

## Otoyollardaki Trafik Işıkları Kontrol Sistemi Modellemesi Bulanık Karar Tabanlı Görsel Uygulaması

Müslüm ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>, Turan PAKSOY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kilis, Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

**ÖZET:** Bu çalışmada, bir otobandaki trafik ışıklarının (Kırmızı ve Yeşil) yanma süresinin araçların ortalama hızları ve birim alan başına düşen araç sayısına (yoğunluğa) göre modellenmesi ele alınmıştır. Tasarlanmış olan bu modellemenin bulanık denetleyici giriş değerleri; hız ve yoğunluk iken bulanık denetleyici çıkış değerleri ise kırmızı ve yeşil ışık yanma süreleridir. Bulanık çıkarım yöntemi olarak Mamdani Çıkarım Yöntemi (Min) ve birleştirme (Aggregation) yöntemi olarak Maksimum (Max) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca sistemin bulanık çıkışlarını keskin ve gerçek bir ifadeye dönüştürmeye yarayan durulaştırma yöntemi olarak da Maksimum Üyelik Yöntemi kullanılmıştır. Sistem dışarıdan girilen hız ve yoğunluk değerlerini yukarıda sayılan işlemlerden geçirerek en sonda kırmızı ve yeşil ışığın yanma sürelerini sisteme uygulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Karar Tabanlı Sistem, Trafik Işıkları Kontrolü, Bulanık Karar Tabanlı Görsel Uygulama.

### Traffic Light Control System Modeling Fuzzy Rule Based Visual Application in Highway

**ABSTRACT:** In this study, it is discussed the length of traffic lights on the highway (red and green) by modelling average speed of vehicles and the number of cars per unit area (density). Designed fuzzy controller input values are speed and density while output values are length of red and green light. Mamdani inference method (Min) is used as fuzzy inference method and Maximum (Max) method is used as merge method (Aggregation). However, Maximum membership method is used as defuzzification method which transforms and functions crisp and true expression fuzzy output of system. The speed and intensity values are entered into the system from outside the process mentioned above the burning time to implement the system in the red and the green light at the end of.

**Keywords:** Fuzzy Rule Based Systems, Traffic Lights Control, Fuzzy Rule Based Visual Application.

## 1. GİRİŞ

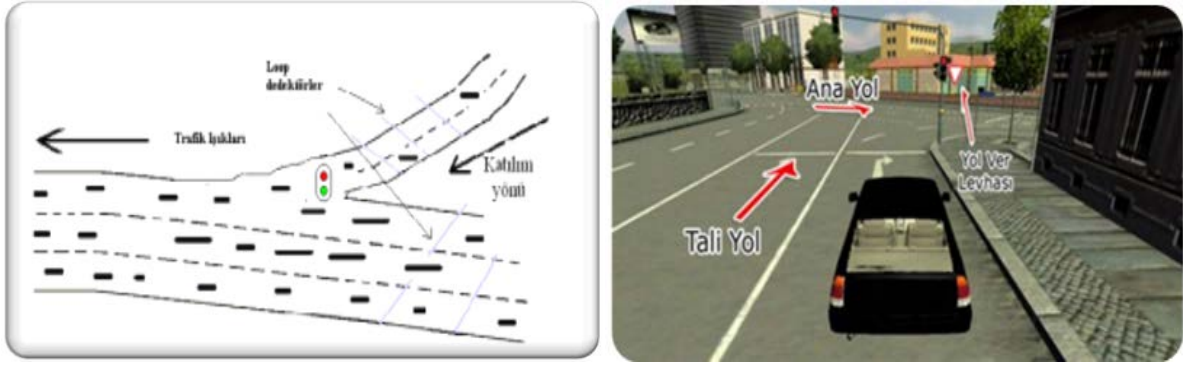
Kent içinden geçen express yolların en temel karakteristiği, trafik ışıklarının yerine, trafik işaretlerinin kullanılmasıdır. Bir başka karakteristik ise bu yollara gerek çevre yollardan gerekse de kent için yollardan katılımların olmasıdır. Bu yollarda trafiğin kontrolü için hız önemli bir kontrol parametresidir. Yan yollardan express yollara katılım noktalarında bu parametrenin değişimine bağlı olarak; diğer bir parametre olan yoğunluğun artması, yani trafik sıkışıklığı ortaya çıkar. İşte bu problemin çözümü için katılım noktalarından express yollara giriş kısmında trafik ışıkları ile kontrolün sağlanması, hem express yoldaki ulaşım hızını optimize etmede hem de katılımdaki bekleme ile kuyruklanmayı en aza indirmede önemli bir faktör olacaktır.

Bu amaçla bu tür yerlerdeki trafiğin kontrolü için modern trafik kontrol teknikleri incelenmiş ve yapay zeka uygulamalarının bir alt disiplini olan Bulanık Mantığın bulanık kural tabanlı uzman sistemin bu tür problemin çözümünde uygun bir yöntem olduğu görülmüştür. Bu

çalışmada da otoban gibi express yollarda bulanık mantık tabanlı bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamada otoban üzerindeki arabaların hız ve yoğunluk değerleri alınıp buna göre bulanık mantık denetleyicileri kullanılarak kırmızı ve yeşil ışıkların yanma süreleri optimize edilmiştir.

Bulanık mantığı trafik kontrol sisteminde kullanılmaktan amacımız; bulanık mantık denetleyicilerini kullanarak akıllı bir trafik modeli oluşturmak, böylece trafikte olan yoğunluk ve uzun bekleme süresini en aza indirmektir. Böylece hızı daha az kesilen veya ışıklarda daha az süre bekleyen araçlar daha az yakıt tüketecektir. Bu da ekonomik açıdan araç sahiplerine olumlu yansıtacaktır. Ayrıca çevre ve atmosferin temizliği açısından bakacak olursak; araçların ne kadar az çalışması bir o kadar da soluduğumuz havanın daha az kirlenmesine olumlu katkı sağlayacaktır. Aşağıda şekil 1. de gerçekleştirilen sistemin şekilsel gösterimi görülmektedir.

\*Sorumlu Yazar: Müslüm ÖZTÜRK, [mozturk@kilis.edu.tr](mailto:mozturk@kilis.edu.tr)



Şekil 1. Gerçekleştirilen Sistem

## 2. ALAN ARAŞTIRMASI

### 2.1. Bulanık Mantık Nedir?

Bulanık mantık insani düşünce ve çıkarım sürecine benzer bir davranış sergilemektedir (Paksoy, 2013). Günlük hayatta rastgele kullandığımız birçok terim genellikle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir şeyi tanımlarken, bir olayı açıklarken, komut verirken ve daha birçok durumda kullandığımız sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bu terimlere örnek olarak uzun kısa, sıcak-soğuk, hızlı-yavaş, siyah - beyaz gibi keskin ifadeler yerine;

- Boy değeri için: “Çok uzun”, “uzun orta”, “kısa”, “çok kısa”
- Sıcaklık değeri, için: “az soğuk”, “soğuk”, “çok soğuk”
- Anketlerde yer alan birçok soru için: “çok memnunum”, “oldukça memnunum” ve “hiç memnun değilim”
- Hava tahmini için: “bulutlu”, “parçalı bulutlu”, “güneşli” gibi daha pek çok sözel terim gösterilebilir. Biz insanlar bir olayı anlatıp, bir durum karşısında karar verirken bu tür klasiklik ifade etmeyen terimler kullanırız. Kişinin yaş durumuna göre ona yaşlı, orta yaşlı, genç, çok yaşlı ve çok genç deriz. Yolun kayganlık ve rampa durumuna göre arabanın gaz veya fren pedalına biraz daha yavaş veya biraz daha hızlı basarız. Çalıştığımız odanın ışığı yetersiz ise onu biraz artırır, yeterinden fazla ise biraz azaltırız. Bütün bunlar insan beyninin belirsiz ve klasiklik içermeyen durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirip, tanımlayıp, komut verdiğine dair birer örnektir.

