

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK KONTROL TEKNİĞİ İLE
MODEL ARABANIN SEYİR KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Müh. Hikmet OTMANBÖLÜK

Ana Bilim Dalı : ELEKTRONİK VE HABERLEŞME

NİSAN 1997

67078

BULANIK MANTIK KONTROL TEKNİĞİ İLE
MODEL ARABANIN SEYİR KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Müh. Hikmet OTMANBÖLÜK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Ocak 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 9 Nisan 1997

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Hasan DİNÇER

(*H. Dinçer*.....)

Üye
Prof. Dr. Galip CANSEVER

(*Galip Cansever*.....)

Üye
Yard. Doç Dr. Bekir ÇAKIR

(*Bekir Çakır*.....)

NİSAN 1997

BULANIK MANTIK KONTROL TEKNİĞİ İLE MODEL ARABANIN SEYİR KONTROLÜ

Hikmet OTMANBÖLÜK

Anahtar Kelimeler : Bulanık Mantık, Süreç Denetimi, Bulanık Kontrol

Özet : Bu deneysel çalışmada, model araba ile benzetimi yapılan hareketli bir aracın seyir kontrolünün bulanık mantık kullanılarak yapılması üzerinde durulmuştur. Model arabanın seyir kontrolü, önce açık - kapalı kontrol ve PID kontrol uygulanarak yapılmış, daha sonra bulanık mantık kontrol tekniği sürece uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Hareketli bir aracın seyir kontrolünün hassasiyet açısından değerlendirildiği bu çalışmada, sürecin bulanık mantık ile seyir kontrolü işlemi, bulanık mantık benzetim yazılımı ile de denenmiş ve her durumda bulanık mantık kontrolün, PID kontrolde göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.



MODEL VEHICLE DRIVING CONTROL USING FUZZY LOGIC

Hikmet OTMANBÖLÜK

Key Words : Fuzzy Logic, Process Control, Fuzzy Control

Abstract : In this study it is aimed to model vehicle driving control via fuzzy logic. First the Process is controlled by On - Off controller and a PID controller. Then the application results are compared with fuzzy logic application results. The study which is interested in sensitivity of mobile vehicle driving control shows that; fuzzy logic control applications are more sensitive and more robust than PID and On-Off process control under any conditions.



ÖNSÖZ

Elektronik alanında elde edilen gelişmeler, akıllı sistemleri daha çok kullanılır hale getirmektedir. Özellikle hızlı işlemciler sayesinde bir çok karmaşık işlem süreçleri kısa zamanda yapılabilmektedir. Bu durum, bulanık mantık gibi yoğun işlemler içeren kontrol tekniklerinin bir çok sürece uygulanması imkanını getirmektedir.

Bu çalışmada, bir model araba ile benzetimi yapılan otomatik taşıyıcı, otomobil, uçak v.b. hareketli araçların seyir kontrollerinde bulanık mantık kullanılarak hassas bir seyir elde edilip edilemeyeceği araştırılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile ülke sanayisinin gelişimine katkıda bulunmak öncelikli hedef olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmamda, bana verdiği destek ile sürekli yardımcı olan danışmanım sayın Prof. Dr. Hasan DİNÇER' e (Ko. Ü. M. F.), deneyler için gerekli donanımların tasarımında fikirleriyle yol gösteren çalışma arkadaşım Arş. Gör. Adem GEDİK' e (Ko. Ü. EHSAM) ve diğer çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. BULANIK MANTIK.....	2
2.1 Temel Teori	3
2.1.1 Bulanık Kümelerin En Çok Kullanılan Tipleri	6
2.1.2 Matematiksel Gösterimler.....	9
2.1.3 Konsantrasyon, Dilatasyon.....	10
BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK KULLANILARAK YAPILAN UYGULAMALAR VE MODEL ARABANIN SEYİR KONTROLÜ İÇİN KULLANILAN CİHAZLAR	14
3.1 Bilgisayar ve Programlama Dili	15
3.2 Bilgisayar İçin Endüstriyel Giriş / Çıkış Kartı.....	16
3.3 Bulanık Mantık İşlemcisi İçeren Kontrol Kartı.....	16
3.4 Model Araba.....	17
3.5 Tampon Devre	17
3.6 Duyum Ötesi Ses Dalgaları İle Uzaklık Ölçen Sezici.....	19
3.6.1 Duyum Ötesi Ses Dalgalarıyla Algılamanın Temel Teorisi.....	19
3.6.2 Duyum Ötesi Ses Dalgaların Karakteristiği	20
BÖLÜM 4. MODEL ARABANIN SEYİR KONTROLÜ VE DİĞER KONTROL TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI.....	22
4.1 Model Arabanın Yol zemindeki Konum Bilgisinin Elde Edilmesi İçin Kullanılabilecek Bazı Yöntemler.....	22

