



T.C.
KTO Karatay Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

CE456 - FUZZY LOGICS
Otonom Bir Araç için Fren Seviyesi Tespiti

HAZIRLAYAN
21502774 - Mehmet KALAYCI

DERS DANIŞMANI
Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ

KONYA
Haziran, 2018

İçindekiler

1. GİRİŞ	2
2. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)	2
2.1. Bulanık Mantık Nedir?	2
2.2. Bulanık Sistemler [2]	2
3. Otonom Bir Araç için Fren Seviyesinin Bulanık Sistem Tasarımı	4
3.1. Bulanık Sistem Girişlerinin ve Çıkışının Bulanıklaştırılması	5
3.2. Sistemin Üyeliklerinin ve Formüllerinin Belirlenmesi	6
3.1. Sistemin Kural Tablosunun Belirlenmesi	8
4. MATLAB Fuzzy Toolbox ile Sistemin Uygulanması	11
4.1. Bulanıklaştırma	11
4.2. Durulaştırma	15
4. SONUÇ	18
KAYNAKLAR	19

1. GİRİŞ

Taşıtın güvenliğini etkileyen en önemli unsurlardan birisi, frenleme performansıdır. Durma mesafesi, frenleme performansının en önemli göstergelerinden biridir. Durma mesafesi frenleme sürecinin başlamasından itibaren taşıtın durmasına kadar alınan toplam yoldur. Frenleme performansına etki eden başlıca faktörler ise; taşıt ağırlığı, ön-arka tekerleklerin frenleme etkinliği, fren sisteminin dizaynı, fren hidrolik ve mekanik aksamının durumu, fren sistemini etkileyebilecek çevre şartları, lastiklerin durumu, araç üzerindeki yük, yol şartları, fren ayarları, tekerlek-yol arasındaki sürtünme ve tutunma kat sayısıdır [1].

Bu çalışmada mesafe, hız ve araç ağırlığı göz önünde bulundurularak otonom bir araç için fren seviyesi tespiti uygulaması geliştirilmiştir.

2. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

2.1. Bulanık Mantık Nedir?

Klasik mantık yaklaşımına göre bir varlık bir kümenin “elamanı” ya da “elemanı değil” şeklinde ifade edilmekte iken bulanık mantık yaklaşımında ise bir varlık bir kümeye üyelik derecesi olarak belirtilen “değer ölçüsünde aittir” ya da “değildir”. Bulanık mantığa klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlarda ihtiyaç duyulmuştur. Klasik mantıkta bir ifade tamamen yanlış ise 0 değerinde ve tamamen doğru ise 1 değerindedir. Ancak bulanık mantıkta bir ifadenin 0 veya 1 değerini alması sadece çok özel durumlarda oluşur. Bu özel durumların dışında tüm ifadeler 0'dan büyük 1'den küçük reel değerler alırlar. Bu yüzden bir varlık bir kümeye ait olabileceği gibi birden fazla kümeye de ait olabilmektedir. Bu aidiyet derecesi de üyelik derecesi olarak adlandırılmaktadır [2].

2.2. Bulanık Sistemler [2]

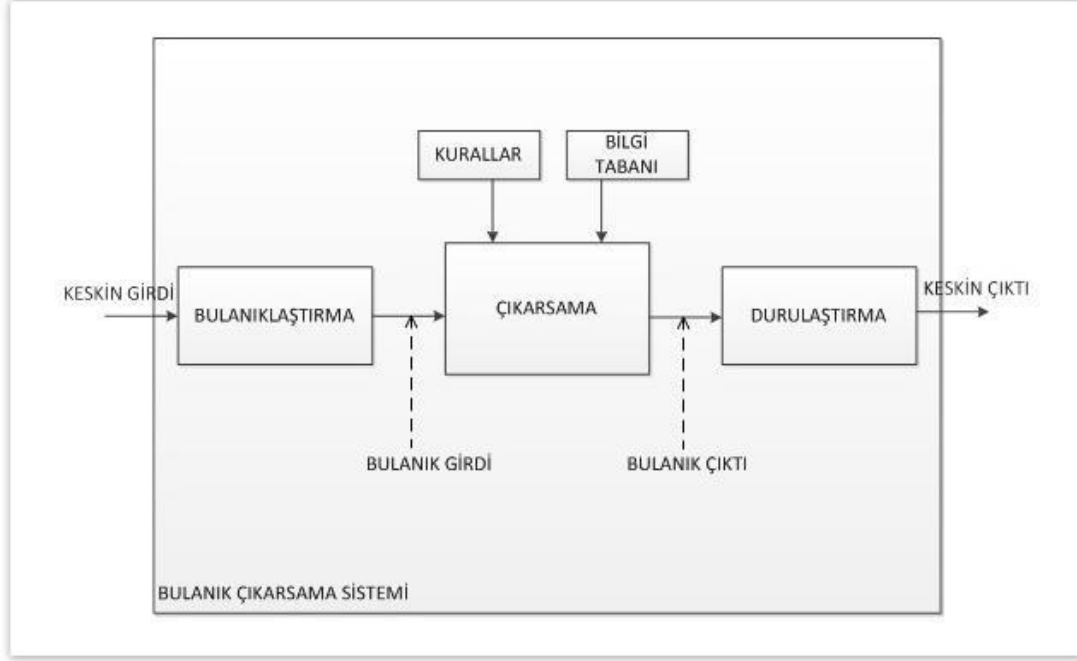
Bulanık sistemler; girdilerin tümünü çıktıların tümüyle ilişkilendirerek küme ve kuralların tanımlamasını yapmaktadır. Bu nedenle de bulanık sistemlerin çalışma yapısı matematiksel bir neden-sonuç fonksiyonunun çalışma şekline benzemektedir.

