

Araba Üzerindeki Ters Sarkaç Sistemi Üzerinde PD-Bulanık ve PID Kontrolcülerinin Karşılaştırılması

Comparison of PD-Fuzzy and PID Controllers on an Inverted Pendulum System on a Car

Enes Güngör¹

¹Mekatronik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli
170223046@kocaeli.edu.tr

Özetçe

Bu çalışma, PID ve PD-Bulanık kontrolcülerinin karşılaştırılması amacıyla, ders kitapları ve araştırma literatüründe sıklıkla rastlanan bir araba üzerindeki ters sarkaç sistemi üzerinde detaylı bir inceleme gerçekleştirmiştir. Matematiksel bir model oluşturularak, elde edilen model Matlab-Simulink platformunda kullanılarak simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlar, her iki kontrolcü tipinin performansını objektif bir şekilde değerlendirmek amacıyla karşılaştırılmıştır.

Abstract

This study conducted a detailed examination of a inverted pendulum system on a car, commonly found in textbooks and research literature, for the purpose of comparing PID and PD-Fuzzy controllers. By establishing a mathematical model, simulation results were obtained using the Matlab-Simulink platform. These results were then compared to objectively evaluate the performance of both types of controllers.

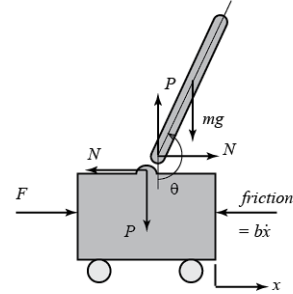
1. Giriş

Kullandığımız kontrol yapıları, tek giriş tek çıkış (SISO) sistemler için uygundur; bu nedenle giriş olarak arabaya uygulanan kuvvet ve çıkış olarak çubuğun açısı üzerinde durulmuştur. Sistemdeki sınırlı parametreler ve basit modelleme sebebiyle transfer fonksiyonu türetme ihtiyacı olmamıştır.[1]

PID kontrol, matematiksel bir modele ihtiyaç duyduğu ve doğrusal olmayan sistemlerde sınırlı başarı gösterdiği halde endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Öte yandan, PD-Bulanık kontrol, daha önce oluşturulmuş bir lookup tablosunu kullanarak matematiksel bir modele gereksinim duymadan daha az donanım ile daha hızlı sonuçlar elde edebilme yeteneği nedeniyle tercih edilen bir yöntem olmuştur.[2]

Başlangıçta çubuk, hedef konumundan (180 derece) 3 derece sapma ile başlatılmış ve sistemdeki overshoot, rise-time, settling time ve steady state error değerleri karşılaştırılmıştır.

2. Sistem Tasarımı



Şekil 1: Sistemde genel yapısı ve oluşan kuvvetler[1]

Sistemi etkileyen kuvveti F, aracın konumunu x ve çubuğun açısını θ olarak tanımladık. Newton'un ikinci yasası ($F=m*a$) temel alınarak denklem (1) ve (2) elde edilmiştir.[1]

$$\ddot{x} = \frac{1}{M} (F - N - b\dot{x}) \quad (1)$$

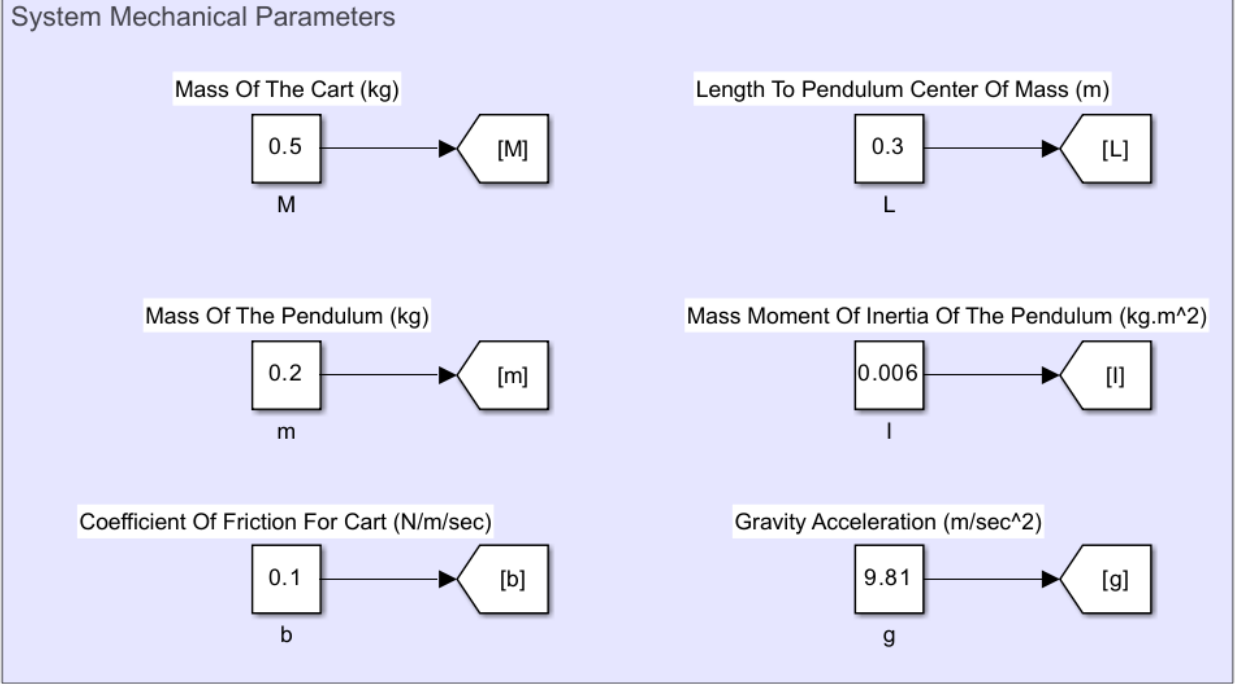
$$\ddot{\theta} = \frac{1}{I} (-Nl \cos \theta - Pl \sin \theta) \quad (2)$$