4.2 Model Arabanın Seyir Kontrolü İçin Kullanılan Diğer Kontrol Teknikleri	24
4.2.1 Model Arabanın Açık - Kapalı Kontrol Tekniği İle Seyir Kontrolü	24
4.2.2 Model Arabanın PID Kontrol Tekniği İle Seyir Kontrolü	30
BÖLÜM 5. MODEL ARABANIN BULANIK MANTIK KONTROL TEKNİĞİ İLE SEYİR KONTROLÜ	37
5.1 Deney Ortamının Belirlenmesi	37
5.2 Model Arabanın Seyir Kontrolünün Bulanık Mantık Yazılımı İle Benzetimi	39
BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	49
6.1 Model Arabanın Açık - Kapalı Kontrol Tekniği İle Seyir Kontrolüne İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi	49
6.2 Model Arabanın PID Kontrol Tekniği İle Seyir Kontrolüne İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi	50
6.3 Model Arabanın Seyir Kontrolünün Bulanık Mantık Benzetim Programı İle Yapılan Benzetimi Sonucunda Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi	51
KAYNAKLAR	54
EKLER	58
Ek A. PID Kontrol Amacıyla Hazırlanan Yazılım	58
Ek B. Yazarın Yayınları	64
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 : Monoton değişen doğrusal μ_A fonksiyonuna sahip A=YAŞLI bulanık kümesi	6
Şekil 2.2 : Doğrusal olmayan, karesel μ_A fonksiyonuna sahip A=YAŞLI bulanık kümesi	7
Şekil 2.3 : Monoton azalan doğrusal μ_A fonksiyonu ile A=AZALAN FAİZ ORANI bulanık kümesi.....	7
Şekil 2.4 : Üçgen formda bulanık küme	8
Şekil 2.5 : Yamuk şeklinde bulanık küme	8
Şekil 2.6 : $\mu_A(x) = e^{-x^2}$ olmak üzere n=3 için konsantrasyon ve dilatasyon operatörleri.....	11
Şekil 3.1 : Hazırlanan tampon devre	18
Şekil 3.2 : Sezici üzerindeki, uzaklık gösterici ledler	18
Şekil 3.3. a) Yansıtıcı yüzeye gelen ve yansıyan ses dalgalarının yayılma doğrultularının aynı ve sezici yüzeyine dik olması durumu	20
b) Yansıtıcı yüzeye gelen ve yansıyan ses dalgalarının yayılma doğrultularının arasında 2α derece kadar açı olması ve sezicinin yansıyan dalgaları alamaması durumu	20
Şekil 4.1 : Açık - kapalı denetlecin iki konumlu hareketi	25
Şekil 4.2 : Açık - kapalı denetlecin iki konumlu ve sabit bandlı hareketi	26
Şekil 4.3 : Model arabanın deney masası üzerinde hareketinin üstten görünüşü	27
Şekil 4.4 : Ön tekerleklerin sağa ve sola doğru β açısı yaparak aldıkları konumlar	28
Şekil 4.5 : İdeal açık - kapalı kontrol sonucunda model arabanın seyri	29
Şekil 4.6 : İdeal açık - kapalı kontrole sabit band eklenmesi durumunda model arabanın seyri.....	29
Şekil 4.7 : Değişik denetim türlerinin etkisini gösteren tipik bir denetim sisteminin davranışları	34

Şekil 4.8 : Model arabanın PID kontrol tekniğine göre seyir grafiği	35
Şekil 4.9 : Model arabanın ön tekerlekleri için belirlenen dönme konumları	35
Şekil 5.1 : Model araba kontrol sistemi blok şeması	38
Şekil 5.2 : Model araba kontrol sisteminin ayrıntılı şeması	38
Şekil 5.3 : Benzetim kontrol programının blok diyagramı	39
Şekil 5.4 : Ayar noktasına göre hatanın üyelik derecesi fonksyonları ile tanımlanması	40
Şekil 5.5 : Ayar noktasına göre hatanın zamanla değişiminin üyelik derecesi fonksyonları ile tanımlanması	40
Şekil 5.6 : Denetleç çıkışının zamana göre değişiminin üyelik derecesi fonksyonları ile tanımlanması	41
Şekil 5.7 : Hata ve hatanın zamanla değişimine ile model arabanın konum değiştirmesi arasında oluşturulan kural tablosu	41
Şekil 5.8 : Model arabanın konum değişimi $y(t)$	43
Şekil 5.9 : Hatanın değerinin zamanla değişimi	43
Şekil 5.10 : Bulanık-PI denetleç çıkışının ($u(t)$) ve türevinin değişimi	44
Şekil 5.11 : Girişim için kullanılan maks-min ve maks-prod yöntemlerinin $y(t)$ üzerindeki etkileri	44
Şekil 5.12 : Bulanık-PD kontrol kullanıldığında sistem davranışı	45
Şekil 5.13 : Bulanık-PD kontrolde hatanın zamanla değişimi	45
Şekil 5.14 : Ayar noktasının rampa fonksyonu şeklinde değişmesi ile sistem tepkisi $y(t)$ ' nin değişimi	46
Şekil 5.15 : Ayar noktasının ikili darbe şeklinde değişmesi sonucunda sistemin tepkisi $y(t)$ ' nin değişimi	46
Şekil 5.16 : Ayar noktasının ikili darbe olması durumunda denetleç çıkışının ve çıkışın zamana göre türevinin değişimi	47
Şekil 5.17 : Ayar noktasının ikili darbe şeklinde değişimine karşılık hatanın ve türevinin zamanla değişimi	47
Şekil 5.18 : $y(t)$ Değerinin, girişimin maks-prod ve maks-min olmasına göre zamanla değişimindeki farklılıklar	48

BÖLÜM I. GİRİŞ

Birçok üretim platformunda çeşitli maddelerin taşınması amacıyla taşıyıcılar kullanılmaktadır. Bu taşıyıcılar büyük fabrikalarda genellikle otomatik olarak çalışmakta, bir personel tarafından yönlendirilmemektedir. Genellikle üretim alanları, basınç kalıp makineleri v.b. sistemler arasında ham madde, yarı mamül ve mamül madde taşıyan bu taşıyıcıların, kendileri için ayrılmış olan yolu çok hassas bir şekilde izlemeleri ve taşıdıkları yükü, işlem yapacak makine içine hassas olarak yerleştirmeleri gerekmektedir. Bu tür taşıyıcıların en güzel örneklerini İngiltere’de Rolls-Royce fabrikalarında ve Almanya - Regensburg’da BMW fabrikalarında görmek mümkündür.