Bulanık mantık belirsizlik üzerine kurulmuştur (Zadeh, 1965). Bulanık mantığın ve bu mantık kurallarını kullanan bulanık küme teorisinin Azerbaycanlı bilim adamı Prof. Dr. Lotfî A. Zadeh tarafından geliştirilip 1965 tarihli orijinal makalesinde yayınlanmasından sonra belirsizlik içeren sistemlerin incelenmesi yeni bir boyut kazanmıştır. 1965 yılında ortaya atılmasına rağmen, bulanık küme kavramı ancak 1970’li yılların ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Bunda özellikle Zadeh’nin 1965 deki ilk makalesinden daha fazla etkili olan ve bulanık mantığın belirsizlik içeren

sistemlere uygulanabilirliğini açıklayan makaleleri etkili olmuştur. 1980’li yılların ikinci yarısından sonra Japonlar, ürünlerinde bulanık mantığı kullanmalarıyla da hız kazanarak, bulanık mantığın kullanımı günümüzdeki doruk noktasına gelmesine büyük katkılar sağlamışlardır. Bulanık kural tekniklerini gerçek hayat problemlerine uygulayabilmek için aşağıdaki üç şartın sağlanması gerekmektedir:

1. **Bulanıklaştırma:** Kesin veya klasik veri bulanık veri veya üyelik fonksiyonu biçimine getirilmelidir.
2. **Bulanık Çıkarım Süreci:** Bulanık çıktıya ulaşabilmek için kontrol kuralları ile üyelik fonksiyonları birleştirilmelidir.
3. **Durulaştırma:** Çeşitli durulaştırma teknikleri ile kesin bir çıktı elde edilmelidir (Bai vd., 2010. Akt. Paksoy, 2013).

### 2.2. Bulanık Kural Tabanlı Sistemler

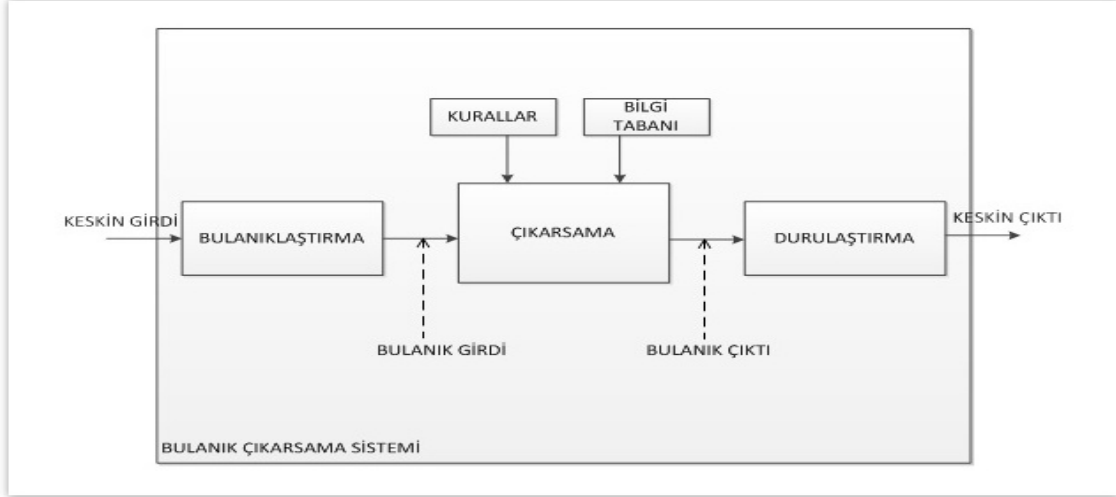
Makinalar tarafından bilgi işlemlerinin algılanma yolu olan yapay zeka alanında, bilgi işlemi için değişik yollardan bir tanesi de aşağıdaki gibi bilgiyi sanki insan diline benzer bir ifade ile temsil etmektir. Bu en yaygın olarak kullanılan insan bilgisini işleme yoludur. Böyle bir ifade de “EĞER ... İSE ...” kelimeleri ile ayrılmış olan iki kısım bulunur. Bunlardan EĞER ile İSE kelimeleri arasında bulunan kısma öncül veya ön şartlar, İSE kelimesinden sonraki kısma ise ardıl veya çıkarım adı verilir (Şen, 2003). Bulanık kural tabanlı sistemlerin özelliklerini maddeler halinde sıralayacak olursak;

- Bulanık denetim sistemleri, bulanık mantık metodlarıyla tanımlanan kural-tabanlı sistemlerdir.
- Buradaki kural-tabanı, insanın tecrübe ve sezgilerine, denetlenen nesnenin (veya sistemin) pratik ve teorik davranışının anlaşılmasına dayalı olarak oluşturulur.
- Bulanık denetimi özel ve farklı kılan, bir analitik tanıma ihtiyaç duyulmamasıdır.
- Buradaki kurallar EĞER.....O HALDE (IF.....THEN) şeklindeki önermelerden oluşmaktadır. EĞER A O HALDE B şeklindeki bulanık koşuldaki bir ifade A ve B bulanık anlamlar taşırlar. Örneğin; EĞER (hava soğuk ise) O HALDE (suyun ısısını yüksek seviyeye getir) kuralı işletilebilir.

Bulanık kural tabanlı sistemlerin girdileri bulanık kümeler ile verilmelidir. Bu nedenle kesin girdileri bulanıklaştırmak gerekir. Ayrıca, bulanık kural tabanlı sistemlerin çıktıları bulanık küme olduğu için bu değerleri durulaştırmamız gerekir. Bulanık kural tabanlı sistem aşağıdaki elementlerden oluşur:

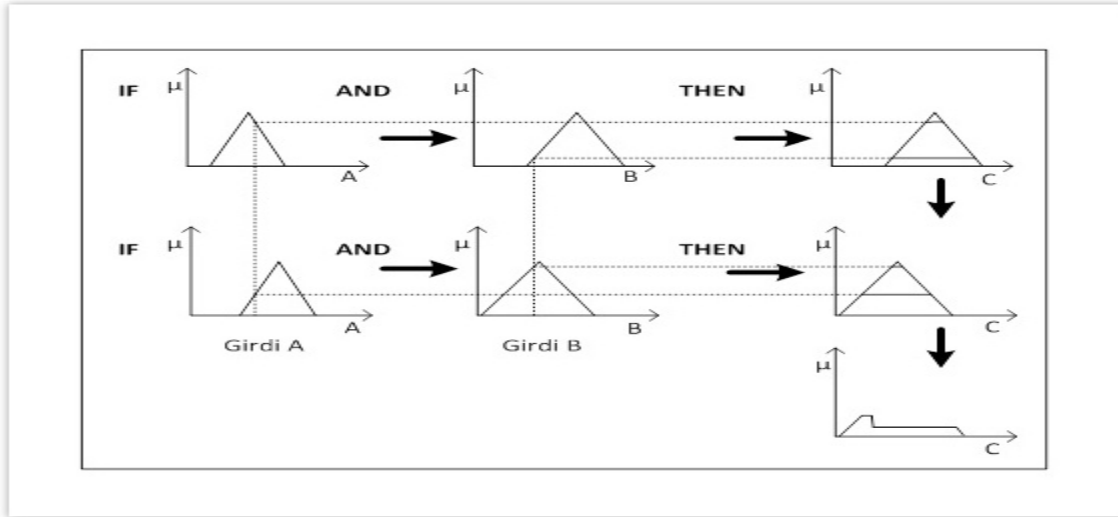
- Bulanıklaştırma ara yüzü
- Bulanık kural taban
- Bulanık çıkarım tasarımı
- Durulaştırma ara yüzü (Lilly, 2010).

Bulanık kural tabanlı sistemlerin çalışma mekanizması ise aşağıda şekil 2. de görüldüğü gibidir.



Şekil 2. Bulanık Kural Tabanlı Sistemlerin Çalışma Mekanizması

Bulanık çıkarım sistemlerinin genel çalışma biçimi de aşağıda şekil 3. te gösterilmektedir.

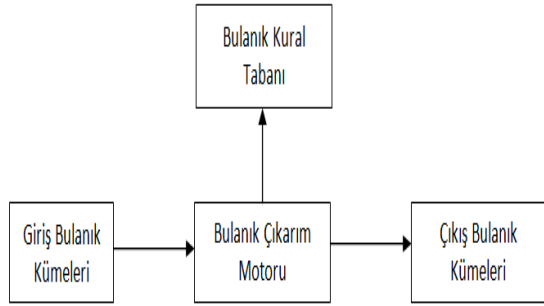


Şekil 3. Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Genel Çalışma Biçimi

### 2.3. Bulanık Kural Tabanlı Sistem Modelleri

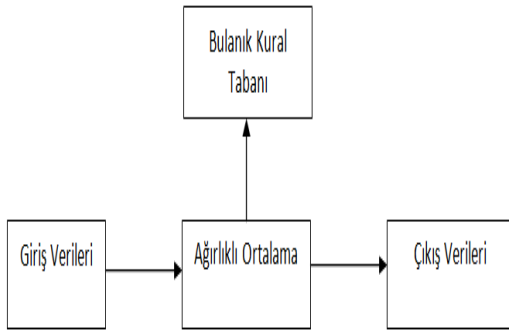
Aşağıda, birçok uygulamalarda yaygın olarak kullanılmakta olan bulanık girişim sistemleri (bulanık modelleri) sunulmuştur. Bunları maddeler halinde özetlersek;

