

## BULANIK MANTIK YÖNTEMİNİN PID DENETLEYİCİ PERFORMANSINA ETKİSİ

<sup>1</sup>Mustafa ARDA, <sup>2</sup>Aydın GÜLLÜ, <sup>3</sup>Hilmi KUŞÇU

<sup>1,3</sup>Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Edirne

<sup>2</sup>Trakya Üniversitesi, İpsala MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Edirne

<sup>1</sup>[mustafaarda@trakya.edu.tr](mailto:mustafaarda@trakya.edu.tr), <sup>2</sup>[aydingullu@trakya.edu.tr](mailto:aydingullu@trakya.edu.tr), <sup>3</sup>[hilmi@trakya.edu.tr](mailto:hilmi@trakya.edu.tr)

### ÖZET

PID Denetleyici, kontrol algoritmalarında en çok kullanılan denetleyici türüdür. Pek çok endüstriyel uygulama alanında yeterli denetim sağlar. Bununla birlikte, doğrusal olmayan sistemlerin kontrolünde başarılı sonuçlar vermemektedir. Bulanık mantık yöntemi, değişken koşullara çabuk ve kolay uyum sağlayabilme özelliğinden ötürü son zamanlarda kontrol algoritmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür sistemlerde, PID Denetleyicinin optimizasyonunu Bulanık Mantık yöntemiyle yapmak faydalı olmaktadır.

Bu çalışmada, gömülü sistem(ATMEGA328 Entegresi) üzerinden kontrol edilen bir DC Servo Motorun gerilimi, Bulanık Mantık yönetimli PID denetleyici ile Ziegler ve Nichols'un önerdiği optimizasyon parametrelerinin uygulandığı klasik PID denetleyiciye olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. DC servo motorun gerilim kontrolü, önce sadece PID denetleyici ile daha sonra ise bulanık mantık yöntemindeki PID denetleyici ile yapılmıştır. Her iki durum için PID denetleyicinin performans verileri çıkarılarak bulanık mantık yönteminin PID denetleyici performansına etkisi gözlemlenmiştir. DC servo motor MATLAB/Simulink programı üzerinden gerçek zamanlı kontrol edilmiş ve kontrol algoritması bu program üzerinde oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** PID Denetleyici, Bulanık Mantık, MATLAB/Simulink

### THE EFFECT OF FUZZY LOGIC IN PID CONTROLLER PERFORMANCE

#### ABSTRACT

PID Controller is used widely in control algorithms. It has a good performance at most of industrial application. On the other hand, PID Controller couldn't achieve good performance at the control of non-linear systems. Fuzzy Logic has been used recently in control algorithms with ability to adapt changing conditions quickly and easily. In such systems, optimization of the PID Controller by using Fuzzy Logic provide a better solution.

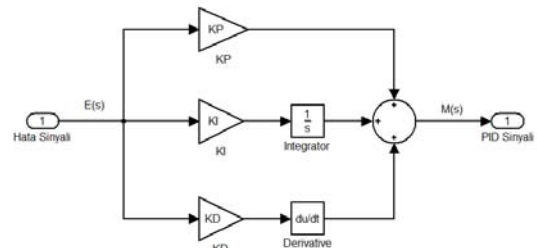
In this study, a dc servo motor voltage is controlled on embedded system (ATMEGA328). Firstly, just the PID Controller, which optimized with the Ziegler and Nichols optimization rules, control the DC Servo Motor voltage and then secondly Fuzzy Logic supervised PID Controller control the DC Servo Motor voltage. Controller performances of both situations are obtained and effect of with/without Fuzzy Logic method as seen from the figures. Control algorithm of the system is generated and servo motor is controlled at Real Time in MATLAB/Simulink.

