerdir. Bu durum, klinikte karar verme sürecinde kararların standart hale dönüşmesinde yardımcı olmaktadır.

Bu olumlu etkilerinden dolayı farklı alanlarda olduğu gibi sağlık alanında da kullanımı hızla artmaktadır.

Son derece esnek bir yapıya sahip olan bulanık mantık kullanımının, doğası gereği klinik karar verme sürecinde hızla artacağı öngörülmektedir.

Bulanık mantık temelli modellerin klinik karar verme sürecinde, kararların doğru, hızlı ve az miktarda çaba ile saptanacağı öngörülmektedir.

Bulanık mantık temelli modellerin tedavi sürecinin de başlamasında ve sürdürülmesinde yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Bulanık mantık temelli modellerin ortaya çıkabilecek komplikasyonların yönetiminde etkili olacağı öngörülmektedir.

Konunun finansal ve sağlık boyutundaki etkilerinin ciddiyeti dikkate alındığında, bu modellerin etkisinin önemli olduğunu düşünmekteyiz.

## KAYNAKLAR

- [1] **Zadeh, L.A.** (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8, 338–353.
- [2] **Zadeh, L.** (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-III, *Information Sci.*, 9(1), 43–80.
- [3] **Nesin, A.** (2022). *Sezgisel Kümeler Kuramı*, Nesin Matematik Köyü.
- [4] **Zimmermann, H.J.** (2001). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Springer Netherlands, [https://www.ebook.de/de/product/25442883/hans\\_juergen\\_zimmermann\\_fuzzy\\_set\\_theory\\_and\\_its\\_applications.html](https://www.ebook.de/de/product/25442883/hans_juergen_zimmermann_fuzzy_set_theory_and_its_applications.html).
- [5] **Negoita, C.V. ve Ralescu, D.A.** (1976). *Applications of Fuzzy Sets to Systems Analysis*, Birkhäuser Basel, [https://www.ebook.de/de/product/22466977/negoita\\_alescu\\_applications\\_of\\_fuzzy\\_sets\\_to\\_systems\\_analysis.html](https://www.ebook.de/de/product/22466977/negoita_alescu_applications_of_fuzzy_sets_to_systems_analysis.html).
- [6] **Dubois, D.J. ve Henri, P.** (1980). *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, Academic Press, New York, [https://www.ebook.de/de/product/15163306/didier\\_j\\_dubois\\_fuzzy\\_sets\\_and\\_systems.html](https://www.ebook.de/de/product/15163306/didier_j_dubois_fuzzy_sets_and_systems.html).
- [7] **Babuska, R.** (2012). *Fuzzy Modeling for Control*, Springer Netherlands, [https://www.ebook.de/de/product/20414398/robert\\_babuska\\_fuzzy\\_modeling\\_for\\_control.html](https://www.ebook.de/de/product/20414398/robert_babuska_fuzzy_modeling_for_control.html).
- [8] **Sadollah, A.**, (2018). Introductory Chapter: Which Membership Function is Appropriate in Fuzzy System?, *Fuzzy Logic Based in Optimization Methods and Control Systems and its Applications*, InTech.
- [9] **Melin, P. ve Castillo, O.** (2001). *Modelling, Simulation and Control of Non-linear Dynamical Systems: An Intelligent Approach Using Soft Computing and Fractal Theory*, CRC Press.
- [10] **Improta, G., Mazzella, V., Vecchione, D., Santini, S. ve Triassi, M.** (2002). Fuzzy logic-based clinical decision support system for the evaluation of renal function in post-Transplant Patients, *Journal of evaluation in clinical practice*, 26(4), 1224–1234.
- [11] **Vlamou, E., Papadopoulos, B. ve Plerou, A.** (2020). Epidemics Fuzzy Decision-Making Applications and Fuzzy Genetic Algorithms Efficiency Enhancement, *Adv Exp Med Biol.*, 1194, 73–80.
- [12] **Papermaster, A.E. ve Champion, J.D.** (2020). Exploring the use of curbside consultations for interprofessional collaboration and clinical decision-making, *Journal of Interprofessional Care*, 1–8.
- [13] **Nazari, S., Fallah, M., Kazemipoor, H. ve Salehipour, A.** (2018). A fuzzy inference-fuzzy analytic hierarchy process-based clinical decision support system for diagnosis of heart diseases, *Expert Systems with Applications*, 95, 261–271.