- **Genel Bulanık Sistemler (Saf-Pure Bulanık Sistemler):** Giriş ve çıkış bulanık kümelerdir. Genel bulanık sistemlerin çalışma biçimi ise aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4. Genel Bulanık Sistemlerin Çalışma Biçimi

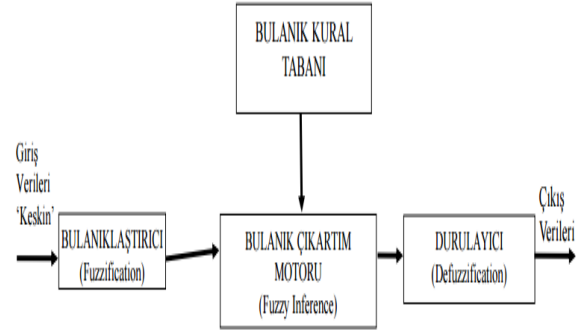
- **Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Modeli:** Çıkış doğrusal bir fonksiyonla ifade edilir. Bir TSK bulanık modelindeki tipik bulanık kuralı şu forma sahiptir :  
Eğer  $x$  , A ve  $y$  de B ise o halde  $z = f(x,y)$   
Bu modelin çalışma biçimi ise aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir.



Şekil 5. Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Modeli Genel Çalışma Biçimi

- **Bulanıklaştırma-Durulaştırma Birimli Bulanık Sistem (Fuzzification-defuzzification) Modeli:** Bu modelde;
- **Bulanıklaştırma İşlemi:** Giriş verisi olarak verilen sayıların bulanık değişkenler haline getirilmesi
- **Durulaştırma İşlemi:** Bulanık değişkenlerin tekrar sayısal (keskin) değerlere dönüştürülmesi işlemleri ardı sıra yapılarak gerçekleşen bir modeldir.

Bu modelin çalışma şekli ise aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5. Bulanıklaştırma-Durulaştırma Birimli Bulanık Sistem (Fuzzification-defuzzification) Modeli Genel Çalışma Biçimi

Bulanık kural tabanlı sistemler kullanılarak trafik ışıkları kontrol işlemleri üzerinde birçok araştırma yapıldığı görülmüştür. Bunlardan bir kaçını açıklamak gerekirse; ULUKUT, Ö. Ve Diğerleri (2005) tarafından yapılan çalışma sonucunda; “gerçekleştirilen kontrol sürecinde elde edilen performans artışını tespit etmek üzere, benzetim bir kez de aynı trafik akımını şartlarında ve hiçbir kontrolün söz konusu olmadığı şartları benzetecek şekilde tekrarlanmıştır. Benzetim gerek kontrollü ve gerekse kontrolsüz şartlar için ürettiği performans verileri yine 5'er dakikalık aralıklarla alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar, kontrolsüz şartlarda oluşan taşıt başına gecikme süreleri, duruş sayıları ve kuyruk uzunluklarının bulanık kontrol sürecinde %30'a varan oranlarda iyileştiği görülmüştür (Ulukut vd., 2010).”

Yine Mustafa S. MAHMOOD (2010) tarafından yapılan çalışmada sonucunda; “gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarına bakılacak olursa, bulanık mantıkla trafik ışıklarının kontrol ürünü ciddi yararları görülmektedir. Bulanık mantık denetleyicilerini kullanarak farklı trafik koşullarına uygulamak, o trafiklerde olan yoğunluğu minimize etmektedir. Şu an yaygın olarak kullanılan sabit zaman sistemine alternatif olarak çok daha iyi bir performans sağlamaktadır. Kavşaklarda olan araç yoğunlukları ne kadar çok olursa olsun, bulanık mantık ile trafik kontrol sistemi var olan araç sayısını algılayarak o duruma uygun bir sonuç üretmektedir. Bu da yeşil ışığa verilen ekleme sürelerini uzatılarak bunu gerçekleştirilmektedir. Diğer yönlerdeki uzun süre beklemeleri de göz önünde bulundurarak her yön için optimum değere ulaşır (Mahmood, 2010).” şeklinde ifade etmektedir.

### 3. TASARLANMIŞ OLAN SİSTEMİN YAPISI

Bu çalışmada bir otobandaki trafik ışıklarının yanma süresinin araçların ortalama hızları ve birim alan başına düşen araç sayısına göre modellenmesi ele alınacaktır. Gerçekleştirilecek olan bu modellemenin bulanık

denetleyici giriş değerleri, bulanık denetleyici çıkış değerleri, üyelik fonksiyonları ve grafikleri ile bulunan bulanık küme değerleri ile oluşturulan kurallar tabanı aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

### 3.1. Bulanık Denetleyici Giriş Değerleri:

**HIZ:** Otobandaki araçların ortalama hızı

**YOĞUNLUK:** Otobandaki araçların ortalama yoğunluğu

### 3.2. Bulanık Denetleyici Çıkış Değerleri:

**KıS:** Kırmızı ışık yanma süresi

**Yıs:** Yeşil ışık yanma süresi

Bulanık dilsel ifadelerin giriş-çıkış değerleri aşağıda tablo 1.'de verilmiştir.

Parametre	Türü	Dilsel İfadeler
Hız	Giriş	Yavaş, Orta, Hızlı
Yoğunluk	Giriş	Seyrek, Orta, Sık
Kıs veya Yıs	Çıkış	Kısa, Normal, Uzun

Tablo 1. Bulanık Dilsel İfadelerin Giriş-Çıkış Değişkenleri

Bu çalışmada kapsamında şekil 2'de ve şekilde 3'te görüldüğü gibi bir tasarım oluşturulmuştur.

Şekil 6. Tasarlanmış olan sistemin yapısı (Kullanıcı Tabanlı)

Şekil 7. Tasarlanmış olan sistemin yapısı (Yönetici Tabanlı)

Sistem yapısı Visual Studio 2010 ASP.NET ortamında C# Görsel Programlama dili kullanılarak web ortamı olarak tasarlanmıştır. Sistem Kullanıcı tabanlı ve yönetici tabanlı olmak üzere iki yönlü olarak çalışmaktadır.

### 3.3. Giriş ve Çıkışları Bulanıklaştırma

Bu çalışma kapsamında giriş ve çıkış değerlerinin bulanıklaştırması için ilgili üyelik fonksiyonları, bulunan bulanık kümeler ve bunların grafikleri aşağıda ayrıntılı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır.

#### 3.3.1. Üyelik Fonksiyonları

##### • Yoğunluk

Yoğunluk giriş değeri için üyelik fonksiyonunu, yoğunluk bulanık kümesini ve yoğunluk-üyelik derecesini hesaplayalım:

Yoğunluk=Y ve yoğunluk değeri=y ile ifade edersek;



$$\mu_{seyrek}(Y) = \begin{cases} 1, & 0 \leq y < 0.1 \\ \frac{0.3-y}{0.2}, & 0.1 \leq y < 0.3 \\ 0, & 0.3 \leq y < 1 \end{cases}$$

$$\mu_{orta}(Y) = \begin{cases} \frac{y-0.1}{0.2}, & 0.1 \leq y < 0.3 \\ \frac{0.5-y}{0.2}, & 0.3 \leq y < 0.5 \\ 0, & 0.5 \leq y < 1 \end{cases}$$

$$\mu_{sik}(Y) = \begin{cases} 0, & 0 \leq y < 0.3 \\ \frac{y-0.3}{0.2}, & 0.3 \leq y < 0.5 \\ 1, & 0.5 \leq y < 1 \end{cases}$$

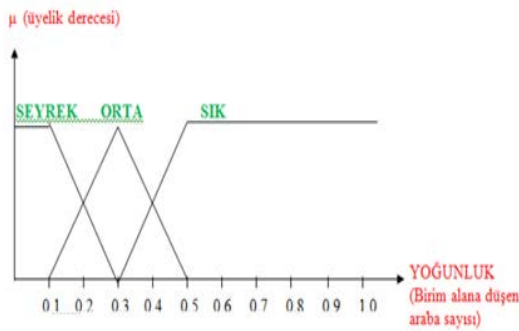
Şimdi de yukarıda tanımlanmış üyelik fonksiyonlarına göre yoğunluk bulanık kümelerini bulalım:

$$\mu_{seyrek}(Y) = \{1/0.08 + 1/0.09 + 1/0.1 + 0.9/0.12 + 0.5/0.2 + 0/0.3\}$$

$$\mu_{orta}(Y) = \{0/0.08 + 0/0.09 + 0/0.1 + 0.5/0.2 + 1/0.3 + 0.5/0.4 + 0/0.5\}$$

$$\mu_{sik}(Y) = \{0/0.1 + 0/0.2 + 0/0.3 + 0.5/0.4 + 1/0.5 + 1/0.6 + 1/0.9 + 1/1.0\}$$

Yoğunluk bulanık kümesinin yoğunluk-üyelik derecesi grafiği aşağıda verilmiştir.