Bulanık sistemlerdeki en önemli kavramlardan bir tanesi bulanık kurallardır. Bulanık kurallar, kontrol amacını gerçekleştirmek üzere tasarlanmış bulanık kontrol kurallarını içermektedir. Bu aşamanın temel amacı ise uzman bilgilerini neden-sonuç ilişkisi içerisinde ifade etmektir. Bir bulanık çıkarsama sistemi temel olarak 4 aşamadan oluşmaktadır:

- Bulanıklaştırma

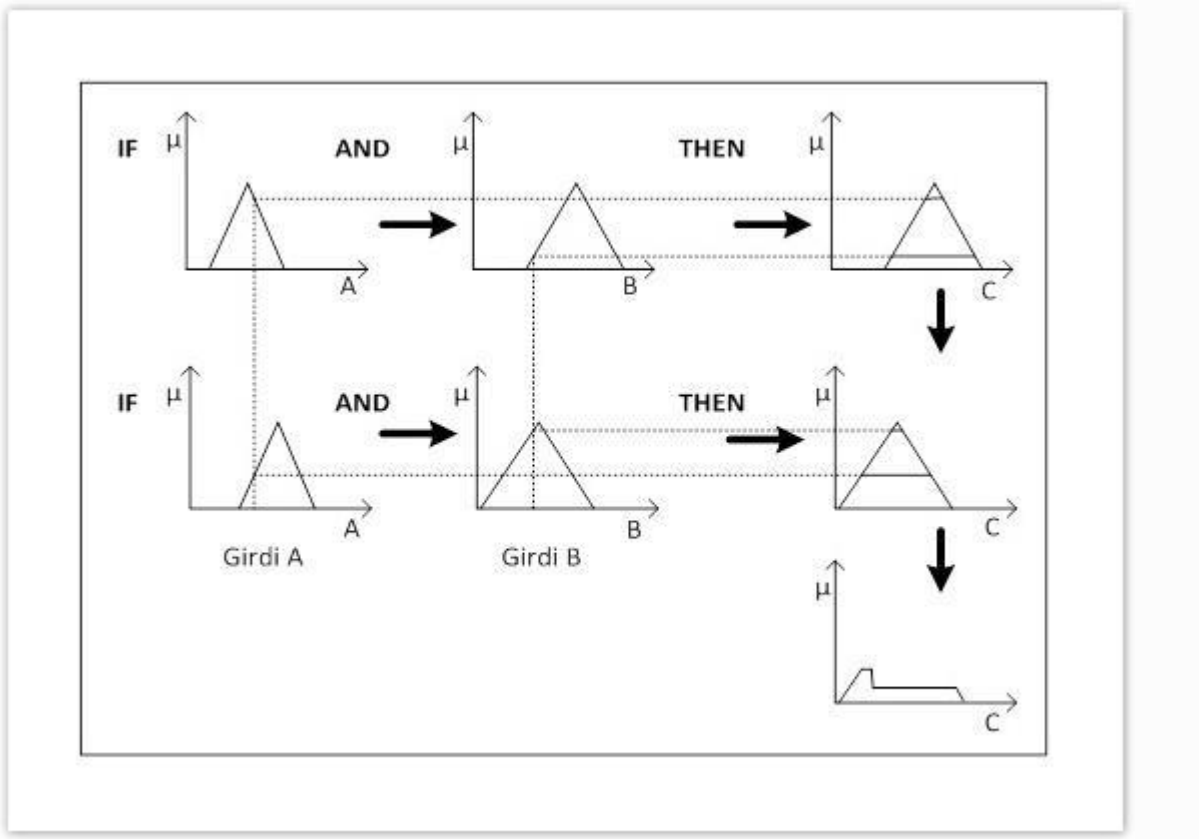
- Çıkarsama
- Birleştirme
- Durulaştırma

Şekil 2.1 'de örnek bir bulanık çıkarsama sisteminin genel görünümü verilmektedir.



Şekil 2.1: Bulanık çıkarsama sistemi

Bulanık sistemler klasik sistemlerin genelleştirilmiş bir biçimi olduğundan, aralık değerli sistemlerin genelleştirilmiş bir biçimi gibi bakılabilir. En yaygın bulanık sistemler eğer-ise biçiminde tanımlanan kural tabanlı bulanık sistemlerdir. Otomatik kontrol sistemleri, karar destek sistemleri, uzman sistemler ve görüntü tanıma gibi birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Bulanık çıkarsama sistemlerinin genel çalışma şeması da şekil 2.2 'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Bulanık çıkarsama sistemlerinin genel çalışma şeması

3. Otonom Bir Araç için Fren Seviyesinin Bulanık Sistem Tasarımı

Taşıtın güvenliğini etkileyen en önemli unsurlardan birisi, frenleme performansıdır. Durma mesafesi, frenleme performansının en önemli göstergelerinden biridir. Durma mesafesi frenleme sürecinin başlamasından itibaren taşıtın durmasına kadar alınan toplam yoldur. Frenleme performansına etki eden başlıca faktörler ise; taşıt ağırlığı, ön-arka tekerleklerin frenleme etkinliği, fren sisteminin dizaynı, fren hidrolik ve mekanik aksamının durumu, fren sistemini etkileyebilecek çevre şartları, lastiklerin durumu, araç üzerindeki yük, yol şartları, fren ayarları, tekerlek-yol arasındaki sürtünme ve tutunma kat sayısıdır [1].

Frenleme mesafesi konusunda üretici firmalar seri üretime geçmeden önce yol deneyleri yapmakta fakat bu deneyler üretim sırasında imal edilen tüm taşıtlar için mümkün olamamaktadır. Frenleme sırasında değişken sayısının oldukça fazla olmasından dolayı, frenleme mesafesi ve frenleme verimini formüle etmek oldukça güçtür. Fakat bazı kabuller yapılarak matematiksel model haline dönüştürülebilir. Frenleme mesafesi ve fren verimi konusunda birçok çalışma yapılmış, yavaşlama ivmesi, tepki zamanı, taşıt hızı, yol-tekerlek arasındaki sürtünme kat sayısı gibi değişik faktörlere bağlı matematiksel modeller geliştirilmiştir [3,4,5]. Taşıtların fren verimlerinin tespiti için balata-kampana arasındaki