Bunun yanında, uçak, otomobil gibi birçok hareketli aracın da tamamen insan kontrolünden alınıp, otomatik olarak kontrol edilmesi üzerinde çalışılmaktadır [4], [8], [10], [16]. Tüm bu konularda istenen en önemli unsur, aracın (sürecin), seyir esnasında istenen rotaya mümkün olduğu kadar bağlı kalmasıdır. Dolayısıyla seyirde hassasiyet karşımıza en önemli sorun olarak çıkmaktadır.

Bu çalışmada, otomatik olarak çalışan taşıyıcılar temel alınarak, hareketli bir model araç üzerinde durulmuş ve bu aracın seyri için belirlenmiş olan yolu hassas bir şekilde izlemesi için bulanık mantık kontrol tekniğinin kullanılmasının faydaları araştırılmıştır. Sürecin kontrolünde özellikle PID kontrol tekniği ile bulanık mantık kontrol tekniği karşılaştırılmış, bulanık mantık kontrol tekniğinin seyir kontrolü açısından önemi üzerinde durulmuştur.

BÖLÜM 2. BULANIK MANTIK

Bulanık mantık konusu, 1965 yılındaki çalışmalarından dolayı L. A. Zadeh' e atfedilebilir. Fakat birçok anahtar fikir, Zadeh' ten 30 yıl önce felsefe alanındaki çalışmalarıyla Max Black tarafından ortaya atılmıştır [2]. Zadeh' in bulanık mantık konusuna girişindeki asıl hedefi, karmaşık olayların modellenmesine yardımcı olacak bir araç geliştirmek idi. Zadeh tarafından görüldüğü üzere, modelleri genellikle klasik modelleme teknikleri ile birleşik yöntemlerle tam doğrulukla formüle etme çalışmasının amacı ne erişilebilirdir ne de zorunludur.

Modellemenin amacı, sistem fonksiyonlarının elde edilmesidir. Bir modelin yapısı, ilişki ve operatör olarak adlandırılan bazı nesnelere ve model değişkenleri ve parametreleri olarak tanımlanmış nesnelere bileşimi olarak görülebilir. Modelde değişkenler, modellenmiş sistemin karakteristik özellikleri olarak kullanılabilirler. Sistem modelleme sürecinde, iki tür modelden bahsedilebilir. Toplama, çıkarma, türev gibi cebirsel işlemleri kullanan modeller birinci sınıf modeldirler ve matematiksel model olarak adlandırılırlar. Bu modelde parametreler, genellikle sayısal değer tabanlı değişken değerlerdir. İkinci sınıf modeller ise ve, veya, eğer gibi mantıksal tipte ilişkileri kullanırlar ve mantıksal model olarak adlandırılırlar. Bu modeller genellikle bir dilsel yapı içerirler. 1970' lere kadar sistem tasarımcıları tarafından matematik modeller kullanılmıştır. 1970' li yılların başlarında özellikle yapay zeka ve veri tabanı konularındaki gelişmeler ile araştırmacılar, mantıksal tip modeller içeren sistem yapılandırma araçları üzerinde çalışmaya başlamışlardır.

Bulanık mantık bu iki modeli de kullanır. Bu modellerde bulanık alt kümeler, parametrelerin tanımlanmasında kullanılırlar ve değişkenlerin bazı durumlarında parametreler model ile birleşiktirler. Bulanık alt kümelerin, parametrelerin değeri olarak kullanılması, model yapılandırma doğruluğunun sağlanmasını kolaylaştırmaktadır. Modelleme sürecinde bulanıklığın ikinci tür kullanımı ise bir

fonksyonla ifade edilen ilişkisel ve parametrik değerlerin bulanıklığıdır ve bu *bulanıklaştırma* olarak adlandırılır.

Günümüzde yapılan birçok uygulama mantıksal tabanlı uygulamalardır. Bunlar *kural tabanlı* veya *bilgi tabanlı modeller* olarak adlandırılırlar. Bu modeller için geliştirilen teoriler, yapay zeka araştırmacılarının çalışmaları ile aynı zamana rastlar.

2.1 Temel Teori

Dünyamız bulanık mantığa doğru gidiyor. Günlük hayatımızdan biliyoruz ki, bazı değerlerin kesin sınırları yoktur. Birçok kere kullandığımız kelimeler ile “güzel bir hava”, “çok hızlı bir araba” gibi değerinin kesinlikle belli olmadığı olayları anlatırız. İngilizcede bu duruma “fuzzy” denmektedir ve türkçeye “bulanık” olarak çevrilen bu kelime teoriye de adını vermiştir.

Klasik cebirde bir x elemanın M kümesine ait olması ($x \in M$) olarak veya ait olmaması ($x \notin M$) şeklinde gösterilir. Sonlu kümelerde gösterim $M = \{a, b, c\}$ şeklindedir. Özellikle sonsuz kümelerde uygulanan ikinci bir gösterim yönteminde de aynı özelliklere sahip bir çok eleman bir defada belirtilir. Örneğin bir karenin tanımlanması $M = \{x | x \in G, Px\}$ şeklinde yapılabilir.

Bir x elemanın M kümesine aitliği (veya ait olmaması) farklı şekillerde belirtilir. Bunun için μ_M karakteristik fonksyonu kullanılır ve bu fonksyon ($x \in M$) olması halinde 1, ($x \notin M$) olması durumunda ise 0 değerini alır.

$$\mu_M(x) = \begin{cases} 1, x \in M \\ 0, x \notin M \end{cases} \quad (1)$$

Bu durumda μ_M fonksyonunun temel kümesi G , iki elemanlı bir kümedir; $\{0,1\}$ ve gösterilimi; $\mu_M: G \rightarrow \{0,1\}$ şeklindedir. Burada μ_M , koordinat sistemindeki ayrık

noktalardan oluşmaktadır. μ_M değerinin sabit, kısmi sürekli olduğu durumlar da vardır.