Sistemin tam dinamik modellenmesi için çubuk ile araba arasındaki kuvvetler Simulink'te kullanılmak üzere formülize edildi.[1]

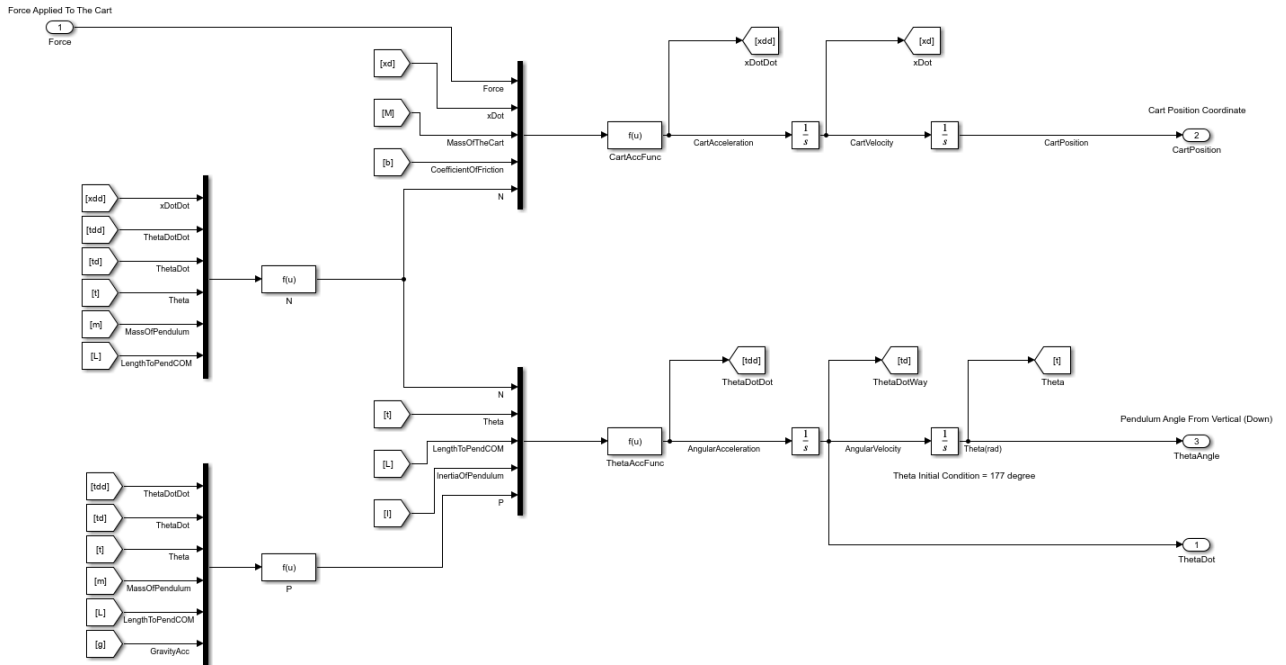
$$N = m(\ddot{x} - l\dot{\theta}^2 \sin \theta + l\ddot{\theta} \cos \theta) \quad (3)$$

$$P = m(l\dot{\theta}^2 \cos \theta + l\ddot{\theta} \sin \theta + g) \quad (4)$$

Simulink ortamında alt sistem olarak, mekanik özelliklerden gelen sabit parametreler oluşturuldu. Daha sonra bu alt sistem içinde matematiksel bir model oluşturuldu.