- **Hız**

Hız giriş değeri için üyelik fonksiyonunu, hız bulanık kümesini ve hız-üyelik derecesini hesaplayalım:

Hız=H ve hız değeri=h ile ifade edersek;

$$\mu_{yavas}(H) = \begin{cases} 1, & 0 \leq h < 20 \\ \frac{50-h}{30}, & 20 \leq h < 50 \\ 0, & 50 \leq h < 120 \end{cases}$$

$$\mu_{orta}(H) = \begin{cases} 0, & 0 \leq h < 20 \\ \frac{h-20}{50}, & 20 \leq h < 70 \\ \frac{120-h}{50}, & 70 \leq h < 120 \\ 0, & 120 \leq h < 135 \end{cases}$$

$$\mu_{hizli}(H) = \begin{cases} 0, & 0 \leq h < 90 \\ \frac{h-90}{30}, & 90 \leq h < 120 \\ 1, & 120 \leq h < 135 \end{cases}$$

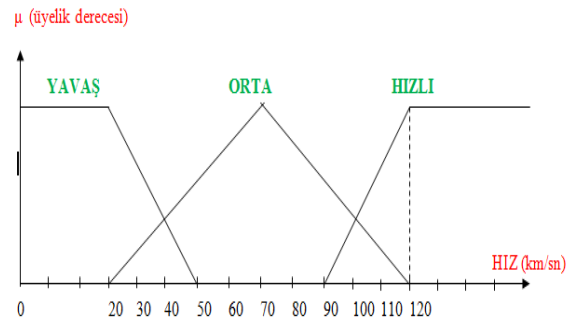
Şimdi de yukarıda tanımlanmış üyelik fonksiyonlarına göre hız bulanık kümelerini bulalım:

$$\mu_{yavas}(H) = \{1/10 + 1/15 + 1/20 + 0.66/30 + 0.33/40 + 0/50\}$$

$$\mu_{orta}(H) = \{0/5 + 0/10 + 0/20 + 0.2/30 + 0.8/60 + 1/70 + 0.8/80 + 0.4/100 + 0/120 + 0/130\}$$

$$\mu_{hizli}(H) = \{0/20 + 0/60 + 0/80 + 0/90 + 0.33/100 + 0.66/110 + 1/120 + 1/130\}$$

Hız bulanık kümesinin hız-üyelik derecesi grafiği aşağıda verilmiştir.



- **Kırmızı ışık yanma süresi (Kıs) ve Yeşil ışık yanma süresi (Yıs)**

Kırmızı ışık yanma süresi (Kıs) ve Yeşil ışık yanma süresi (Yıs) çıkış değeri için üyelik fonksiyonunu, Kıs ve Yıs bulanık kümesini ve Kıs ve Yıs -üyelik derecesini hesaplayalım:

$K_{1s}$  ve  $Y_{1s}=KY$  ve  $K_{1s}$  ve  $Y_{1s}$  değeri= $ky$  ile ifade edersek;

$$\mu_{kisa}(KY) = \begin{cases} \frac{ky-0}{2} & 0 \leq ky < 2 \\ 1, & 2 \leq ky \leq 4 \\ \frac{6-ky}{2} & 4 \leq ky < 6 \\ 0, & ky > 6 \text{ veya } ky < 0 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}(KY) = \begin{cases} 0, & 0 \leq ky < 2 \\ \frac{ky-2}{6} & 2 \leq ky < 8 \\ \frac{14-ky}{6} & 8 \leq ky < 14 \\ 0, & 14 \leq ky < 24 \end{cases}$$

$$\mu_{uzun}(KY) = \begin{cases} 0, & 0 \leq ky < 6 \\ \frac{ky-6}{6} & 6 \leq ky < 12 \\ 1, & 12 \leq ky \leq 24 \\ 0, & ky > 24 \end{cases}$$

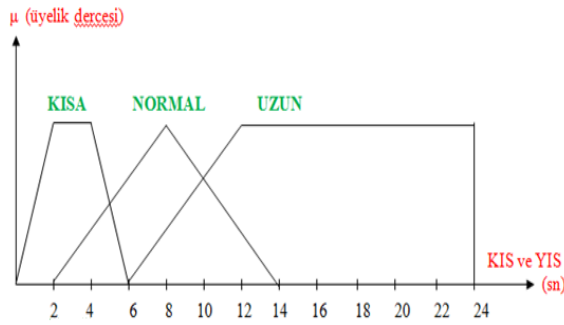
Şimdi de yukarıda tanımlanmış üyelik fonksiyonlarına göre  $K_{1s}$  ve  $Y_{1s}$  bulanık kümelerini bulalım:

$$\mu_{kisa}(KY) = \{0/0 + 0.5/1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 0.5/5 + 0/6 + 0/8\}$$

$$\mu_{normal}(KY) = \{0/1 + 0/2 + 0.33/4 + 0.66/6 + 1/8 + 0.66/10 + 0.33/12 + 0/14 + 0/16 + 0/18\}$$

$$\mu_{uzun}(KY) = \{0/2 + 0/4 + 0/6 + 0.33/8 + 0.66/10 + 1/12 + 1/16 + 1/22 + 0/28\}$$

$K_{1s}$  ve  $Y_{1s}$  bulanık kümesinin  $K_{1s}$  ve  $Y_{1s}$  -üyelik derecesi grafiği aşağıda verilmiştir.



### 3.4. Bulanık Kuralların Oluşturulması;

Bu çalışma kapsamında Kırmızı ışık yanma süresi ( $K_{1s}$ ) ve Yeşil ışık yanma süresi ( $Y_{1s}$ ) ile ilgili kural tabloları aşağıda verilmiştir.

Hız \ Yoğunluk	YAVAŞ	ORTA	HIZLI
SEYREK	KISA	KISA	KISA
NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL
SIK	NORMAL	UZUN	UZUN

Tablo 2. K1S (Kırmızı Işık Süresi)

Hız \ Yoğunluk	YAVAŞ	ORTA	HIZLI
SEYREK	UZUN	UZUN	UZUN
NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL
SIK	NORMAL	KISA	KISA

Tablo 3. Y1S (Yeşil Işık Süresi)

Tasarladığımız sistem için aşağıda görüldüğü şekilde örnek birkaç tane kural oluşturulabilir:

**Kural 1. EĞER** Hız=Yavaş ve Yoğunluk=Seyrek İSE  $K_{1s}=K_{1s}$  ve  $Y_{1s}=Uzun$ ,

**Kural 2. EĞER** Hız=Orta ve Yoğunluk=Sık İSE  $K_{1s}=Uzun$  ve  $Y_{1s}=K_{1s}$ ,

**Kural 3. EĞER** Hız=Hızlı ve Yoğunluk=Normal İSE  $K_{1s}=Normal$  ve  $Y_{1s}=Normal$ ,

⋮

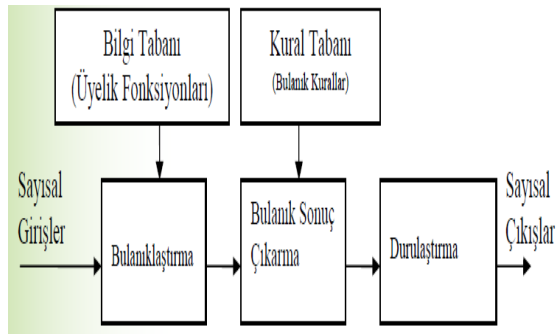
⋮

**Kural (n-1). EĞER** Hız=Orta ve Yoğunluk=Seyrek İSE  $K_{1s}=K_{1s}$  ve  $Y_{1s}=Uzun$ ,

**Kural n. EĞER** Hız=Yavaş ve Yoğunluk=Sık İSE  $K_{1s}=Normal$  ve  $Y_{1s}=Normal$  şeklinde kurallar oluşturulabilir.

### 3.5. Tasarlanan Modelleme İçin Kullanılan Çıkarım Mekanizması

Bu çalışmada, bulanık çıkarım yöntemi olarak **Mamdani** Çıkarım Yöntemi (Min) ve birleştirme (Aggregation) yöntemi olarak **Maksimum (Max)** yöntemi kullanılmıştır. Bir bulanık mantık denetleme sisteminde bulanık karar verme sürecini gerçekleştirebilecek bir sistem oluşturabiliriz. Oluşturulacak olan bu sistemin genel yapısı aşağıda şekil 8. de görüldüğü gibidir.