Klasik kümeler, sadece iki değer alan karakteristik fonksiyonlar ile gösterilebilirler. Bu ikideğerlilik, temel küme üzerinde bir elemanın, M kümesinin elemanı olduğunu veya olmadığını gösterir. Bu aşamada başka bir seçenek yoktur. Fakat aşağıda tanımlanan kümelerde $x \in M$ veya $x \notin M$ durumunu belirtmek mümkün değildir:

- Hızlı arabalar kümesi.
- Çevreci paketler kümesi.
- Yetenekli matematik öğrencileri kümesi.
- Bütün film ve televizyon yıldızlarının kümesi.
- Türkiye' nin bütün tenis oyuncularını.
- Yılın bütün güzel havalı günleri.
- Bütün teknik açıdan güvenilir sistemler.
- Bütün yaklaşık 3 olan sayılar.

Bu kümelerin hepsi oluş açısından belirsizdir ve elemanı olma (\in) ile elemanı olmama (\notin) arasında matematiksel olarak sürekli bir aitlik derecesi ile ifade edilir. Belirtilen keyfi durumların formülasyonu gayet açık ve basittir: μ_M Karakteristik fonksiyonu değer olarak 0 ile 1 arasındaki tüm gerçekteki sayıları alır ve $\mu_M(x)$ üyeliğin ölçüsüdür. Bu durumda $\mu_M(x)$ ' in değerinin artması, aitlik değerinin artması anlamına gelmektedir. Sınırlarda ise klasik aitlik durumu görülmektedir :

$$\mu_M(x) = 1 \Leftrightarrow x \in M \text{ ve } \mu_M(x) = 0 \Leftrightarrow x \notin M \quad (2)$$

Temel küme üzerindeki her x elemanının bir aitlik değeri (elemanı olma değeri) $\mu_M(x)$ vardır ve bu ilişki cebirde $(x, \mu_M(x))$ şeklinde gösterilir. Bu gösterimle kesin olmayan, bulanık kümeler tanımlanabilir ve ifade edilebilir.

Tanım : G temel küme ve μ_A temel küme üzerinde, temel kümeden $[0;1]$ kapalı aralığına bir fonksyon olmak üzere $\mu_A:G \rightarrow [0;1]$, her $(x, \mu_A(x))$ çiftinin oluşturduğu $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in G\}$ kümesine G temel kümesi üzerinde bulanık küme denir.

Bu tanıma dayanarak aşağıdaki açıklamaları yapmak mümkündür.

1. μ_A üyelik derecesi veya aitlik fonksyonu olarak adlandırılır.
2. G temel kümesi üzerinde bir A bulanık kümesi tanımlandığında, A kümesi, temel kümenin tüm elemanlarından değer alır. Yani burada klasik kümelerdeki gibi elemanı olmama durumu yoktur. Fakat $\mu_A(x) = 0$ durumu klasik kümedeki duruma benzer bir anlam ifade eder.
3. Üyelik derecesi $\mu_A(x)$ ' in sistematik incelenmesi bulanık mantığın konusu değildir. Bu durum tecrübeyle, kişisel tahmin ile, dilsel değerler ile v.b. belirlenir. Bununla birlikte $\mu_A(x)$ değerinin kendisi yine bir bulanık durum olabilir ve bu da bulanık kümelere yüksek derecelenme getirir.
4. Her klasik küme, elemanlarının üyelik derecesi değeri "1" olan özel durumlu bir bulanık küme olarak düşünülebilir. Bu durumda VENN Diyagramı ile klasik gösterimde, A fonksyonunun, elemanlarından değer aldığı bir M kümesi ve bir de onun eşleniği \bar{M} kümesi olacaktır. Bu durum;

$$\mu_A(x) = 1 \text{ her } x \in M \text{ için} \quad (3)$$

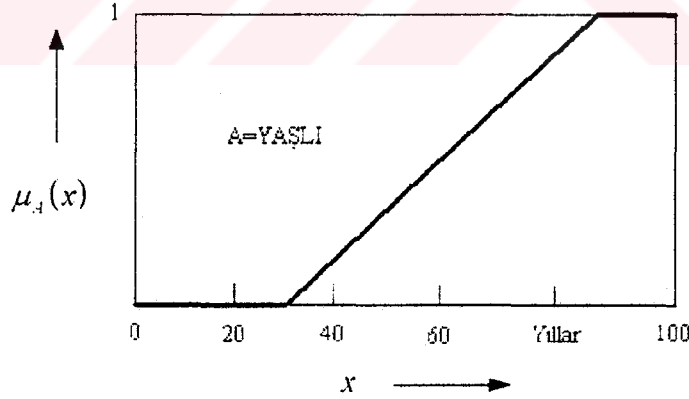
$$\mu_A(x) = 0 \text{ her } x \in \bar{M} \text{ için} \quad (4)$$

ifadeleriyle belirtilebilir.