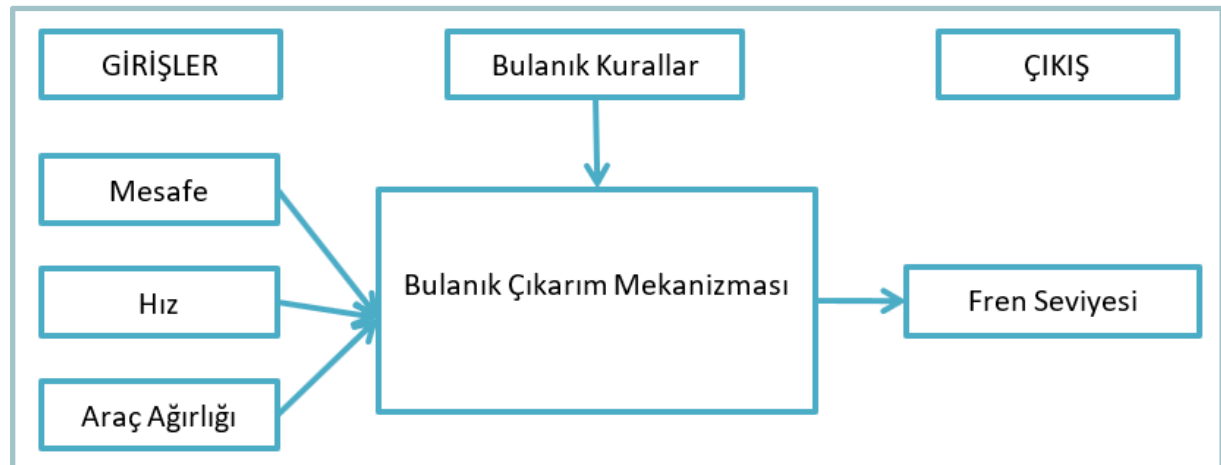
sürtünme, taşıtın toplam frenleme kuvveti, ağırlık merkezi, tekerlek-yol arasındaki sürtünme (tutunma) gibi faktörlere bağlı olarak frenleme verimi modelleri oluşturulmuştur [5,6,7,8]. Bu çalışmada, araç ağırlığı, mesafe ve hız gibi faktörler göz önünde bulundurularak otonom bir araç için fren seviyesinin hesaplanması için bulanık mantık tasarlanmıştır.

3.1. Bulanık Sistem Girişlerinin ve Çıkışının Bulanıklaştırılması

Tasarlanan sistemin girişleri, çıkışı ve genel yapısı Tablo 3.1 'de ve Şekil 3.1 'de gösterilmektedir.

	Az	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Mesafe	0 - 40	30 - 90	80 - 120	-
Hız	0 - 40	30 - 60	50 - 90	80 - 200
Araç Ağırlığı	1000 - 1300	1200 - 1600	1500 - 2500	-
Fren Seviyesi	0 - 25	20 - 50	45 - 75	70 - 100

Tablo 3.1: Sistemin girişleri, çıkışı ve genel yapısı



Şekil 3.1: Sistemin girişleri, çıkışı ve genel yapısı

Bulanıklaştırma işlemi yapılırken her bir giriş için belirli aralıklar verilmiş ve 4 gruba ayrılmıştır. Aynı işlem çıkış içinde yapılarak bütün sistem bulanıklaştırılmıştır. Sistemin çıkışı olarak bulanık giriş verilen sistem de hem sözel olarak hem de sayısal olarak kesin bir çıkış elde edilmiştir. Tüm girişlerin bulanıklaştırılması için kullanılan formül Şekil 3.2 'de verilmiştir.

$$F = \mu_F(X_1)/X_1 + \dots + \mu_F(X_2)/X_2 = \sum_{i=1}^n \mu_F(X_i)/X_i$$

Şekil 3.2: Girişlerin bulanıklaştırılması için kullanılan formül

Bu kuralla bütün girişler bulanıklaştırılarak çıkışta ise fren seviyesi yüzde bir değer olarak gösterilmiştir.

3.2. Sistemin Üyeliklerinin ve Formüllerinin Belirlenmesi

Hız girişi 4 üyeliğe ayrılmış, mesafe ve hız girişleri değeri ise 3 üyeliğe ayrılmıştır. Çıkış değeri olan fren seviyesi de 4 üyeliğe ayrılmıştır. Tablo 3.2 'de üyelik fonksiyonları verilmiştir. Denklem 3.1, 3.2, 3.3 'de mesafe değişkeni, denklem 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 'de hız değişkeni, denklem 3.8, 3.9, 3.10 'da ağırlık ve denklem 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 'de fren seviyesine ait üyelik fonksiyonları verilmiştir.

Tablo 3.2: Üyelik Fonksiyonları

$$\mu_{Az}(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } 0 \leq x \leq 20 \\ \frac{40-x}{40-20} & \text{eğer } 20 < x \leq 40 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{Orta}(x) = \begin{cases} \frac{x-70}{90-70} & \text{eğer } 30 \leq x < 60 \\ 1 & \text{eğer } x = 60 \\ \frac{90-x}{90-60} & \text{eğer } 60 < x \leq 90 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{Yüksek}(x) = \begin{cases} \frac{x-120}{120-80} & \text{eğer } 80 \leq x < 120 \\ 1 & \text{eğer } x \leq 250 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\mu_{Az}(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } 0 \leq x \leq 20 \\ \frac{40-x}{40-20} & \text{eğer } 20 < x \leq 40 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{\text{Orta}}(x) = \begin{cases} \frac{x-30}{45-30} \text{ eğer } 30 \leq x < 45 \\ 1 \text{ eğer } x = 45 \\ \frac{60-x}{60-45} \text{ eğer } 45 < x \leq 60 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{\text{Yüksek}}(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{70-50} \text{ eğer } 50 \leq x < 70 \\ 1 \text{ eğer } x = 70 \\ \frac{90-x}{90-70} \text{ eğer } 70 < x \leq 90 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{\text{ÇokYüksek}}(x) = \begin{cases} \frac{x-80}{120-80} \text{ eğer } 80 \leq x < 120 \\ \frac{x-120}{200-120} \text{ eğer } 120 \leq x < 200 \\ 1 \text{ eğer } x \leq 200 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{\text{Az}}(x) = \begin{cases} 1 \text{ eğer } 1000 \leq x \leq 1100 \\ \frac{1300-x}{1300-1100} \text{ eğer } 1100 < x \leq 1300 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{\text{Orta}}(x) = \begin{cases} \frac{x-1200}{1400-1200} \text{ eğer } 1200 \leq x < 1400 \\ 1 \text{ eğer } x = 1400 \\ \frac{1600-x}{1600-1400} \text{ eğer } 1400 < x \leq 1600 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\mu_{\text{Yüksek}}(x) = \begin{cases} \frac{x-1500}{2000-1500} \text{ eğer } 1500 \leq x < 2000 \\ 1 \text{ eğer } x \geq 2000 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{Az}(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } 0 \leq x \leq 10 \\ \frac{25-x}{25-10} & \text{eğer } 10 < x \leq 25 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\mu_{Orta}(x) = \begin{cases} \frac{x-20}{35-20} & \text{eğer } 20 \leq x < 35 \\ 1 & \text{eğer } x = 35 \\ \frac{50-x}{50-35} & \text{eğer } 35 < x \leq 50 \end{cases} \quad (3.12)$$

$$\mu_{Yüksek}(x) = \begin{cases} \frac{x-45}{60-45} & \text{eğer } 45 \leq x < 60 \\ 1 & \text{eğer } x = 60 \\ \frac{75-x}{75-60} & \text{eğer } 60 < x \leq 75 \end{cases} \quad (3.13)$$

$$\mu_{ÇokYüksek}(x) = \begin{cases} \frac{x-80}{120-80} & \text{eğer } 70 \leq x < 80 \\ 1 & \text{eğer } x = 80 \\ \frac{100-x}{100-80} & \text{eğer } 80 < x \leq 100 \end{cases} \quad (3.14)$$