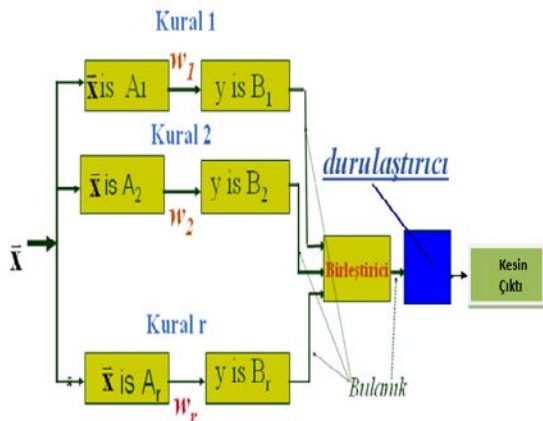


Şekil 8. Bulanık Mantık Denetleyicisi Genel Yapısı

Bulanıklaştırma, dış dünyadan bilgisayara ölçüm yoluyla alınan ve kesin sayısal değere sahip olan giriş verisi, bilgi tabanındaki üyelik fonksiyonları tarafından sözel ifadeler ve giriş verisinin bu ifadeyi ne oranda desteklediğini gösteren üyelik derecelerine dönüştürülür. Bu aşamaya bulanıklaştırma adı verilir.

### 3.5.1. Bulanık Sonuç Çıkarma Sistemi (Fuzzy Inference System)

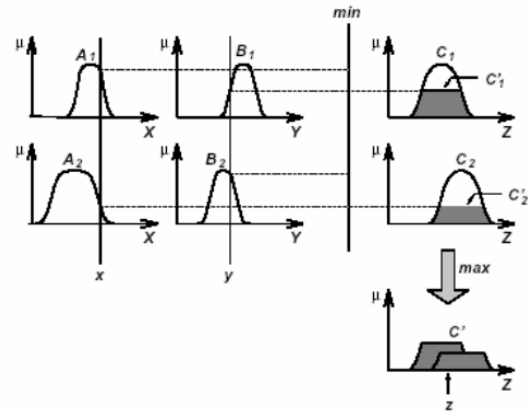
Bulanıklaştırma sonunda elde edilen sözel ifadeler, insanların karar verme sürecinde olduğu gibi, kural tabanındaki önermelerle karşılaştırılır ve yine sözel yargı sonuçlarına varılır, bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğu gerektirme (implication) mantığı uyarınca yine girişteki üyelik derecelerinin üzerinde uzlaştığı bir doğruluk derecesi tarafından belirlenir. Daha sonra her bir kuraldan elde edilen sonuçlar birleştirilerek (aggregation) genel bir sonuç kümesi (bölgesi) elde edilir. Bu kısma bulanık sonuç çıkarma (fuzzy inference) adı verilmektedir. Bulanık sonuç çıkarma sisteminin blok yapısı şekil 9. da gösterilmiştir.



Şekil 9. Bulanık Sonuç Çıkarma Sisteminin Blok Yapısı

Bu çalışmada kullanılan **Mamdani Bulanık Modeli**'ni açıklamak gerekirse; Mamdani bulanık modeli ilk kez, uzman insan operatörler tarafından elde edilen dilsel

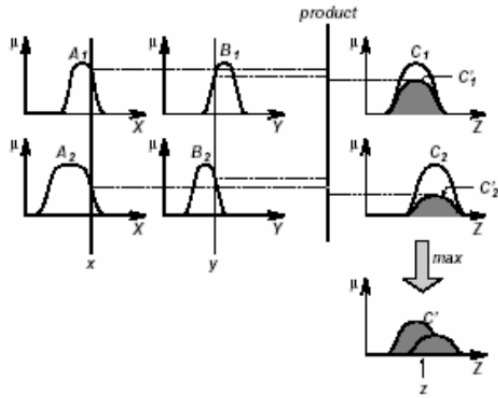
kontrol kuralları bütünü tarafından buhar makinesini ve kazan bileşimini kontrol etmek için İngiliz Prof. Ebrahim Mamdani tarafından önerildi. Şekil 10. ve Şekil 11. de Mamdani türünden iki-kurallı bir bulanık girişim sisteminin çıkışı olan  $z$ 'nin nasıl  $x$  ve  $y$  gibi iki keskin girişten elde edildiğini açıklamaktadır. Şekilde açıklanan model iki girişli ve iki kurallı bir bulanık sistemdir. Bulanık çıkarım mekanizması şu biçimde işler: Önce,  $x$  ve  $y$  girişlerinin her hangi bir andaki değerlerine (keskin değer) göre önce kuralın tanımladığı giriş bulanık kümesinde bu girişlerin üyelik dereceleri (her bir kural için ayrı ayrı) belirlenir. Bu iki keskin üyelik derecesi min operatöründen geçirilir. Elde edilen en küçük üyelik derecesi kadar seviyede kırılmış (kuralın tanımladığı) çıkış bulanık kümesi belirlenir. Bu işlem her bir kural için ayrı ayrı işletildiğinde kural sayısı kadar çıkış bulanık kümeleri elde edilir. Bu çıkış bulanık kümeleri de max operatöründen (birleşimi alınır) geçirilir. Sonuç yine bir bulanık kümedir. Dikkat edilirse hala çıkışta keskin bir değere ulaşılmamıştır. Keskin değere ulaşmak için sonuç çıkış bulanık kümesi **durulaştırma** işleminden geçirilmelidir.



Şekil 10. Mamdani Bulanık Girişimli Sistemi (T-Norm ve S-Norm Operatörleri Sırasıyla Min ve Max)

Eğer T-norm operatörü olarak cebirsel çarpım ve S-norm operatörü olarak max işlemi seçilirse, bu durumda, bulanık mantığın sonucu her bir kuralın cebirsel çarpım yolu ile belirlenen ateşleme gücü tarafından azaltılan bir bulanık kümeye eşleme yapılması ile belirlenir. Bu durum Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu tür bir bulanık çıkarım Mamdani'nin orjinal makalesinde kullanılmamasına rağmen, literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Diğer AND ( T-normu ) ve OR ( S-normu ) operatörlerinin farklı varyasyonları ile de Mamdani modeli ile çıkarım yapmak mümkündür.

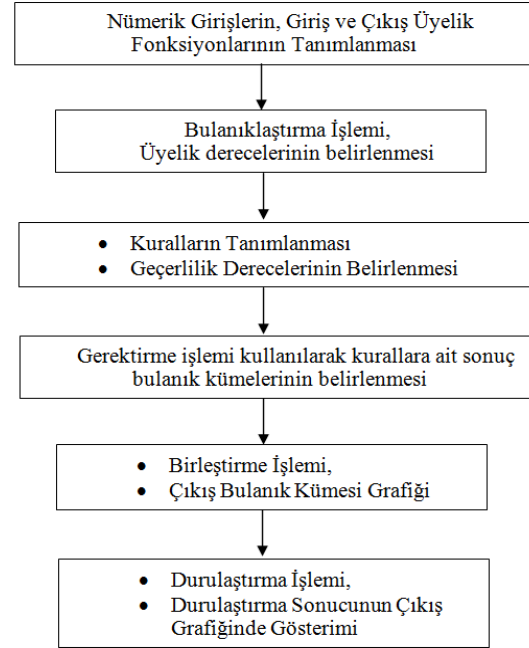




Şekil 11. Mamdani Bulanık Girişimli Sistemi (T-Norm ve S-Norm Operatörleri Sırasıyla Cebirsel Çarpım ve Max)

Şekil 10. ve Şekil 11. de verilen çıkarım mekanizmalarının haricinde başka işleyişe sahip sistemlerde mevcuttur. Mesela, ateşleme gücünü hesaplamak için hem çarpımı hem de min kullanılabilir. Başka bir yaklaşım da sum, normalde bir bulanık OR işlemi olmadığı halde standart bulanık mantığında max yerine noktasal toplam ( sum) kullanılmaktadır (Karakuzu, 2006).

Mamdani çıkarım modelini algoritmik olarak aşağıda görüldüğü şekilde gösterilebilir.



### 3.5.2. Kural Sonuçlarının Birleştirilmesi (Aggregation)

Kuralın geçerlilik dereceleri ve sonuçları hesaba katılarak tüm sisteme ait nihai bir sonuç elde etme süreci kuralların birleştirilmesi (aggregation of rules) olarak adlandırılır. Birleştirme yöntemi olarak maksimum (max), toplama (sum) veya aritmetik toplama (probor) tercih edilebilir. Amaç tüm sonuçları temsil eden nihai bir sonuç alanı bulmaktır. Bu nihai şekle sonuç bulanık kümesi adı verilir. Bu çalışmada da kural sonuçlarının birleştirilmesinde **Max Birleştirme Yöntemi** kullanılmıştır.