2.1.1 Bulanık Kümelerin En Çok Kullanılan Tipleri

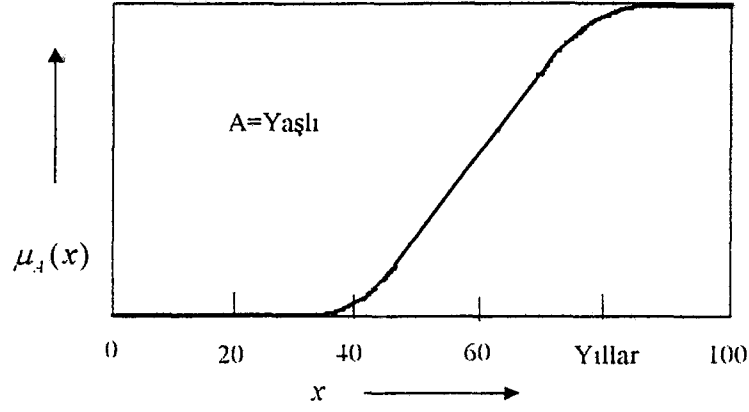
Birçok bulanık küme kolayca üyelik derecesi fonksyonu olarak alınabilir. Aşağıdaki dört tip fonksyon $G = [a, b]$ şeklindedir ki bu durum gerçel (reel) eksenin iki taraftan kapalı bir aralığını gösterir. Birçok kullanım için kısmen doğrusal, köşeli bir μ_A fonksyonu yeterlidir. Burada doğrusal parçanın konumu ve yükselişi değerlendirilmektedir.

1. Tip; *Monoton artan* μ_A : Fonksyonun değeri, alınan x değerleri ile değişir ve değişim sabittir. Şekil 2.1, A=YAŞLI bulanık kümesi için μ_A fonksyonunun değişimini göstermektedir ve burada temel aralık [0:100] aralığında olup insan yaşam süresini göstermektedir. Bazı kullanımlarda μ_A değişiminin yumuşak olması istenir. Bu gibi durumlarda μ_A , S Formu'nda değişim gösterecek şekilde seçilir. Şekil 2.2' de bu durum görülmektedir.



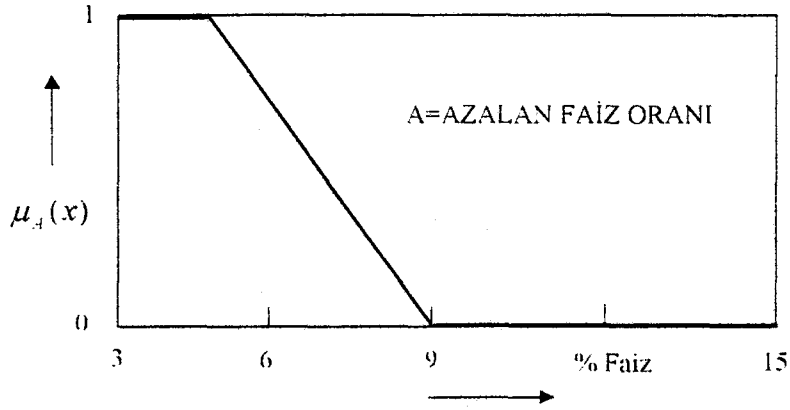
Şekil 2.1 : Monoton değişen doğrusal μ_A fonksyonuna sahip

A=YAŞLI bulanık kümesi

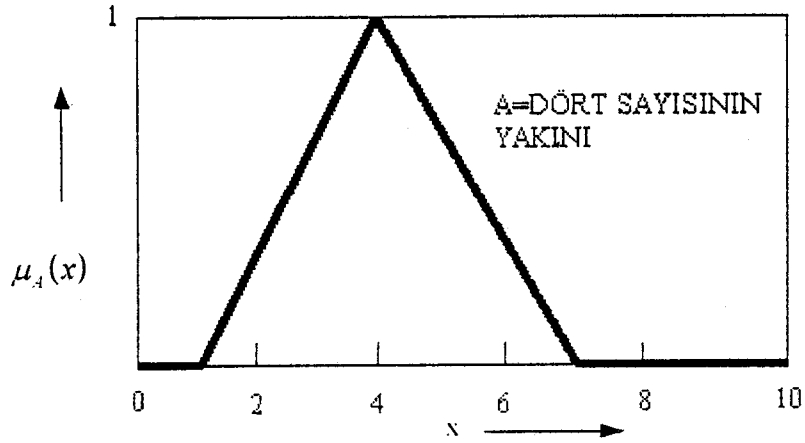


Şekil 2.2 : Doğrusal olmayan, karesel μ_A fonksiyonuna sahip
A=YAŞLI bulanık kümesi

2. Tip; Monoton azalan μ_A : Değişen x değerleriyle üyelik derecesi azalır veya aynı kalır. Burada azalma sabittir. En yüksek değerden en düşük değere azalma sırasında gerçekte kullanılan bulanık bölge, azalmanın olduğu orta bölgelerdir. Şekil 2.3, A=KREDİ İÇİN AZALAN FAİZ ORANI adlı bulanık kümede, [3;15] temel aralığında μ_A 'nin yüzde olarak değişimini göstermektedir. Buradaki değerler, Alman Kredi Enstitüsü'nden alınan son 20 yılın değerlerine dayandırılmıştır.

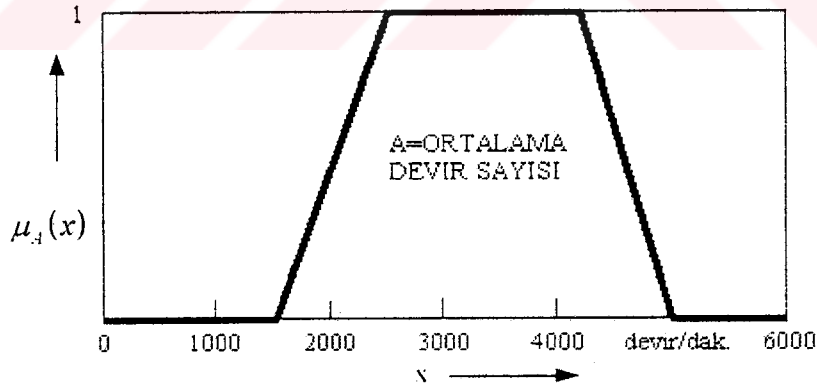


Şekil 2.3 : Monoton azalan doğrusal μ_A fonksiyonu ile
A=AZALAN FAİZ ORANI bulanık kümesi