- [14] **Dagdeviren, M. ve Yuksel, I.** (2010). A fuzzy analytic network process (ANP) model for measurement of the sectoral competiton level (SCL), *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1005–1014.
- [15] **Phuong, N.H. ve Kreinovich, V.** (2001). Fuzzy logic and its applications in medicine, *International Journal of Medical Informatics*, 62(2-3), 165–173.
- [16] **Metlay, J.P. ve Armstrong, K.A.** (2020). Annals Clinical Decision Making: Incorporating Perspective Into Clinical Decisions, *Annals of Internal Medicine*, 172(11), 743–746.
- [17] **Zikos, D. ve DeLellis, N.** (2018). CDSS-RM: a clinical decision support system reference model, *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 1–14.
- [18] **Croskerry, P.** (2017). A Model for Clinical Decision-Making in Medicine, *Medical Science Educator*, 27, 9–13.
- [19] **Gezer, C.** (2017). The Assesmnet of Relation Between Waist/Height Ratio and Type 2 Diabetes Risk Among Nursing Students, *Journal of Food and Health Science*, 141–149.
- [20] **Küçükerdönmez, Ö., Şeyda Karaçıl, E.M., Seçkiner, S. ve Köksal, E.** (2018). Tip 2 Diyabetli Bireylerde Abdominal Obezite/Adipozite ve Aterojenik Belirteçlerin Değerlendirilmesi, *Journal of Nutrition and Dietetics*, 46(1), 7–15.
- [21] **Şahinler, S., Görgülü, Ö. ve Bek, Y.** (2006). Sağlık Alanında Bulanık Mantık Yöntemlerinin Uygulanabilirliği, *IX. Ulusal Biyoistatistik Kongresi, Zonguldak, Türkiye.*

## **EKLER**

**EK A:** Etik Kurul Onayı



## EK A

11.10.2021 19:46

Etik Kurul Otomasyonu

<b>T.C.</b> <b>İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ</b> <b>BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU</b> <b>Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu</b>			
<b>Oturum Tarihi</b> : 13-07-2021	<b>Oturum Sayısı</b> : 14	<b>Karar Sayısı</b> : 2021/2155	
<p>Başvurunuz; üniversitemiz Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi açısından uygun olup-olmadığı hususundaki başvurusuna ilişkin raportör raporu görüldü. Çalışma Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi açısından değerlendirildiğinde; çalışmanın etik açıdan uygun olduğuna; oy birliği ile karar verilmiştir.</p>			
<b>Çalışma Adı</b>	Bulanık Mantık Kullanılarak Tip 2 Diyabet Hastalığının Erken Tahmini		
<b>Araştırmacılar</b>	Prof.Dr. Mustafa Kemal Özdemir ( Yürütücü ) Prof.Dr. İbrahim Şahin ( Danışman ) Yükseklisans Öğrencisi Mahmut Haran ( Yardımcı Araştırmacı )		
<b>Başkan</b>	Prof.Dr. Osman CELBİŞ		
<b>Kurul Üyeleri</b>			
Prof.Dr. AHMET KOÇ		Prof.Dr. Kadir ERTEM	
Prof.Dr. Cemşit KARAKURT		Prof.Dr. Sermin TİMUR TAŞHAN	
Doç.Dr. Dinçer ÖZGÖR		Prof.Dr. Barış OTLU	

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Mahmut HARAN

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2004, Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü

### MESLEKİ DENEYİMLER:

- 2006-2011 Konya Kulu Yeşilyurt Ortaokulu Matematik Öğretmeni
- 2011-2014 Kahramanmaraş Pazarcık Yumaklıcerit Ortaokulu Matematik Öğretmeni
- 2014-2016 Kahramanmaraş Pazarcık İstiklâl Ortaokulu Matematik Öğretmeni
- 2016- Malatya Yeşilyurt Şahnahan Şehit Recai Vardal Ortaokulu Matematik Öğretmeni