**Keywords:** PID Controller, Fuzzy Logic, MATLAB/Simulink

#### 1. Giriş

PID Denetleyici en basit denetleyici olarak bilinir ve pek çok endüstriyel uygulama alanında yeterli ve uygun denetim sağlar. Bir PID Denetleyicinin blok diyagramı Şekil 1'de görülmektedir. Transfer fonksiyonu ise Eşitlik (1)'de ifade edildiği şekildedir.[1]

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_P \left( 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \quad (1)$$



Şekil 1 PID Denetleyici Blok Diyagramı

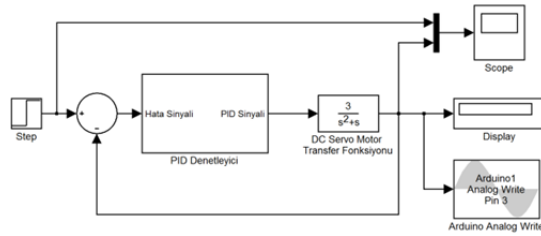
PID Denetleyici, basit ve kullanışlı olmasının yanında zayıf yönleri de sahiptir. Özellikle doğrusal olmayan kararsız sistemlerde başarılı sonuçlar verememektedir. Bu tür sistemlerde kontrol, gelişkin denetim algoritmaları ile gerçekleştirilmektedir. Bulanık mantık yöntemi de gelişmiş denetim algoritmalarından biridir.

Bulanık mantık, klasik mantıkta kesin olan doğru ve yanlış iki önermenin arasında belirsizlik adı verilen üçüncü bir önerme ortaya koymuştur. Bulanık mantık işlemleri, bir problemin analizi ve tanımlanması, değişken kümelerin ve mantık ilişkilerinin geliştirilmesinden bulunan bilgilerin bulanık kümelere dönüştürülmesi ve modelin yorumlanması işlemlerinden oluşmaktadır.[1]

## 2. Sistemin Modellenmesi

Bu çalışmada modellenecek olan sistem bir DC Servo Motor'un gerilim kontrolüdür. Sistemin blok diyagramı MATLAB/Simulink programı üzerinde oluşturulmuştur.

Sistemin blok diyagramı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2 Sistemin Blok Diyagramı

Burada amaçlanan, step sinyali uygulandığında sistemin ayar değerine oturma performansını incelemektir.

DC Servo Motor'un transfer fonksiyonu genel olarak Eşitlik (2)'deki gibi ifade edilir.[2]

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \quad (2)$$

Mevcut durum için  $T_m=1$  ve  $K_m=3$  alınmıştır. Böylece DC Servo Motor'un transfer fonksiyonu Eşitlik (3)'deki gibi bulunmuştur.

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \frac{3}{s^2 + s} \quad (3)$$

Simulink ile DC Servo Motor'un haberleşmesi ise ATMEGA328 entegresine sahip Arduinio UNO kartı üzerinden sağlanmıştır. USB veya Seri Port üzerinden haberleşen bu kartlar yardımı ile bilgisayara veriler depolanabilmekte veya bilgisayardan sinyal göndererek deney düzeneğinin kontrolü sağlanabilmektedir. Şekil 3'de Arduinio UNO elektronik kartı görülmektedir.



Şekil 3 Arduinio UNO Elektronik Kartı

## 3. Sistemin Ziegler-Nichols PID Performansı

Karşılaştırma yapabilmek için sistem öncelikle klasik PID denetleyici ile kontrol edilmiştir. Denetleyicinin PID katsayıları Ziegler ve Nichols'un titreşim yöntemine göre Tablo 1'deki şekliyle hesaplanmıştır.[1]