Şekil 2.4 : Üçgen formda bulanık küme

3. Tip: Monoton değişen μ_A : μ_A monoton değişir, ve x ' in en büyük değeri olan $\mu_A(x) = 1$ değerini sadece tek bir x değeri için alır ve sonra tekrar monoton azalır. Burada μ_A , yine kısmi sürekli ve doğrusaldır. Şekil 2.4, bu tip μ_A değişimini, $A=DÖRT SAYISININ YAKINI$ bulanık kümesi için $G=[0;10]$ aralığında göstermektedir. μ_A ' nın bu şekildeki değişimi genellikle üçgen form olarak adlandırılır.



Şekil 2.5 : Yamuk şeklinde bulanık küme

4. Tip: En büyük değeri noktasal olmayan μ_A : Bu tip bulanık kümelerde μ_A ' nın en büyük olduğu değer, noktasal değildir. Bu değer, temel küme üzerinde süreklilik gösterir. Bu durumun bir örneği şekil 2.5' de görülmektedir. Bu şekildeki bulanık kümelere yamuk formunda kümeler denir.

2.1.2 Matematiksel Gösterimler

Sonlu bulanık kümelerin temel küme üzerinde ifadeleri için Zadeh' in gösterimi, temel küme $G = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ olmak üzere

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (5)$$

şeklindedir. Sonsuz temel kümeler üzerinde bulanık kümelerin ifade edilmesine ilişkin Zadeh' in gösterimi ise şöyledir.

$$A = \int_G \frac{\mu_A(x)}{x} \quad (6)$$

Burada G sonsuz temel kümedir. Bu durumu bir örnekle açıklarsak eşitlik 7' de, ifade edilen A bulanık kümesi ve bu küme için üyelik fonksyonu görülmektedir.

$$A = \int_{\mathbb{R}} \frac{1}{1+x^2} x, \quad \mu_A(x) = \frac{1}{1+x^2} \quad (7)$$

Sonlu bir bulanık kümenin klasik gösterimi ise, bütün $(x, \mu_A(x))$ parçalarını bir G temel kümesi ile tanımlamaktır. Eşitlik 8' de bu durum görülmektedir.

$$A = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n))\} \quad (8)$$

Bu ifadeyi bir örnekle gösterirsek, $G = \{37, 38, 39, 40, 41, 42\}$ olmak üzere vücut ısı dereceleri temel kümesi olsun. G temel kümesi üzerinde bir Yüksek Ateş bulanık kümesi şöyle tanımlanabilir.

$$\text{Yüksek Ateş} = \{(39;0.5), (40;0.8), (41;1), (42;1)\} \quad (9)$$

Eşitlik 9' dan, temel kümenin 37 ve 38 elemanlarının bulanık kümedeki değerlerinin 0 olduğu anlaşılır.

Sonlu bulanık kümenin vektör gösterimi ise ilk defa A. Kaufmann tarafından 1975' te ortaya atılmıştır (2-11). Bu gösterimde, bulanık küme değerleri, temel küme elemanlarının üzerine yazılmaktadır.

2.1.3 Konsantrasyon, Dilatasyon

$\mu_A(x) \in [0;1]$ Şeklinde tanımlanan bir üyelik derecesi fonksiyonunu, n bir tamsayı olmak üzere, n ile kuvvetini alarak genişletmek veya kök değerini alarak yoğunlaştırmak mümkündür. Böylelikle tanımlı olan üyelik derecesi kümesini türetmek ve yeniden belirlemek kolaylaşır.

Tanım : G temel kümesi üzerinde tanımlanmış bir A kümesi $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in G\}$ olmak üzere, konsantrasyon operatörü :

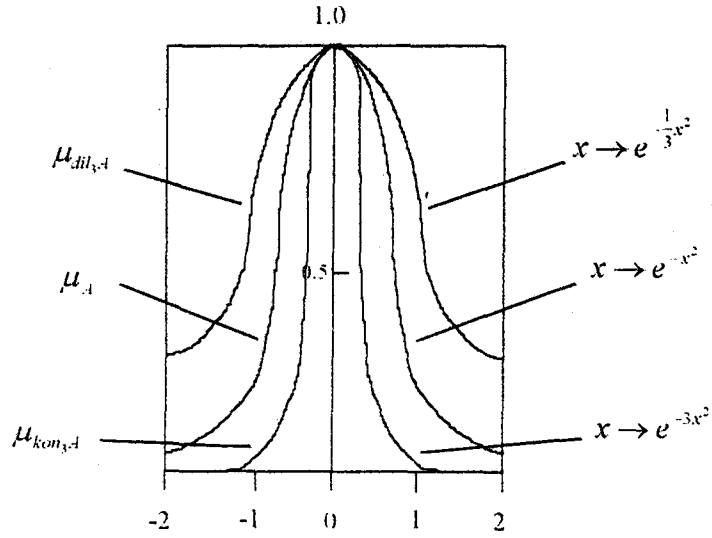
$$kon_n A = \{(x, [\mu_A(x)]^n) | x \in G\} \quad (10)$$

olarak tanımlanır. Benzer şekilde dilatasyon operatörü de ;

$$dil_n = \{(x, \sqrt[n]{\mu_A(x)}) | x \in G\} \quad (11)$$

olarak tanımlanır.