**Maksimum (max) yöntemi:** Bu yöntemde elde ettiğimiz çıkış üyelik fonksiyonlarının kesiştiği noktalarda büyük üyelik dereceli (maksimum) olan alınır. Bu çalışma kapsamında tasarlanan modelden birleştirme yöntemi Max Yöntemine örnek olarak Şekil 12. de gösterilebilir.

ÇIKARIM (MAMDANI) METODU SONUCU BULUNAN BULANIK ÇIKTI DEĞERLERİ		
MAMDANI (MIN) BULANIK SONUÇLARI	KIRMIZI IŞIK İÇİN DİŞEL İFADE DEĞERLERİ	YEŞİL IŞIK İÇİN DİŞEL İFADE DEĞERLERİ
Minimum (Min) Sonuç1: 0,166666666666667	Dışel İfade: Normal	Dışel İfade: Normal
Minimum (Min) Sonuç2:	Dışel İfade:	Dışel İfade:
Minimum (Min) Sonuç3: 0,5	Dışel İfade: Uzun	Dışel İfade: Kısa
Minimum (Min) Sonuç4:	Dışel İfade:	Dışel İfade:
KURAL SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ (AGGREGATION)		
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN ARA BULANIK DEĞERLER		
Max Sonuç1: 0,166666666666667	Dışel İfade: Normal	
Max Sonuç2: 0,5	Dışel İfade: Uzun	
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN SON BULANIK DEĞERLER		
Hesaplanan Maximum Değer: 0,5	Dışel İfade: Uzun	
ÇIKIŞ (OUTPUT) DEĞERLERİ		
Kırmızı Işık Yanma Süresi:	0 sn	Dışel İfadesi: Kısa
Yeşil Işık Yanma Süresi:	15 sn	Dışel İfadesi: Uzun

Şekil 12. Tasarlanan Modelde Max Birleştirici Yöntemi Sonucu Bulunan Değerler

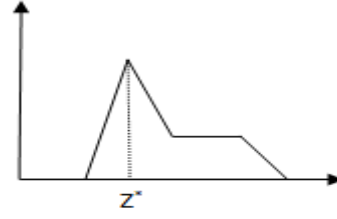
### 3.6. Durulaştırma İşlemi

Eğer bilgisayar çıkışta bir makineye bilgi yolluyorsa, bulanık çıkışlar yine makinelerin anlayacağı dil olan sayısal çıkış değerlerine dönüştürülmelidir. Bulanık sonucu makinelerin anlayacağı nümerik bir değere dönüştürme işlemine durulaştırma adımı veriyoruz.

Bu çalışmada durulaştırma yöntemi olarak **Maksimum Üyelik Yöntemi** kullanılmıştır. Bu yöntem çıkış değeri olarak üyelik derecesi maksimum olan üyelik işlevi alınır. Bu yöntemin formülü aşağıda görüldüğü gibidir.

$$\mu_C(z^*) \geq \mu_C(z), z^*$$

Maksimum Üyelik Yöntemi grafiği ise aşağıda görüldüğü gibidir.



Bu çalışma kapsamında tasarlanan modelde kullanılan Maksimum Üyelik Yöntemi sonucu durulaştırılmış değerlere örnek olarak kırmızı ve yeşil ışıkların yanma süreleri verilebilir. Bunu aşağıda Şekil 13. te gösterebiliriz.

ÇIKIŞ (OUTPUT) DEĞERLERİ			
Kırmızı Işık Yanma Süresi:	9	sn	Düzel İfade: Kısa
Yeşil Işık Yanma Süresi:	15	sn	Düzel İfade: Uzun

Şekil 13. Durulaştırma Sonucu Oluşan Çıkış Değerleri

## 4. ÇALIŞMA KAPSAMINDA TASARLANMIŞ OLAN BULANIK TABANLI MODEL

Bu çalışma kapsamında şekil 13. ve şekil 14. de görüldüğü gibi bir tasarım modeli oluşturulmuştur.

BULANIK MANTIK KULLANICI KONTROL SAYFASI			
Ana Menü (Hosgeldiniz Sayın 68620127934 Kullanıcısı)			
*Sayın Kullanıcı, aşağıda yer alan menüleri kullanarak otopandaki trafik ışıkları kontrolü bulanık karar tabanlı uygulamasını etkin bir şekilde kullanabilirsiniz.			
Program Kullan	Şifre Değiştir	Kişisel Bilgi Girişi Ekle-Sil	Yazılım Tasarımı
GİRİŞ (INPUT) DEĞERLERİ			
Hız Değeri Görüniz:	<input type="text"/>	Olası Düzel İfade:	Olası Düzel İfade:
Yoğunluk Değeri Görüniz:	<input type="text"/>	Üyelik Derecesi:	Üyelik Derecesi:
		Olası Düzel İfade:	Olası Düzel İfade:
		Üyelik Derecesi:	Üyelik Derecesi:
Hesapla			
ÇIKARIM (MAMDANI) METODU SONUCU BULANIK ÇIKTI DEĞERLERİ			
MAMDANI (MIN) BULANIK SONUÇLARI		KIRMIZI IŞIK İÇİN DİSEL İFADE DEĞERLERİ	
Minimum (Min) Sonuç1:	Düzel İfade:	YEŞİL IŞIK İÇİN DİSEL İFADE DEĞERLERİ	
Minimum (Min) Sonuç2:	Düzel İfade:	Düzel İfade:	
Minimum (Min) Sonuç3:	Düzel İfade:	Düzel İfade:	
Minimum (Min) Sonuç4:	Düzel İfade:	Düzel İfade:	
KURAL SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ (AGGREGATION)			
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN ARA BULANIK DEĞERLER			
Max Sonuç1:	Düzel İfade:		
Max Sonuç2:	Düzel İfade:		
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN SON BULANIK DEĞERLER			
Hesaplanan Maximum Değer:	Düzel İfade:		
ÇIKIŞ (OUTPUT) DEĞERLERİ			
Kırmızı Işık Yanma Süresi:	<input type="text"/>	sn	Düzel İfade:
Yeşil Işık Yanma Süresi:	<input type="text"/>	sn	Düzel İfade:

Şekil 13. Tasarlanmış Olan Modelin Yapısı (Kullanıcı Tabanlı)

**YÖNETİCİ PANELİ KONTROL SAYFASI**

Ana Menü (Hoşgeldiniz **admin** Kullanıcısı)  
 \*Sayın yönetici, son yapılan değişiklikleri görmek için "Sayfayı Yenile" butonunu tıklayınız.

**GİRİŞ (INPUT) DEĞERLERİ**

Hız Değeri Giriniz:

Yoğunluk Değeri Giriniz:

**ÇIKARIM (MAMDANI) METODU SONUCU BULUNAN BULANIK ÇIKTI DEĞERLERİ**

MAMDANI (MIN) BULANIK SONUÇLARI	KIRMIZI IŞIK İÇİN DİSEL İFADE DEĞERLERİ	YEŞİL IŞIK İÇİN DİSEL İFADE DEĞERLERİ
Minimum (Min) Sonuç1:	Disel İfade:	Disel İfade:
Minimum (Min) Sonuç2:	Disel İfade:	Disel İfade:
Minimum (Min) Sonuç3:	Disel İfade:	Disel İfade:
Minimum (Min) Sonuç4:	Disel İfade:	Disel İfade:

**KURAL SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ (AGGRETATION)**

Max Sonuç1: **BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN ARA BULANIK DEĞERLER**

Max Sonuç2: **BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN SON BULANIK DEĞERLER**

Hesaplanan Maximum Değer: **BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN SON BULANIK DEĞERLER**

**ÇIKIŞ (OUTPUT) DEĞERLERİ**

Kırmızı Işık Yanma Süresi:  sn

Yeşil Işık Yanma Süresi:  sn

Şekil 14. Tasarlanmış Olan Sistemin Yapısı (Yönetici Tabanlı)

Sistem yapısı Visual Studio 2010 ASP.NET ortamında C# Görsel Programlama dili kullanılarak web ortamı olarak tasarlanmıştır. Sistem Kullanıcı tabanlı ve yönetici tabanlı olmak üzere iki yönlü olarak

çalışmaktadır. Tasarlanan model için dokuz kural belirlenmiştir. İstenildiğinde kural sayısı artırılabilir ya da azaltılabilir. Şekil 13. te tasarlanan model için oluşturulan kural tablosu görülmektedir.