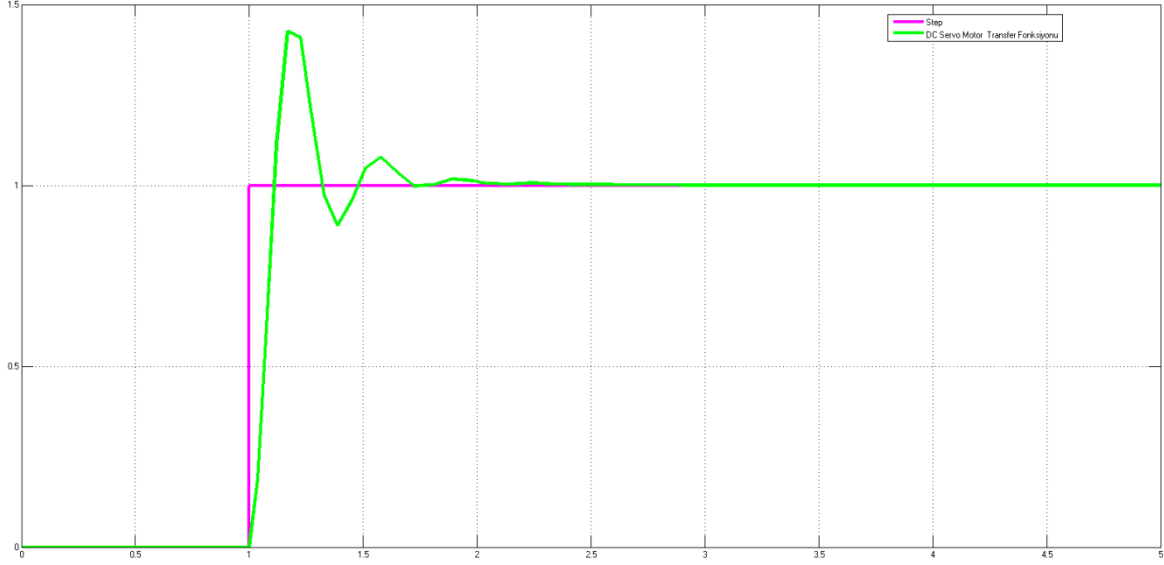
Tablo 1 Ziegler ve Nichols'e Göre PID Optimizasyon Parametreleri

PID Katsayıları	
$K_p$	$0,6 * K_{p,max}$
$K_I$	$K_p / (0,5 * P_u)$
$K_D$	$0,125 * K_p * P_u$

Simülasyon 5 saniye için gerçekleştirilmiş olup sonuçları grafik halinde Şekil 4'de görülmektedir.

Grafikte yatay eksen saniye cinsinden simülasyon zamanını, düşey eksen ise sisteme uygulanan birim basamak sinyalini Volt cinsinden göstermektedir.

Kontrol sinyalinde ileri aşma ve geri aşma mevcut olup performans verileri Tablo 2'de belirtilmiştir. [7] [8] [9]



Şekil 4 Ziegler-Nichols'e Göre Optimize Edilen PID Denetleyici

Tablo 2 Klasik PID Denetleyici Performans Verileri

Klasik PID Denetleyici	
İleri Aşma (%)	% 42,69
Geri Aşma (%)	% 11,12
Oturma Zamanı (s)	2,5 s
Kalıcı Durum Hatası (%)	0