3.1. Sistemin Kural Tablosunun Belirlenmesi

Oluşturulan bulanık sistemin kural tablosunda kaç kural olacağı bulanık mantık alanının bize sunduğu bir formül ile hesaplanmaktadır. Bu sistemde bu formülü uygulayacak olursak her girişin üyelik grubu adedince çarpım işlemi ile bulunabilir öyleyse $3 \cdot 4 \cdot 3 = 36$ kural olmalıdır. Kural tablosu Tablo 3.3 'de detaylı olarak gösterilmektedir.

Hız	Mesafe	Ağırlık
Az	Az	Az
Az	Az	Orta
Az	Az	Yüksek

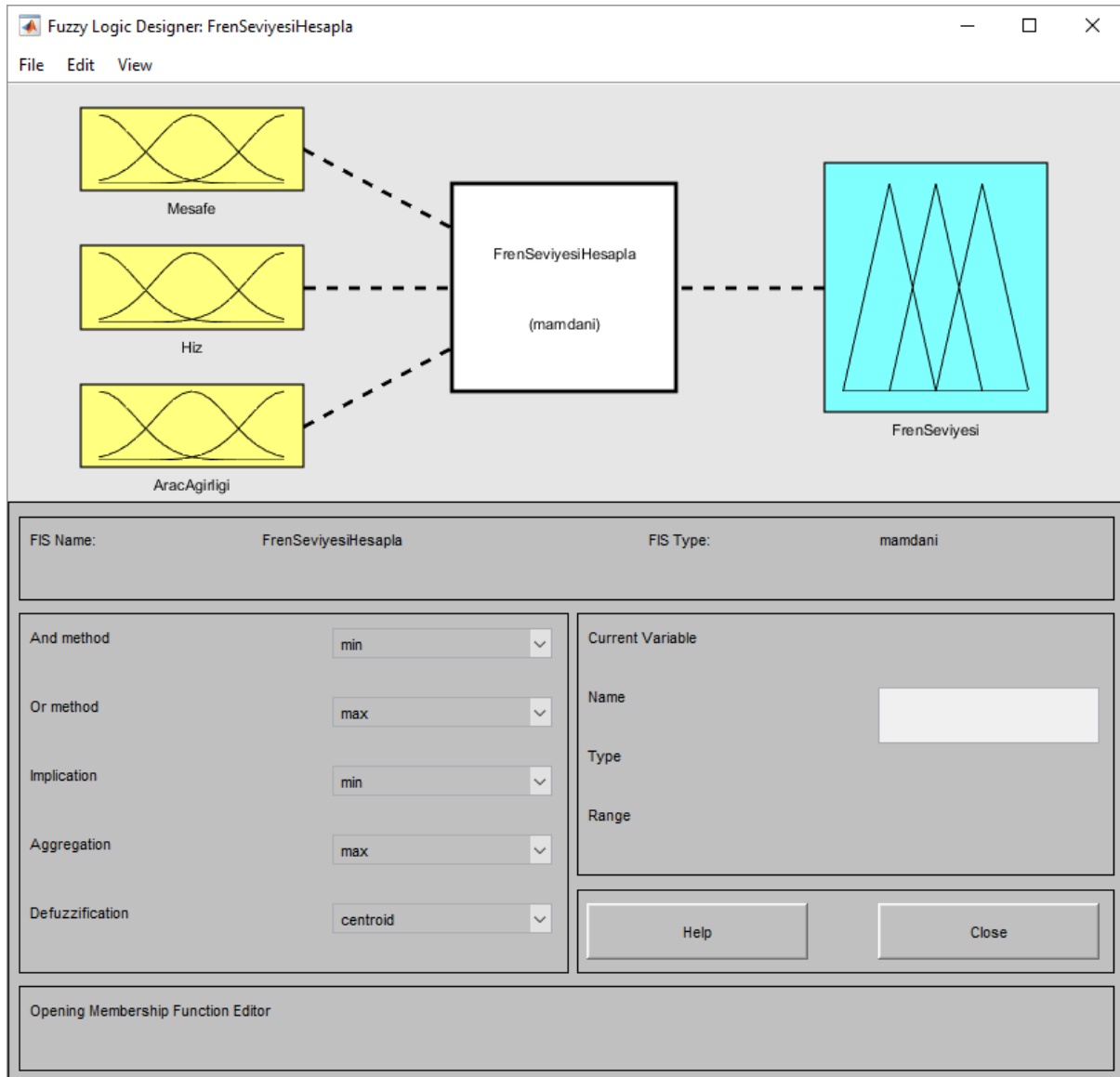
Az	Orta	Az
Az	Orta	Orta
Az	Orta	Yüksek
Az	Yüksek	Az
Az	Yüksek	Orta
Az	Yüksek	Yüksek
Orta	Az	Az
Orta	Az	Orta
Orta	Az	Yüksek
Orta	Orta	Az
Orta	Orta	Orta
Orta	Orta	Yüksek
Orta	Yüksek	Az
Orta	Yüksek	Orta
Orta	Yüksek	Yüksek
Yüksek	Az	Az
Yüksek	Az	Orta
Yüksek	Az	Yüksek
Yüksek	Orta	Az

Yüksek	Orta	Orta
Yüksek	Orta	Yüksek
Yüksek	Yüksek	Az
Yüksek	Yüksek	Orta
Yüksek	Yüksek	Yüksek
Çok Yüksek	Az	Az
Çok Yüksek	Az	Orta
Çok Yüksek	Az	Yüksek
Çok Yüksek	Orta	Az
Çok Yüksek	Orta	Orta
Çok Yüksek	Orta	Yüksek
Çok Yüksek	Yüksek	Az
Çok Yüksek	Yüksek	Orta
Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek

Tablo 3.3: Bulanık Sistemin Kural Tablosu

4. MATLAB Fuzzy Toolbox ile Sistemin Uygulanması

Sistemin tasarımında MATLAB Fuzzy Toolbox aracı kullanıldı. Bu aracı kullanmak için MATLAB 'da command window kısmına “fuzzy” komutunu yazıp ENTER tuşuna basmanız yeterli olacaktır. Daha sonra açılan pencerede gereken input ve output işlemlerini kolaylıkla yapabilirsiniz. Input ve output işlemlerimizi yaptığımız pencere Şekil 4.1 'de gösterilmiştir.