**KURAL EKLE MODULU**

Eğer Hız =  ve Yoğunluk =  ise O Halde  =

**KURAL SİLME MODULÜ**

	id	Hız	Yoğunluk	KısaSonuç	MinBulanikDeğer
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	28	Yavas	Seyrek	Kısa	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	2	Yavas	Normal	Normal	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	3	Yavas	Sık	Normal	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	4	Orta	Seyrek	Kısa	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	5	Orta	Normal	Normal	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	6	Orta	Sık	Uzun	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	7	Hızlı	Seyrek	Kısa	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	8	Hızlı	Normal	Normal	
<input type="button" value="Kuralı Sil"/>	9	Hızlı	Sık	Uzun	

Şekil 13. Oluşturulan Kural Tablosu

Sistem şekil 14. te görüldüğü gibi dışardan hız ve yoğunluk değerini almaktadır. Hesapla butonu tıklandığında; sistem dışardan alınan sistem için keskin birer değer ifade eden hız ve yoğunluk değerlerini tanımlanmış üyelik fonksiyonları vasıtasıyla sistemin

anlayacağı bulanık değerlere dönüştürmektedir. Şekil 14. te dışardan alınan hız (33 km/saat) ve yoğunluk (0.48) değerlerine karşılık sistemin hesapladığı üyelik dereceleri ve bu üyelik derecelerinin dilsel ifade karşılıkları görülmektedir.

**BULANIK MANTIK KULLANICI KONTROL SAYFASI**

Ana Menü (Hoşgeldiniz Sayın **68620127934** Kullanıcısı)  
 \*Sayın Kullanıcı, aşağıda yer alan menüyü kullanarak otobandaki trafik ışıkları kontrolü bulanık karar tabanlı uygulamasını etkin bir şekilde kullanabilirsiniz.

**GİRİŞ (INPUT) DEĞERLERİ**

Hız Değeri Giriniz:  Km/Saat (0-120 aralığında sayı giriniz)

Yoğunluk Değeri Giriniz:  (0-1 aralığında sayı giriniz)

Olası Dilsel İfade:	<b>Yavas</b>	Olası Dilsel İfade:	<b>Orta</b>
Üyelik Derecesi:	0,5666666666666667	Üyelik Derecesi:	0,26
Olası Dilsel İfade:	<b>Sık</b>	Olası Dilsel İfade:	<b>Null</b>
Üyelik Derecesi:	1	Üyelik Derecesi:	0

Şekil 14. Keskin Giriş Değerlerine Karşılık Hesaplanan Bulanık Üyelik Dereceleri ve Olası Dilsel İfadeler Şekil 15. e göre 33 km/saat olarak alınan hız ifadesi "yavaş üyelik fonksiyonuna" 0,56 üyelik derecesiyle üye iken "orta üyelik fonksiyonuna" ise 0,26 üyelik derecesiyle üyedir. Aynı şekilde 0.48 yoğunluk değeri

"sık üyelik fonksiyonuna" 1 üyelik derecesiyle üye iken "seyrek ve orta üyelik fonksiyonlarına" ise herhangi bir üyelik derecesi ile üye değildir.

Bu şekilde sisteme dışardan girilen değerlerin üyelik dereceleri üyelik fonksiyonları yardımıyla belirlendikten modelde kullanılan mamdani çıkarım metodu devreye girmektedir. Daha sonra bu iki keskin üyelik derecesine ait bulanık değerler min operatöründen geçirilir. Elde edilen en küçük üyelik derecesi kadar seviyede kırılmış

(kuralın tanımladığı) çıkış bulanık kümesi belirlenir. Bu işlem her bir kural için ayrı ayrı işletildiğinde kural sayısı kadar çıkış bulanık kümeleri elde edilir. Şekil 15. te Mamdani çıkarım metodu sonucu hesaplanan min bulanık küme değerleri gösterilmiştir.

GİRİŞ (INPUT) DEĞERLERİ			
Hız Değeri Giriniz:	33	Km/Saat (0-120 aralığında sayı giriniz)	Olası Dilsel İfade: <b>Yavaş</b> Üyelik Derecesi: <b>0,56666666666667</b>
Yoğunluk Değeri Giriniz:	0.48	(0-1 aralığında sayı giriniz)	Olası Dilsel İfade: <b>Sık</b> Üyelik Derecesi: <b>1</b>
		<b>Hesapla</b>	Olası Dilsel İfade: <b>Orta</b> Üyelik Derecesi: <b>0,26</b>
ÇIKARIM (MAMDANI) METODU SONUCU BULUNAN BULANIK ÇIKTI DEĞERLERİ			
MAMDANI (MIN) BULANIK SONUÇLARI		KIRMIZI IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ	YEŞİL IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ
Minimum (Min) Sonuç1:	0,56666666666667	Dilsel İfade: <b>Normal</b>	Dilsel İfade: <b>Normal</b>
Minimum (Min) Sonuç2:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
Minimum (Min) Sonuç3:	0,26	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	Dilsel İfade: <b>Kısa</b>
Minimum (Min) Sonuç4:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:

Şekil 15. Min Operatörü Sonucu Hesaplanan Bulanık Çıkış Değerler ve Olası Dilsel İfadeler

Şekil 15. e göre hesaplanan üyelik derecelerine göre maksimum iki kural işletilmiş ve sonuç olarak 0,56 ve 0,26 min bulanık çıkış değerleri hesaplanmıştır.

Daha sonra bu çıkış bulanık kümeler de max operatöründen (birleşimi alınır) geçirilir. Dikkat edilirse sonuç yine bir bulanık kümedir. Max operatörü sonucu hesaplanan çıkış bulanık değeri ve olası dilsel karşılığı şekil 16. da görüldüğü gibidir.

GİRİŞ (INPUT) DEĞERLERİ			
Hız Değeri Giriniz:	33	Km/Saat (0-120 aralığında sayı giriniz)	Olası Dilsel İfade: <b>Yavaş</b> Üyelik Derecesi: <b>0,56666666666667</b>
Yoğunluk Değeri Giriniz:	0.48	(0-1 aralığında sayı giriniz)	Olası Dilsel İfade: <b>Sık</b> Üyelik Derecesi: <b>1</b>
		<b>Hesapla</b>	Olası Dilsel İfade: <b>Orta</b> Üyelik Derecesi: <b>0,26</b>
ÇIKARIM (MAMDANI) METODU SONUCU BULUNAN BULANIK ÇIKTI DEĞERLERİ			
MAMDANI (MIN) BULANIK SONUÇLARI		KIRMIZI IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ	YEŞİL IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ
Minimum (Min) Sonuç1:	0,56666666666667	Dilsel İfade: <b>Normal</b>	Dilsel İfade: <b>Normal</b>
Minimum (Min) Sonuç2:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
Minimum (Min) Sonuç3:	0,26	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	Dilsel İfade: <b>Kısa</b>
Minimum (Min) Sonuç4:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
KURAL SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ (AGGREGATION)			
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN ARA BULANIK DEĞERLER			
Max Sonuç1:	0,56666666666667	Dilsel İfade: <b>Normal</b>	
Max Sonuç2:	0,26	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN SON BULANIK DEĞERLER			
Hesaplanan Maximum Değer:	0,56666666666667	Dilsel İfade: <b>Normal</b>	

Şekil 16. Max Operatörü Sonucu Hesaplanan Bulanık Çıkış Değerler ve Olası Dilsel İfadeler

Dikkat edilirse hala çıkışta keskin bir değere ulaşılmamıştır. Keskin değere ulaşmak için sonuç çıkış bulanık kümesi **durulaştırma** işleminden geçirilmelidir. Tasarlanan model için kullanılan durulaştırma yöntemi olarak **Maksimum Üyelik Yöntemi** kullanılmıştır. Bu yöntem çıkış değeri olarak üyelik derecesi maksimum olan üyelik işlevi alınır. Şekil 16. da görüldüğü hesaplanan max bulanık kümesinin üyelik derecesi olan 0,56 bulanık çıkış değeri kırmızı ışık yanma süresi (K1s)

ve yeşil ışık yanma süresi (Y1s) üyelik fonksiyonu yardımı ile keskin bir çıkış değeri hesaplanılarak durulaştırma işlemi tamamlanır. Böylece bilgisayarın anlayacağı keskin bir sayısal değer oluşmuş olur. Şekil 17. de hız değeri 33 km/saat ve yoğunluk değeri 0.48 olan keskin değerler için üretilen kırmızı ışık yanma süresi (K1s) ve yeşil ışık yanma süresi (Y1s) için hesaplanan keskin değerler görülmektedir.