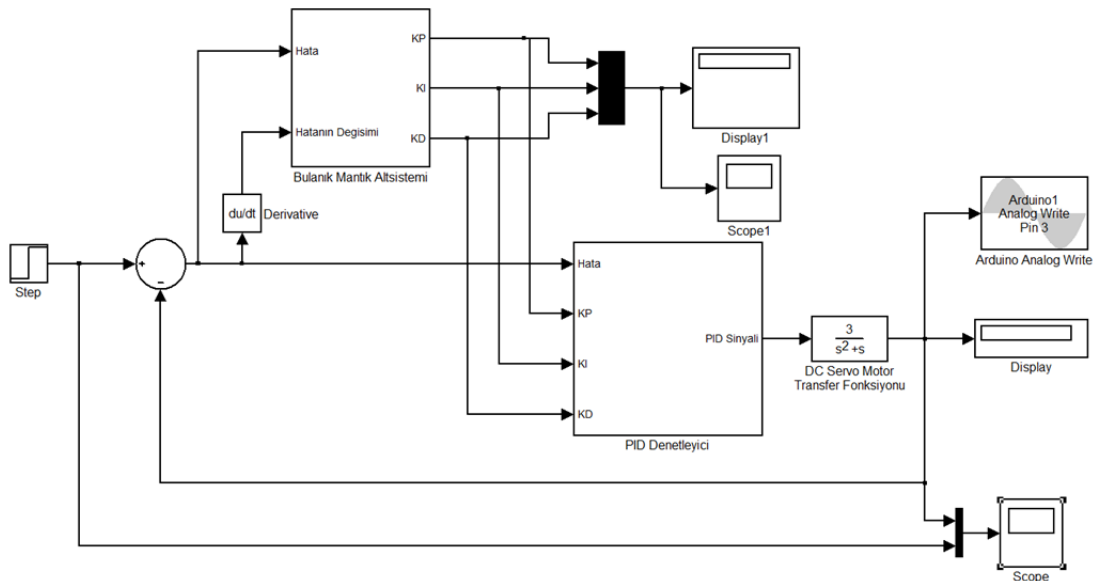
#### 4. Sistemin Bulanık Mantık Yönetimli PID Denetleyici Performansı

Bulanık mantık yöntemi PID denetleyicisinin katsayılarını belirlemek amaçlı kullanılmıştır.

Sistemin blok diyagramı Şekil 5'de görüldüğü gibidir.

Bir Bulanık Mantık denetleyicisi genellikle bulanıklaştırma birimi, kurallar kümesi, çıkarım birimi ve berraklaştırma birimlerinden oluşur. Bulanıklaştırma ve berraklaştırma birimleri bulanık mantık ile fiziksel sistem arasında arabirim görevini yerine getirir.[1]

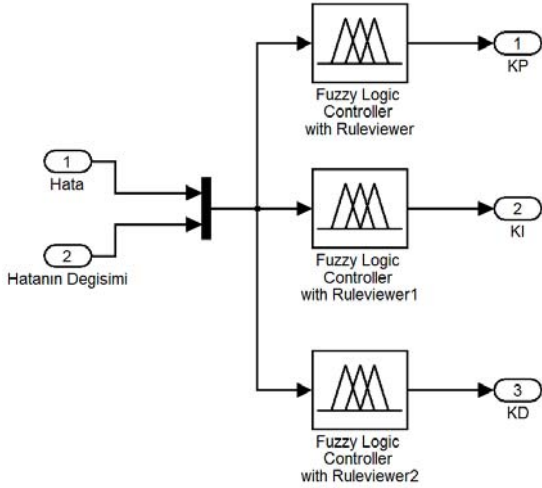
PID denetleyicisini yöneten Bulanık Mantık alt sisteminde hata ve hatanın değişimi girdi verileri;  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  verileri ise çıktı verileri olmaktadır. Her bir katsayı için ayrı bir Bulanık Mantık bloğu kullanılmıştır.