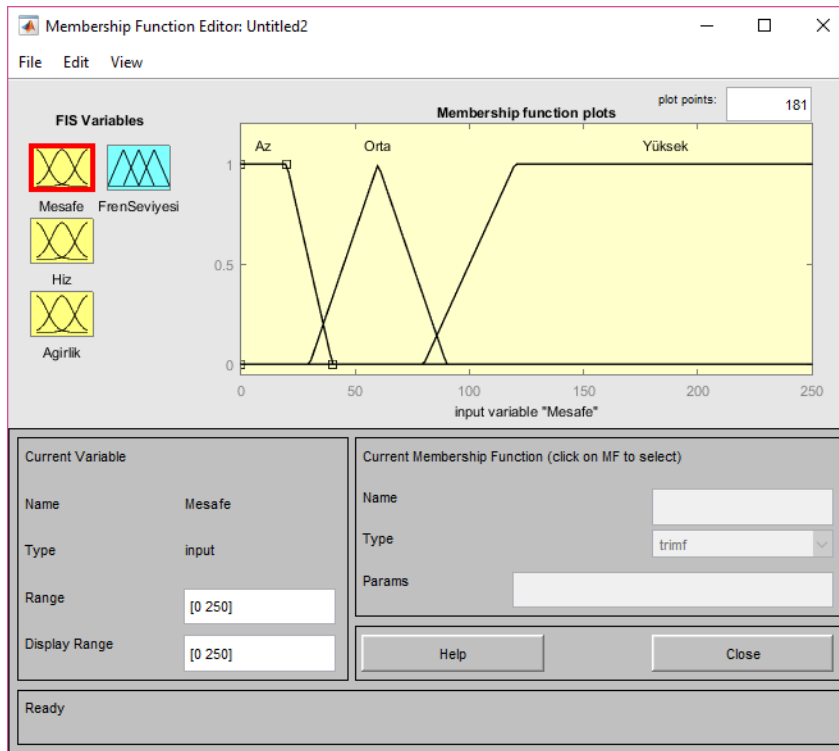
Şekil 4.1: Fuzzy Toolbox – Giriş Çıkış Değişkenleri

4.1. Bulanıklaştırma

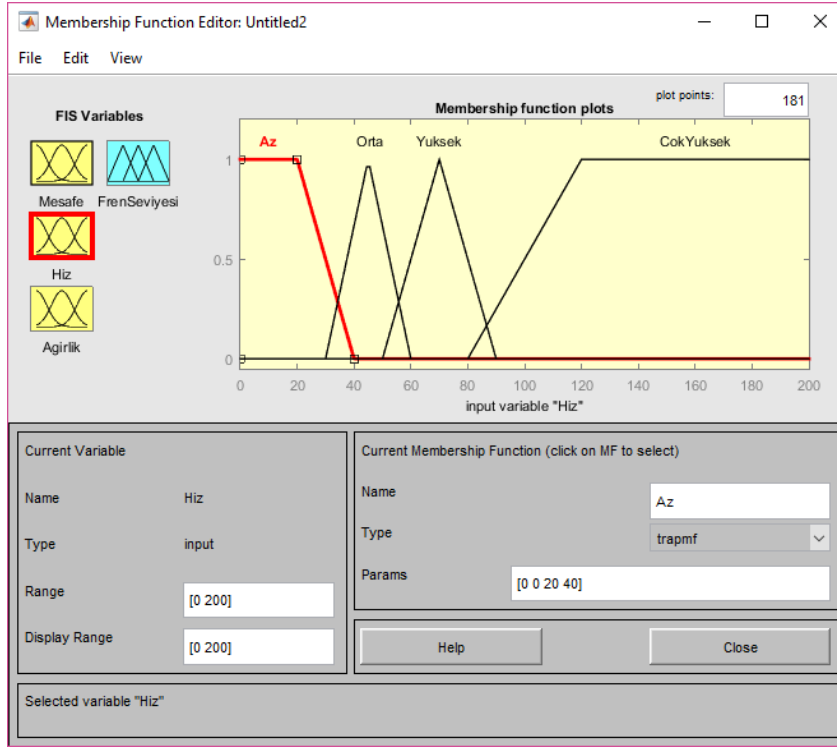
Bu projedeki bulanıklaştırma algoritması şekil 4.12 de göreceğiniz gibi Mamdani bulanıklaştırma algoritmasıdır. Mamdani algoritması Min-Max yapısını kullanarak bulanık kümeler üzerinde işlem yapan bir algoritmadır. Min yöntemi iki bulanık üyeliğinin birleştiği yerdeki değerlerden en küçük üyelik derecesine sahip değeri almak anlamına gelmektedir.

Max yöntemi ise iki bulanık üyeliklerinin birleşmesi ile oluşan üyelikte en büyük üyelik derecesine sahip değerlerin seçildiği yöntemdir. Mamdani algoritması bu iki yöntemi kullanarak bulanıklaştırma ve durulaştırma işlemini yapar.