GİRİŞ (INPUT) DEĞERLERİ			
Hız Değeri Giriniz:	33	Km/Saat (0-120 aralığında sayı giriniz)	Olası Dilsel İfade: <b>Yavaş</b> Olası Dilsel İfade: <b>Orta</b>
Yoğunluk Değeri Giriniz:	0.48	(0-1 aralığında sayı giriniz)	Üyelik Derecesi: <b>0,566666666666667</b> Üyelik Derecesi: <b>0,26</b>
Hesapla			Olası Dilsel İfade: <b>Sık</b> Üyelik Derecesi: <b>1</b>
Olası Dilsel İfade: <b>Null</b> Üyelik Derecesi: <b>0</b>			
ÇIKARIM (MAMDANI) METODU SONUCU BULUNAN BULANIK ÇIKTI DEĞERLERİ			
MAMDANI (MİN) BULANIK SONUÇLARI		KIRMIZI IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ	YEŞİL IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ
Minimum (Min) Sonuç1:	0,566666666666667	Dilsel İfade: <b>Normal</b>	Dilsel İfade: <b>Normal</b>
Minimum (Min) Sonuç2:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
Minimum (Min) Sonuç3:	0,26	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	Dilsel İfade: <b>Kısa</b>
Minimum (Min) Sonuç4:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
KURAL SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ (AGGRETATION)			
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN ARA BULANIK DEĞERLER			
Max Sonuç1:	0,566666666666667	Dilsel İfade: <b>Normal</b>	
Max Sonuç2:	0,26	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN SON BULANIK DEĞERLER			
Hesaplanan Maximum Değer:	0,566666666666667	Dilsel İfade: <b>Normal</b>	
ÇIKIŞ (OUTPUT) DEĞERLERİ			
Kırmızı Işık Yanma Süresi:	10,6	Saniye (sn)	Dilsel İfade: <b>Normal</b>
Yeşil Işık Yanma Süresi:	13,4	Saniye (sn)	Dilsel İfade: <b>Normal</b>

Şekil 17. Giriş Değerleri Sonucu Üretilen Kırmızı ve Yeşil Işık Yanma Süreleri ve Olası Dilsel Karşılıkları

Şekil 17. ye göre 33 km/saat hız değeri ve 0.48 araç yoğunluk değerlerine göre sistemin üretmiş olduğu kırmızı ışık yanma süresi 10.6 saniye ve yeşil ışık yanma süresi ise 13.4 saniye olarak hesaplanılmıştır. Tasarlanan modele ait bir

başka örnek vermek gerekirse; hız değeri=73 km/saat ve yoğunluk değeri=0.1 alındığında sistemin üretmiş olduğu kırmızı ve yeşil ışık değerleri şekil 18. de görülmektedir.

GİRİŞ (INPUT) DEĞERLERİ			
Hız Değeri Giriniz:	73	Km/Saat (0-120 aralığında sayı giriniz)	Olası Dilsel İfade: <b>Orta</b> Olası Dilsel İfade: <b>Null</b>
Yoğunluk Değeri Giriniz:	0.1	(0-1 aralığında sayı giriniz)	Üyelik Derecesi: <b>0,94</b> Üyelik Derecesi: <b>0</b>
Hesapla			Olası Dilsel İfade: <b>Sık</b> Üyelik Derecesi: <b>1</b>
Olası Dilsel İfade: <b>Null</b> Üyelik Derecesi: <b>0</b>			
ÇIKARIM (MAMDANI) METODU SONUCU BULUNAN BULANIK ÇIKTI DEĞERLERİ			
MAMDANI (MİN) BULANIK SONUÇLARI		KIRMIZI IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ	YEŞİL IŞIK İÇİN DİSSEL İFADE DEĞERLERİ
Minimum (Min) Sonuç1:	0,94	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	Dilsel İfade: <b>Kısa</b>
Minimum (Min) Sonuç2:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
Minimum (Min) Sonuç3:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
Minimum (Min) Sonuç4:		Dilsel İfade:	Dilsel İfade:
KURAL SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ (AGGRETATION)			
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN ARA BULANIK DEĞERLER			
Max Sonuç1:	0,94	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	
Max Sonuç2:	0	Dilsel İfade:	
BİRLEŞTİRME (MAX) YÖNTEMİ SONUCU HESAPLANAN SON BULANIK DEĞERLER			
Hesaplanan Maximum Değer:	0,94	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>	
ÇIKIŞ (OUTPUT) DEĞERLERİ			
Kırmızı Işık Yanma Süresi:	11,64	Saniye (sn)	Dilsel İfade: <b>Kısa</b>
Yeşil Işık Yanma Süresi:	12,36	Saniye (sn)	Dilsel İfade: <b>Uzun</b>

Şekil 18. Hız=73 km/saat ve Yoğunluk=0.1 için üretilen Kırmızı ve Yeşil Işık Yanma Süreleri

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir otobandaki trafik ışıklarının (Kırmızı ve Yeşil) yanma süresinin araçların ortalama **hızları** ve birim alan başına düşen araç sayısına (**yoğunluğa**) göre modellenmesi ele alınmıştır. Günümüzde trafik ışıklarının büyük çoğunluğu klasik mantığa göre modellenmektedir. Bazen kavşakların belli yönlerinde hiçbir araç yok iken bile klasik mantık olduğu için kırmızı ışık yanmakta ve bunun sonucunda araçlar trafik akışı olmadığı halde kırmızı ışıklarda beklemektedirler.

Bulanık karar tabanlı olarak geliştirilen bu model sayesinde trafik ışıklarının yanma süreleri klasik mantıkta olduğu gibi ışıkların yanma süreleri statik olmamakta aksine dinamik hale gelmektedir. Bu sayede kırmızı ve yeşil ışığın yanma süreleri trafiğin akış hızına

ve yoğunluğuna bağlı olarak dinamik bir şekilde değişmektedir. Böylece belli bir yönde trafik akışı hiç yok veya çok az ise buna göre trafik akışı hızlı ve yoğun olan tarafa daha çok yeşil ışığı yakacak ve aynı şekilde trafiğin yavaş ve araç yoğunluğunun az yoğun olduğu tarafa ise kırmızı ışığın yanma süresini daha çok tutacaktır. ULUKUT, Ö. ve Diğerleri (2005) tarafından yapılan çalışma sonucunda; “gerçekleştirilen kontrol sürecinde elde edilen performans artışını tespit etmek üzere, benzetim bir kez de aynı trafik akımı şartlarında ve hiçbir kontrolün söz konusu olmadığı şartları benzeticek şekilde tekrarlanmıştır. Benzetim gerek kontrollü ve gerekse kontrolsüz şartlar için ürettiği performans verileri yine 5'er dakikalık aralıklarla alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar, kontrolsüz şartlarda oluşan taşıt başına gecikme süreleri, duruş sayıları ve kuyruk uzunluklarının bulanık kontrol



sürecinde %30'a varan oranlarda iyileştiği görülmüştür [4].” Geliştirilen bu model sayesinde de trafik ışıklarında, arabaların gecikme sürelerinde, kuyruk yoğunluklarında ve enerji tasarrufunda büyük oranda iyileşme olacağı görülecektir.

Geliştirilen bu modelin gerçek hayat problemlerine uygulanması için hız ve yoğunluk değerlerini dışardan otomatik olarak algılayan devre ve sistemlerin ilgili trafik kavşaklarına yerleştirilmesi ve sistem tarafından üretilen kırmızı ve yeşil ışık yanma süresi çıkış değerlerinin sisteme aktaracak alt yapının oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca ilgili birimlerle işbirliği içinde olarak geliştirilen modelin bir pilot uygulaması yapılabilir. Böylece geliştirilen modelin klasik mantığa göre verimliliği de gerçek anlamda test edilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1]. Paksoy, T. (2013). Bulanık Küme Teorisi. Nobel Yayınevi, Ankara.
- [2]. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets, Information Control, Vol.8, pp.338-353. Vol.4, No.2.
- [3]. Lilly, J. H. (2010). Fuzzy Control and Identification, Wiley.
- [4]. Ulukut, Ö., Özkaya, U. ve Çömlekçi, S.(2000). Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Trafik Işıklarının Kontrolü. Elektronik ve Haberleşme Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- [5]. Mahmood, M.S. (2010). Bulanık Mantık Kullanılarak Trafik Kontrolünün Tasarımı ve Uygulaması. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [6]. Karakuzu, C. (2006). Bulanık Modelleme ve Akıllı Denetim. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Erişim Adresi: <http://mekatronik.kocaeli.edu.tr/dokuman/dersnotu/Ders5-03-10-2012-16-14-33-761036195.pdf>
- [7]. Şen, Z. (2003). Modern mantık, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.