Şekil 5 Bulanık Mantık Yönetimli PID Denetleyici Sistemi Blok Diyagramı

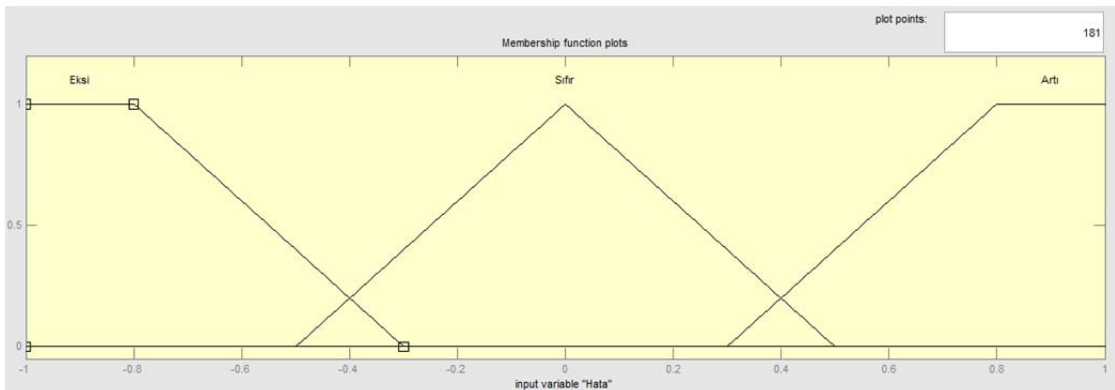
Bulanık Mantık alt sistem bloğunun yapısı Şekil 6’da görülmektedir.

Swaroop[2] ve arkadaşları yaptıkları çalışmada,  $K_P$ ,  $K_I$  ve  $K_D$  katsayılarını belirlemek için geliştirdikleri model ile belirsizliği üç durumda incelemişler ve hata ile hatanın değişimi için 9 kural oluşturmuşlardır. Dhanalakshmi[3] ve arkadaşları ise geliştirdikleri modelde belirsizliği 7 durumda incelemişler ve hata ile hatanın değişimi için 49 kural oluşturmuşlardır. Malhotra[5] ve arkadaşları da belirsizliği 7 duruma bölmüşler ancak farklı üyelik fonksiyonları kullanarak farklı performans değerleri elde etmişlerdir. Sudha[6] ve arkadaşları ise bir DC motorun gerilimini kontrol eden PID denetleyiciye bulanık mantığın etkisini incelemişlerdir.



Şekil 6 Bulanık Mantık Alt Sisteminin Yapısı

Bu çalışmada ise belirsizlik üç durum için incelenmiş; hata ve hatanın değişimi üç üyelik fonksiyonu şeklinde ifade edilmiştir. Üyelik fonksiyonlarının sınırları (-1,1) olarak kabul edilmiştir. Üyelik fonksiyonları grafik olarak Şekil 7’de görülmektedir.



Şekil 7 Hata ve Hatanın Değişiminin Üyelik Fonksiyonları

$K_P$  katsayısının üyelik fonksiyonu Şekil 8’de ve kural tablosu Tablo 3’de görülmektedir.

Tablo 3  $K_P$  Kural Tablosu

e / (de/dt)	Eksi	Sıfır	Artı
Eksi	OY	OA	O
Sıfır	O	OA	O
Artı	OA	OA	OY

$K_I$  katsayısının üyelik fonksiyonu Şekil 9’da ve kural tablosu Tablo 4’de görülmektedir.