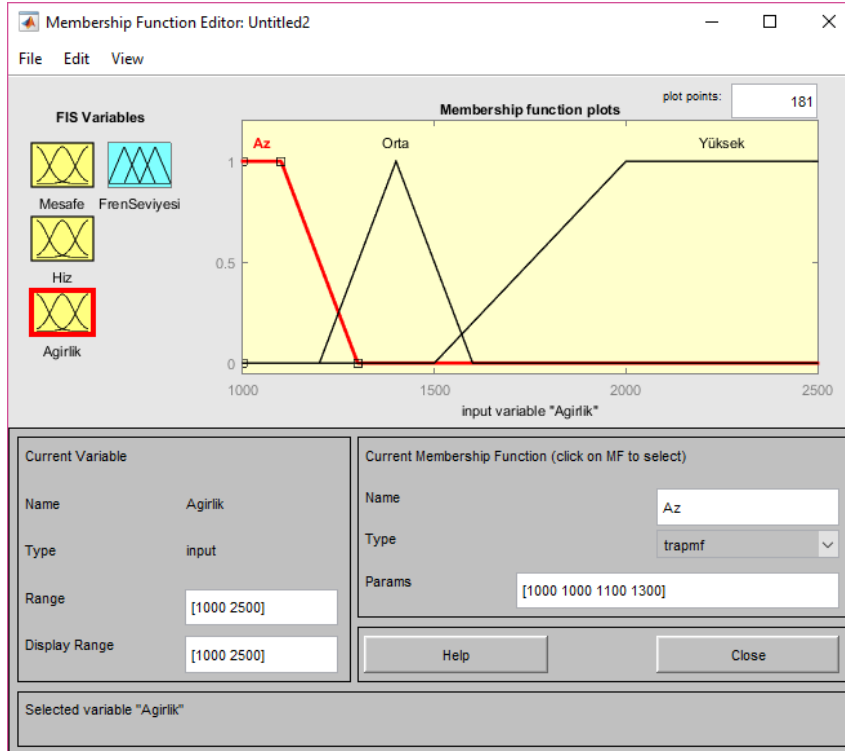
Bundan sonraki aşama ise girişlerin ve çıkışın üyeliklerinin belirlenmesi ve üyelik derecelerinin sisteme girilmesidir. Aşağıda gösterilen şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 'de tasarlanan bulanık sistemin MATLAB Fuzzy ToolBox kullanılarak girişlerin, çıkışın, şekil 4.6 'de gördüğümüz kural tablosunun ve şekil 4.7'de değişkenlerin grafiği ekran görüntüsü verilmiştir.



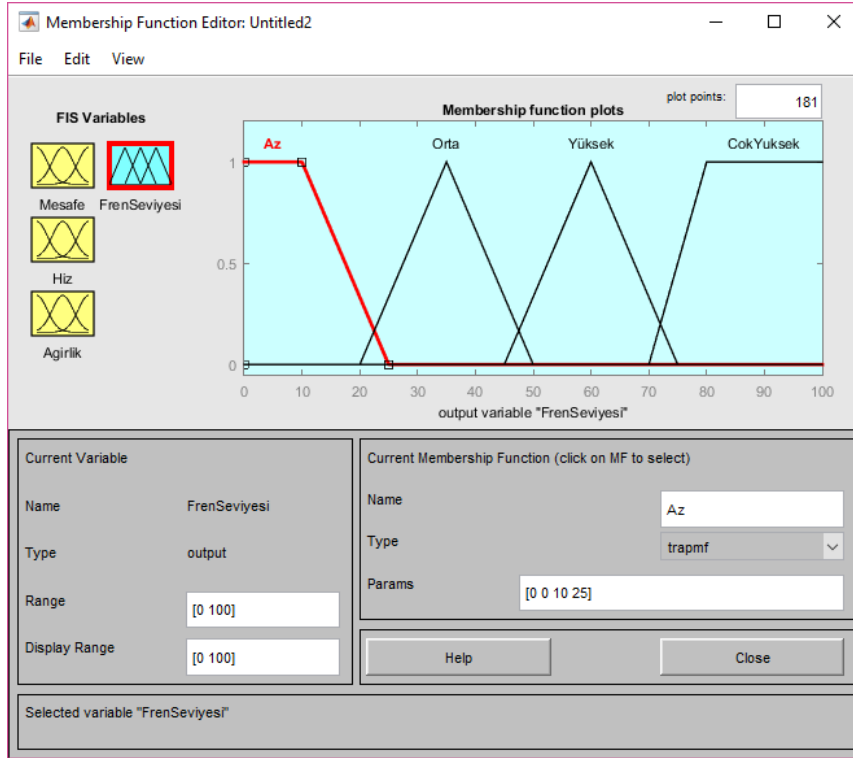
Şekil 4.2: Mesafe Değişkeni Üyelik Fonksiyonu



Şekil 4.3: Hız Değişkeni Üyelik Fonksiyonu



Şekil 4.4: Ağırlık Değişkeni Üyelik Fonksiyonu



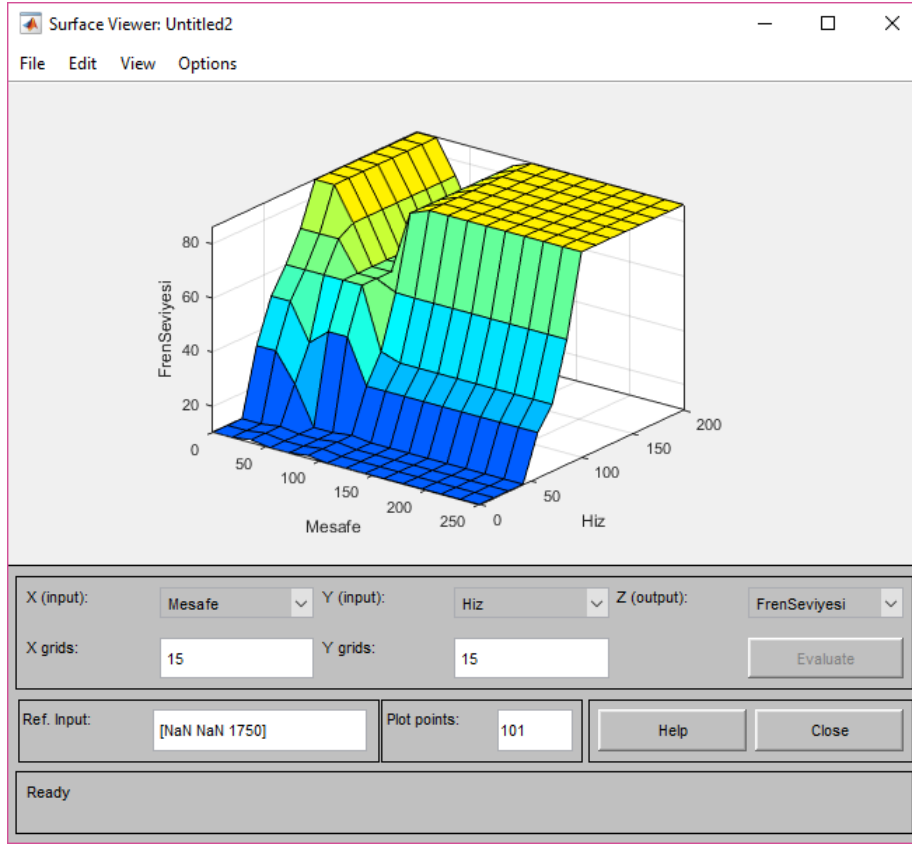
Şekil 4.5: Fren Seviyesi Değişkeni Üyelik Fonksiyonu