Şekil 2.6' da $n = 3$ için konsantrasyon ve dilatasyon operatörleri ile sırasıyla önce genişletilmiş ve sonra yoğunlaştırılmış, $G = [-2;2]$ aralığında tanımlı bir $\mu_A(x) = e^{-x^2}$ üyelik derecesi fonksiyonu görülmektedir.



Şekil 2.6 : $\mu_A(x) = e^{-x^2}$ olmak üzere $n=3$ için konsantrasyon ve dilatasyon operatörleri

Konsantrasyon ve dilatasyon operatörleri ile, tanımlanan bir tek üyelik derecesi fonksyonu kullanılarak, farklı durumları ifade etmek de mümkün olmaktadır. Bu durumu bir A olayı çerçevesinde, aşağıdaki şekilde göstermek mümkündür :

A	$= \int \frac{\mu_A(x)}{x}$
çok A	$= \int \frac{[\mu_A(x)]^2}{x}$
çok daha fazla A	$= \int \frac{[\mu_A(x)]^4}{x}$
biraz A	$= \int \frac{\sqrt{\mu_A(x)}}{x}$
birazcık A	$= \int \frac{\sqrt[4]{\mu_A(x)}}{x}$
A' nın değili (invers)	$= \int \frac{1 - \mu_A(x)}{x}$
çok A' nın değili	$= \int \frac{1 - [\mu_A(x)]^2}{x}$

Bulanık kümelerde bileşim ve keşim işlemlerini ifade etmek mümkündür. Bu işlem için operatör tanımlamak mümkündür. Buna göre ;

Tanım : Minimum operatörü olarak isimlendirilen ve $a, b \in [0;1]$ olmak üzere gerçekte sayılar üzerinde aşağıdaki gibi tanımlanabilen bir işlem şöyledir ;

$$\min(a, b) = \begin{cases} a, a \leq b \\ b, \text{diğer} \end{cases} \quad (12)$$

Benzer şekilde maksimum operatörü olarak isimlendirilen ve $a, b \in [0;1]$ olmak üzere gerçekte sayılar üzerinde aşağıdaki gibi tanımlanabilen bir işlem şöyledir ;

$$\text{maks}(a, b) = \begin{cases} a, a \geq b \\ b, \text{diğer} \end{cases} \quad (13)$$

Tanımlanan min ve maks operatörleri ile bulanık kümeler için sırasıyla kesişim \cap ve bileşim \cup işlemlerini ifade etmek mümkündür. Ayrıca komplement işlemi de tanımlanabilir :

Tanım : Komplement olarak isimlendirilen ve $a, b \in [0;1]$ olmak üzere gerçekte sayılar üzerinde aşağıdaki gibi tanımlanan bir işlem şöyledir :

$$\bar{a} = a' = 1 - a \quad (14)$$

Tanımlanan komplement operatörünü bulanık kümelere aynı şekilde uygulamak mümkündür.

Tanımları yapılan min, maks ve komplement operatörleri için etkisiz eleman, komütatiflik, asosyatiflik, monotonî özelliği, idempotenz özelliği, dağılma (distribütiflik), soğurma (absorbsiyon), komplement, çift komplement özellikleri de tanımlanabilir, ayrıca De-Morgan kuralı da bu operatörlere uygulanabilir.

Tanımlanan bu operatörler, bulanık kümelerde kullanılan en temel operatörler ve ifadelerdir. Bunun yanında daha bir çok özel operatör, tanım ve ifade vardır. Bunların arasında t ve s normlarını, cebirsel (algebraic), sınırlı (bounded), kaba

(drastic) çarpım ve toplam operatörlerini saymak mümkündür. Ayrıca belirli operatör çiftleri ile tanımlanan özel operatörler de mevcuttur. Hamacher operatörü (1978), Yager operatörü (1980), Weber operatörü (1982), Dubois - Prade operatörü (1980), Frank operatörü (1979), Schweitzer - Sklar operatörü (1961) ve Dombi operatörü (1982) bu tip operatörlerdir.

Buraya kadar, bulanık mantığın temel kavramları üzerinde durulmuştur. Bundan sonraki bölümlerde yapılan çalışmalar üzerinde durulacak ve sonuçlar tartışılacaktır.



BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK KULLANILARAK YAPILAN UYGULAMALAR VE MODEL ARABANIN SEYİR KONTROLÜ İÇİN KULLANILAN CİHAZLAR

Bulanık mantık teorisi ortaya atıldığından beri bir çok araştırma ve uygulama yapılmıştır. Tüm bu uygulama çalışmaları, uzun deney süreçleri sonunda kullanıma açılmıştır. Özellikle 1990'lı yıllarda Japonya' da bulanık mantık kullanımında yaşanan patlama ile en basit su ısıtıcısına kadar her alanda bulanık mantık kontrol kullanılmaya başlanmıştır.

Yapılan incelemelerde, bulanık mantığın daha çok elektrik motorlarının kontrolleri için kullanıldığı görülmüştür (Kung and Liaw 1994), (Bkz. Kaynaklar). Bunun en büyük sebebi olarak, otomatik kontrol uygulamalarında, son denetim ögesinin genellikle elektrik motoru kumandalı bir cihaz olması görülebilir. Bunun yanında, elektrik motorunu kontrol eden sistemi de kapsayacak şekilde, bütün sistemin çalışmasını kontrol etmek için tasarlanan daha büyük ölçekli bulanık mantık kontrol sistemlerini görmek de mümkündür (Layne and Passino 1993).