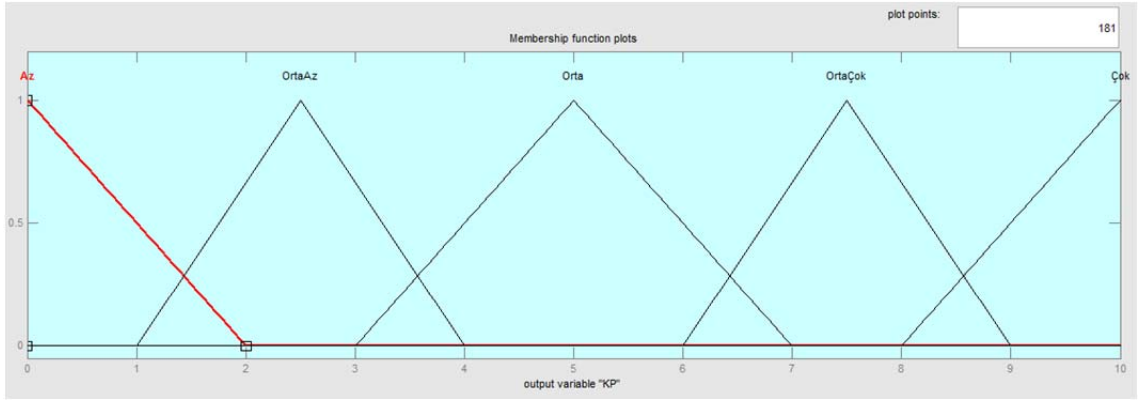
Tablo 4  $K_I$  Kural Tablosu

e / (de/dt)	Eksi	Sıfır	Artı
Eksi	O	A	A
Sıfır	OA	A	OA
Artı	A	A	OA

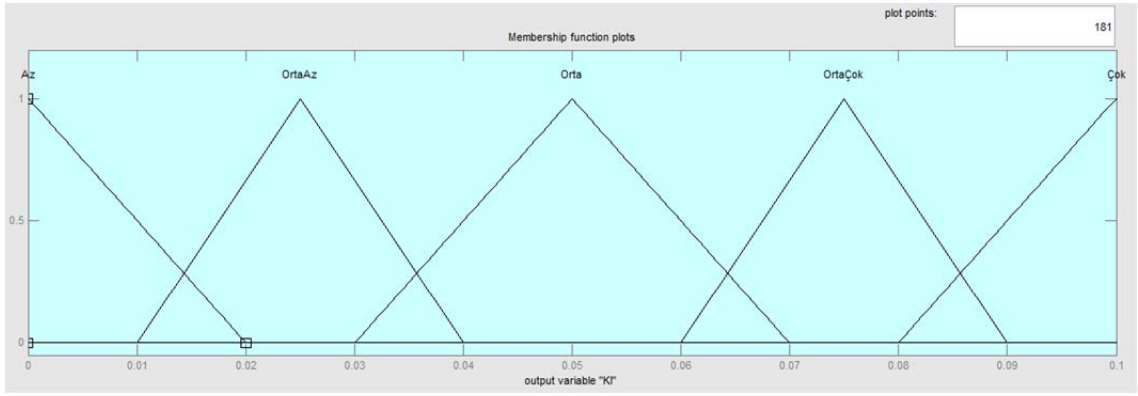
$K_D$  katsayısının üyelik fonksiyonu Şekil 10’da ve kural tablosu Tablo 5’de görülmektedir.

Tablo 5  $K_D$  Kural Tablosu

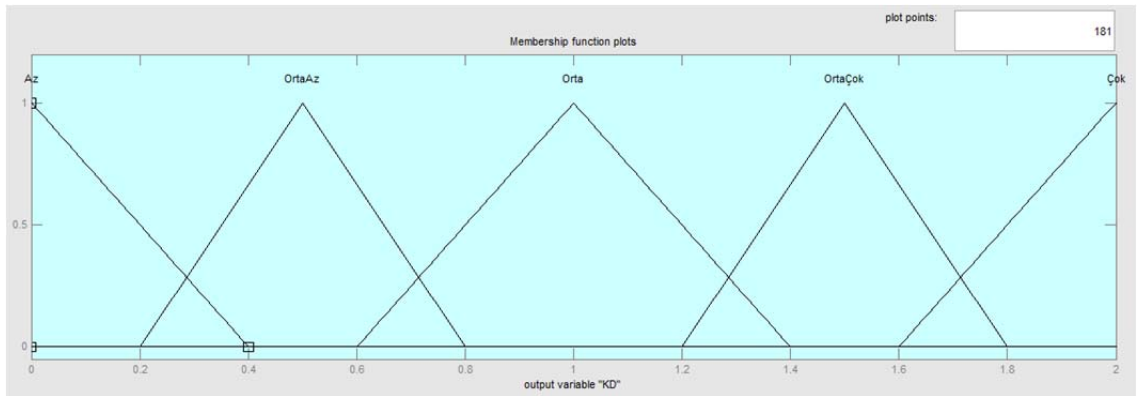
e / (de/dt)	Eksi	Sıfır	Artı
Eksi	Ç	O	O
Sıfır	OÇ	O	OÇ
Artı	O	O	Ç