The screenshot shows the 'Rule Editor: Untitled2' window. It contains a list of 13 rules for the 'FrenSeviyesi' variable. The rules are as follows:

1. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Az) and (Agirlik is Az) then (FrenSeviyesi is Az) (1)
2. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Az) and (Agirlik is Orta) then (FrenSeviyesi is Az) (1)
3. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Az) and (Agirlik is Yüksek) then (FrenSeviyesi is Az) (1)
4. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Orta) and (Agirlik is Az) then (FrenSeviyesi is Az) (1)
5. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Orta) and (Agirlik is Orta) then (FrenSeviyesi is Orta) (1)
6. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Orta) and (Agirlik is Yüksek) then (FrenSeviyesi is Orta) (1)
7. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Yüksek) and (Agirlik is Az) then (FrenSeviyesi is Orta) (1)
8. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Yüksek) and (Agirlik is Orta) then (FrenSeviyesi is Orta) (1)
9. If (Mesafe is Az) and (Hiz is Yüksek) and (Agirlik is Yüksek) then (FrenSeviyesi is Yüksek) (1)
10. If (Mesafe is Az) and (Hiz is ÇokYüksek) and (Agirlik is Az) then (FrenSeviyesi is Yüksek) (1)
11. If (Mesafe is Az) and (Hiz is ÇokYüksek) and (Agirlik is Orta) then (FrenSeviyesi is Yüksek) (1)
12. If (Mesafe is Az) and (Hiz is ÇokYüksek) and (Agirlik is Yüksek) then (FrenSeviyesi is ÇokYüksek) (1)
13. If (Mesafe is Orta) and (Hiz is Az) and (Agirlik is Az) then (FrenSeviyesi is Az) (1)

Below the list, there is a table for editing a rule. The columns are 'If', 'and', 'and', 'and', 'Then'. The rows are 'Mesafe is', 'Hiz is', 'Agirlik is', and 'FrenSeviyesi is'. The values are 'Az', 'Az', 'Az', 'Az'. There are also checkboxes for 'not' and 'or/and' connection. The weight is set to 1. Buttons for 'Delete rule', 'Add rule', 'Change rule', '<<', and '>>' are present. The status bar shows 'Ready'.