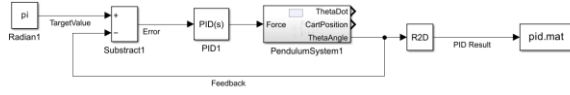
Şekil 2: Sistemin sabit parametreleri[1]



Şekil 3: Sistemin simulink modeli

3. PID Kontrol

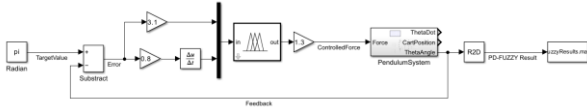
Matlab Simulink 'de varsayılan olarak bulunan PID bloğu tercih edilmiştir. Blok içerisindeki parametreler değiştirilmemiştir. Sonuç verileri görselleştirme ve üzerinde çalışabilmek için pid.mat dosyasına kaydedilmiştir.



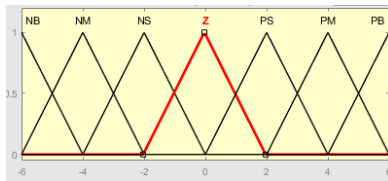
Şekil 4: PID simulink modeli

4. PD-Bulanık Kontrol

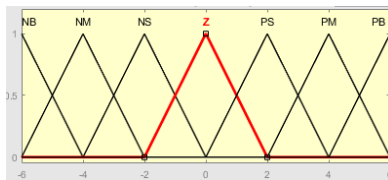
İlk olarak sistemin başlangıç değerinin 3 derece olduğu ve uygulanabilecek kuvvetlerin değer aralığı düşünülerek hata ve hatanın türevi için üyelik fonksiyonları oluşturuldu. Çıkış üyelik fonksiyonunda oluşturulduktan sonra literatürden elde edilen kural tablosu ile kurallar oluşturuldu ve simulinkdeki fuzzy controller bloğuna bu 'Fuzzy.fis' uzantılı dosya eklendi. Bulanık bloğunun öncesine ve sonrasına PD için gerekli kazanç ve türev blokları eklenerek sistem tamamlandı.



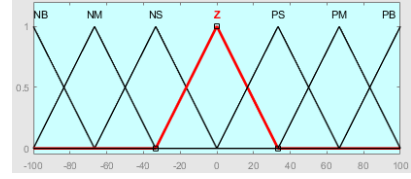
Şekil 5: PD-Bulanık simulink modeli



Şekil 6: e üyelik fonksiyonu



Şekil 7: de üyelik fonksiyonu

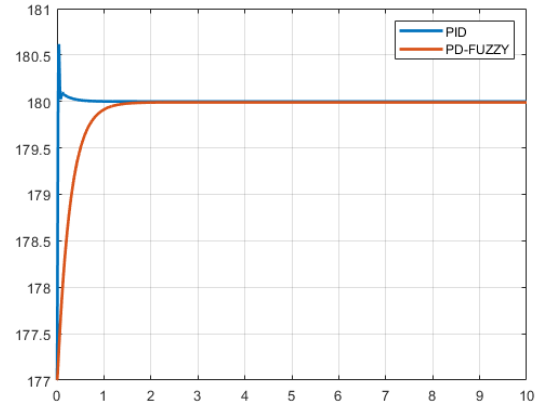


Şekil 8: Output Üyelik Fonksiyonu

Bulanıklaştırma metodolojisi olarak minimum, birleştirme işlemi için maksimum ve durulama işlemi için merkez metodu tercih edilmiştir. Bulanık modeli olarak Mamdani kullanılmıştır.

4. Sonuçlar

Sistem davranışının simülasyon sonuçları incelenmiş ve PD-Bulanık sistemlerinin PID kadar etkili olduğuna karar verilmiştir. Bu durum, sistem kontrol uygulamalarında PD-Bulanık kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla PID kontrolü için gereken donanım gereksinimlerinden kurtulmanın mümkün olduğunu göstermektedir.



Şekil 9: Sistem davranışı

Tablo 1: Sistem davranışının parametreleri

Kontrol Tipi	O (%)	t _r (sn.)	t _s (sn.)	SS _{err} (%)
PID	0.34	0.016	0.191	0.005
PD-FUZZY	0	0.586	1.069	0

Kaynakça

- [1] "InvertedPendulum,"İnternet:<https://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=InvertedPendulum§ion=SystemModeling>, Eriřim Tarihi:03.01.2024.
- [2] Ahmet GANİ, Ö. Fatih KEÇECİOĞLU, Hakan AÇIKGÖZ, Mustafa ŞEKKEİ, " FUZZY LOGIC CONTROLLER DESIGN BASED ON SUGENO INFERENCE METHOD FOR NONLINEAR INVERTED PENDULUM DYNAMICAL SYSTEM," Publications Prepared for The 4th International Fuzzy Systems Symposium 2015, Türkiye, 19-30