Şekil 8  $K_p$  Üyelik Fonksiyonu



Şekil 9  $K_i$  Üyelik Fonksiyonları

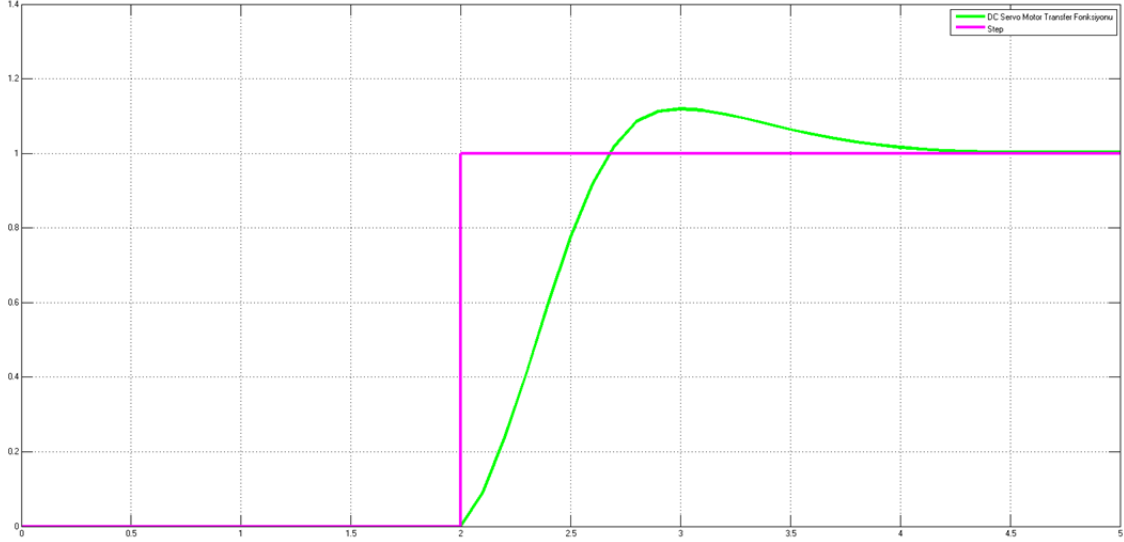


Şekil 10  $K_D$  Üyelik Fonksiyonu

Simülasyon 5 saniye için gerçekleştirilmiş olup sonuçları grafik halinde Şekil 11’de görülmektedir.

Bulanık Mantık yönetimli PID Denetleyiciyi kontrol edilen sistemin performans verileri Tablo 6’de görülmektedir.

tamamen ortadan kaldırmaktadır. Kalıcı durum hatasına sahip olmakla birlikte, titreşim durumunun kesinlikle istenmediği sistemlerde tercih edilmesi gerekli ve yararlı olacaktır.



Şekil 11 Bulanık Mantık Yönetimli PID Denetleyici Performansı

Tablo 6 Bulanık Mantık Yönetimli PID Denetleyici ile Kontrol Edilen Sistemin Performans Verileri

Bulanık Mantık Yönetimli PID Denetleyici	
İleri Aşma (%)	% 11,89
Geri Aşma (%)	0
Oturma Zamanı(s)	2,5 s
Kalıcı Durum Hatası (%)	% 0,3

## 5. Sonuçlar ve Tartışma

Gerçekleştirilen iki simülasyonun sonuçları Tablo 7 ile karşılaştırılmalı olarak görülmektedir. Bulanık mantık yönetimli PID denetleyici klasik PID denetleyiciye göre daha az ileri aşma değerine sahiptir ancak 0,003 gibi çok küçük de olsa kalıcı durum hatası meydana gelmiştir. Ayar değerine oturma zamanı iki yöntemde de 2,5 saniye olmuştur.