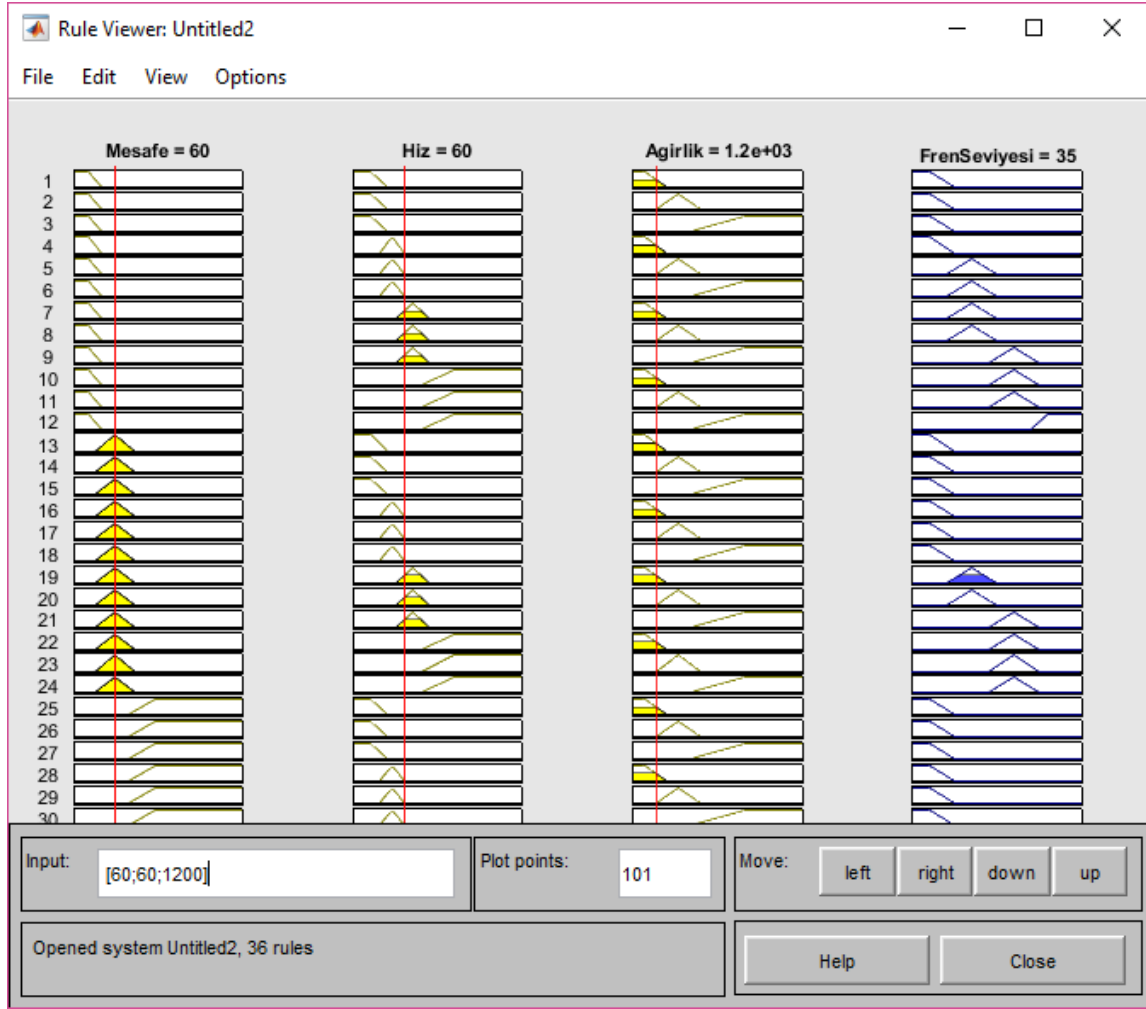
Şekil 4.6: Kural Tablosu Giriş Ekranı



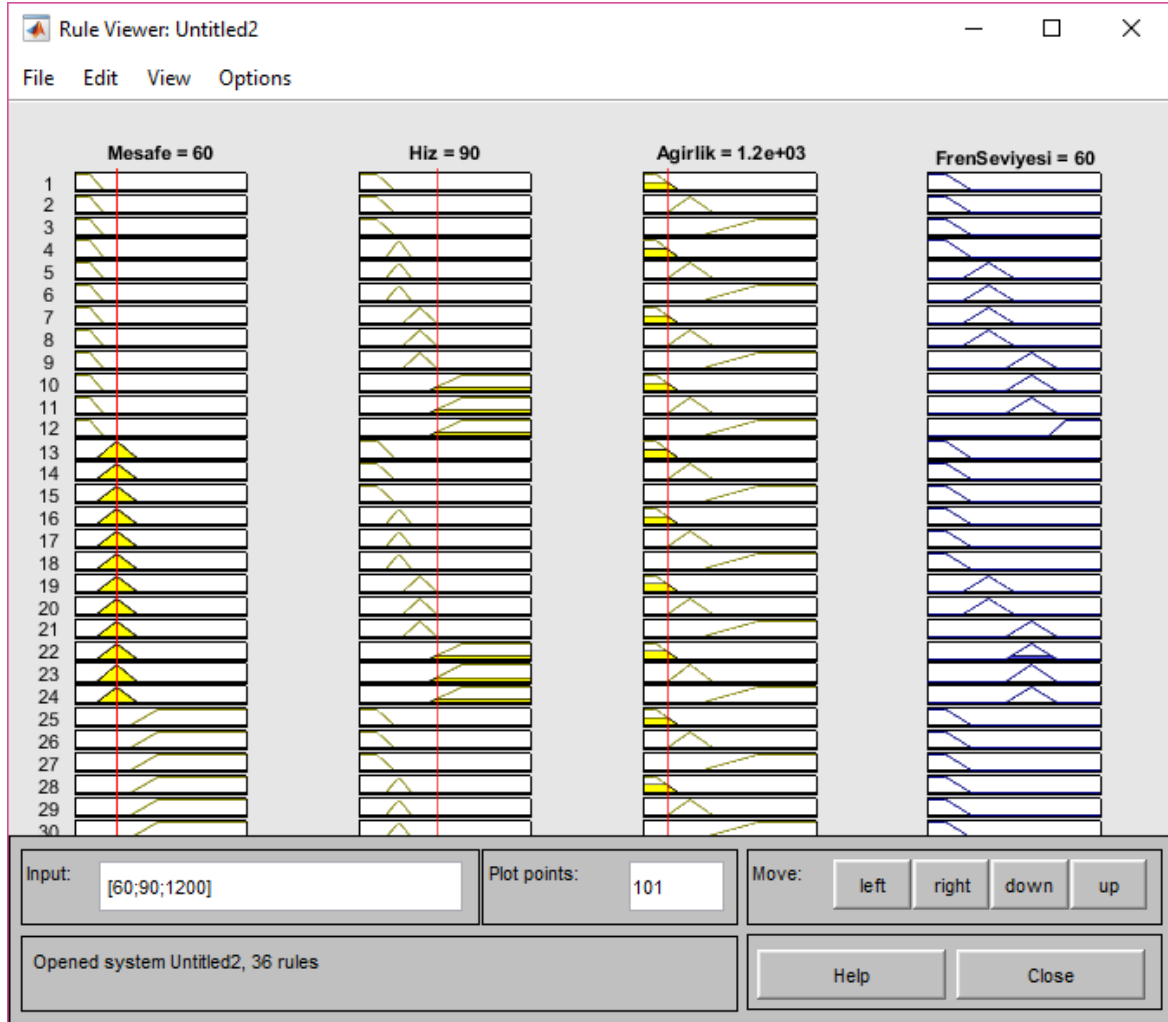
Şekil 4.7: Değişkenler Grafiği

4.2. Durulaştırma

Bulanıklaştırılan giriş değerleri tüm kurallara tabi tutulduktan sonra, her giriş için bulanık bir çıkarım değeri oluşur. Bu bulanık değerlerin tekrar giriş değerleri gibi-keskin değerler haline dönüştürülmeleri olayına durulaştırma denir. Bu çalışmamızda centeroid durulaştırma yöntemi kullanılmıştır. Durulaştırma yaptıktan sonra sistemi sınamak için View+Rules menüsü kullanılır. Şekil 4.8 ve 4.9 'da durulaştırma yöntemi olarak centeroid kullanılmış ve sistem test edilmiştir.



Şekil 4.8: Mesafe=60m, Hız=60km/s, Ağırlık=1200kg Fren Seviyesi=%35 - Test 1



Şekil 4.9: Mesafe=60m, Hız=90km/s, Ağırlık=1200kg Fren Seviyesi=%60 - Test 2

4. SONUÇ

Bu projedeki amaç otonom bir araç için mesafe, hız ve araç ağırlığı değişkenleri baz alınarak fren seviyesinin tespit edilmesidir. Sistemde değişkenler bulanık kümelere ayrıştırılarak MATLAB Fuzzy Toolbox ile tasarlanıp test edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Carley, L., Application Specific Brake Linings, Carley, Software.com, <http://www.Members.aolo.com/carleyware/library/brakes1a.htm>. 2000
- [2] Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) - PORTAL. (n.d.). Retrieved from <http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=104794233>
- [3] Oppenheimer, P., Comparing Stopping Capability of Cars with and Without Antilock Braking System (ABS), SAE Paper No: 880324.1988
- [4] Çetinkaya, S., “Taşıt Mekaniği”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara,185-186.1999
- [5] Heisler, H., Advanced Vehicle Technology, London,1989
- [6] Anlaş, İ., Şasi 1, M.E.B., İstanbul,1990
- [7] Limpert. R., Brake Design and Safety, Second Edition, Society of Automotive Engineers inc. United States of America, 1999
- [8] Driving – Safety Systems, 2'nd updated and Expanded Edition, Robert Bosch Gmbh,Germany,1999