İki yöntemin karşılaştırılması sonucu olarak; bulanık mantık yönetimli PID denetleyici sistemin salınımlarını azaltmakta, ileri aşma durumunu oldukça düşürmekte ve geri aşmayı

Bulanıklaştırma işlemi gerçekleştirilirken kullanılan üyelik fonksiyonlarının sayısının artırılması ile belirsizlik durumu daha detaylı işlenebilir ve bu durum denetleyici performansına olumlu yönde etki yapmaktadır.

Tablo 7 Klasik PID Denetleyici ile Bulanık Mantık Yönetimli PID Denetleyici Performans Verilerinin Karşılaştırılması

	Ziegler-Nichols PID	Bulanık Mantık Yönetimli PID
İleri Aşma (%)	% 42,69	% 11,89
Geri Aşma (%)	% 11,12	0
Oturma Zamanı(s)	2,5 s	2,5 s
Kalıcı Durum Hatası (%)	0	% 0,3

## 6. Semboller ve Kısaltmalar

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
$K_m$	Motor Kazanç Sabiti
$T_m$	Motor Zaman Sabiti
PID	Proportional-Integral-Derivative
$K_p$	Oransal Etki Faktörü
$K_i$	Integral Etki Faktörü
$K_D$	Türevsel Etki Faktörü
e	Hata Sinyali
de/dt	Hata Sinyalinin Değişimi
A	Az Üyelik Fonksiyonu
OA	OrtaAz Üyelik Fonksiyonu
O	Orta Üyelik Fonksiyonu
OÇ	OrtaÇok Üyelik Fonksiyonu
Ç	Çok Üyelik Fonksiyonu

7. Leeab, S., Shih, C., Optimal Single Input PID-Type Fuzzy Logic Controller, Journal of the Chinese Institute of Engineers, Cilt 35, Sayı 4, s. 413–420, 2012.

8. Dharamniwas, Ahmad, A., Redhu, V., Gupta, U., Liquid Level Control by Using Fuzzy Logic Controller, International Journal of Advances in Engineering & Technology, Cilt 4, Sayı 1, s. 537-549, 2012.

9. Ünsal, A., Kabul, A., Matlab Based Fluid Level Control Using PID and Fuzzy Logic Controllers, International Review on Modelling and Simulations, Cilt 4, Sayı 6, s. 3273-3278, 2011.

## 7. Kaynaklar

1. Yüksel, İ., Otomatik Kontrol: Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri, Nobel Yayınevi, 7. Basım, İstanbul, 2011.

2. Işık, M.,F., Çoşkun, İ., Mikrodenetleyici Tabanlı Servo Sistem Denetimi, IV. Otomasyon Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Sayfa 99-102, 23-24-25 Mayıs 2007, Samsun.

3. Swaroop, R., George, B., Sadhu,P.,K., A Novel Design for Automatic Tuning of PID Controller using Fuzzy Logic, International Journal of Computational Intelligence Research, Cilt 6, Sayı 1, s. 89–96, 2010.

4. Dhanalakshmi,R., Palaniswami,S., Adaptive Gain Scheduling Fuzzy Logic PID Controller in Load Frequency Control of Wind Diesel Micro Hydro Isolated Hybrid Power System, International Review on Modelling and Simulations, Cilt 4, Sayı 6, s. 3327-3336, 2011.

5. Malhotra, R., Sodhi, R., Boiler Flow Control Using PID and Fuzzy Logic Controller, IJCSET, Cilt 1, Sayı 6, s. 315-319, 2011.

6. Sudha, G., Anita, R., Performance Based Comparison Between Various Z-N Tuning PID And Fuzzy Logic PID Controller in Position Control System of Dc Motor, International Journal on Soft Computing (IJSC), Cilt 3, Sayı 3, s. 55-67, 2012.