Bulanık mantık kullanılarak yapılmış en etkileyici uygulamalardan biri olarak araç seyir kontrol sistemlerini görebiliriz [8]. Örnek olarak gösterilen çalışmada, bir Toyota marka Celica model test aracının seyri, özel olarak tasarlanan bir bulanık mantık kontrolör ile denetlenmiştir. Yapılan çalışmada aracın hızı 30 ile 60 km/s hızlar arasında tutulmuş ve operatör tarafından belirlenmiştir. Bulanık mantık kontrolör, yolun sağa veya sola dönüşüne göre sadece test aracının ön tekerleklerini yönlendirmektedir. Aracın ön tekerlekleri için özel olarak tasarlanmış hidrolik valfler kullanılmış ve bu sistem bir hareketlendirici (actuator) ile desteklenmiştir. Yolun değişimine göre tekerleklerin yönü kontrol mekanizması tarafından değiştirilmiştir. Bu çalışmada ön tekerleklerin alması gereken konum (set noktası) dinamik bir değerdir. Bu değer, aracın hızı, aracın yolun kenarına olan uzaklığı, (yukarıdan bakılmak şartıyla iki boyutlu düzlemde) o anda yolun sağa veya sola olan anlık eğriliğinin (türevinin) yatay ile yaptığı açı, aracın yaptığı anlık hareketin (aracın

hareket doğrultusunun türevinin) yatay ile yaptığı açđ ve yolun dönüşünün eğrilik yarıçapđ parametrelerine göre hesaplanarak belirlenmektedir.

Bu çalışmada model araba, kontrol edilebilen herhangi bir hareketli aracın benzetimi amacıyla kullanılmıştır. Model arabanın seyir kontrolünün sağlanabilmesi için çeşitli araçlar ve yöntemler kullanılmış, devreler geliştirilmiştir. Bunları şöyle sıralamak mümkündür :

- Bilgisayar ve programlama dili
- Bilgisayar için endüstriyel giriş / çıkış kartı
- Bulanık mantık işlemcisi içeren kontrol kartı
- Model araba
- Tampon devre
- Duyum ötesi ses dalgaları ile uzaklık ölçen sezici

3.1 Bilgisayar ve Programlama Dili

Kontrol işleminin yapıldığı, verilerin toplanıp değerlendirildiği birim olan bilgisayar, *Intel® 80486 DX 33* kod numaralı mikroişlemciye ve 4 MB RAM belleğe sahiptir. Model arabanın seyir kontrolü, bulanık mantık kontrol tekniği ile karşılaştırılmak üzere başka kontrol teknikleri ile de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda bilgisayar üzerinde *Borland International Inc.* tarafından geliştirilen *Turbo Pascal Sürüm 7.0* kullanılmıştır. Bu programlama dili ile, endüstriyel giriş / çıkış kartından alınan veriler değerlendirilmiş, PID ve açık - kapalı denetim kuramlarına göre çıkış verileri oluşturulacak şekilde programlar hazırlanmıştır.

Bulanık mantık işlemcili kontrol kartının kullanımında ise, yine aynı kuruluş tarafından geliştirilen C dili kullanılmıştır. Bulanık mantık işlemcisinin komutları ve bazı özel yordamları bu dil ile tanımlandığı için C dili kullanılmıştır.

3.2 Bilgisayar İçin Endüstriyel Giriş / Çıkış Kartı

Model arabanın seyir kontrolü için, arabanın konumu gibi verilerin bilgisayara girilmesi gerekmektedir. Bu amaçla bir adet endüstriyel giriş / çıkış kartı kullanılmıştır. Bu kart, 8 bit analog / sayısal dönüştürücü, 8 bit sayısal / analog dönüştürücü ve 8255 PIA tümdevresi içermektedir. Kart ile, 8255 tümdevresinin özelliği olarak, saniyede 18.2 defa örnekleme yapmak mümkün olmaktadır. Bunun dışında meydana gelen gecikmeler, büyük oranda hazırlanan kontrol programının gerekli algoritmaları işletmesinden kaynaklanmaktadır.

3.3 Bulanık Mantık İşlemcisi İçeren Kontrol Kartı

Model arabanın seyir kontrolünün bulanık mantık kullanılarak yapılması için iki yol vardır : Bir program yazarak bulanık mantık işlemlerinin bu programa yaptırılması veya bulanık mantık işlemleri yapabilen bir mikroişlemci kullanılması. Bu çalışmada ikinci yol tercih edilmiştir. Bu amaçla, bir adet bulanık mantık işlemcisi ve bir adet de bu işlemcinin çalışabilmesi için, işlemciye özgü tasarlanmış kontrol kartı satın alınmıştır. Bulanık mantık işlemcisi, bu kart ile çalışmaktadır ve bu sayede en yüksek verim alınmaktadır.

Bulanık mantık işlemlerinin bir program yazılarak yapılması yerine bulanık mantık işlemcili kontrol kartı kullanılmasının en önemli nedeni : algoritma problemdir. Çünkü her programcı, bilgisayara bir işi yaptırmak için farklı yordamlar, farklı algoritmalar tasarlar. Bu durumda, bulanık mantık işlemlerin yapılması işi uzun algoritmalar kullanılarak yapılacak ve model arabanın gerçek zamanda kontrolü işlemi büyük ölçüde gerçekleştirilemeyecektir. Fakat bulanık mantık işlemcisi ve üzerinde kullanıldığı kontrol kartı, donanım olarak da bulanık mantık işlemleri için tasarlandığından, model arabanın kontrolünde istenilen gerçek zamanda kontrol yakalanabilecektir.

Bulanık mantık işlemcili kontrol kartı, model arabanın konum bilgisi gibi bazı verileri doğrudan alacak giriş / çıkış birimine sahip değildir. Bu yüzden ilave olarak bir endüstriyel giriş / çıkış kartı kullanılmıştır. Böylece model arabanın verileri önce endüstriyel giriş / çıkış kartı üzerinden bilgisayara girilmekte, daha sonra değerlendirilmek üzere kontrol kartına aktarılmaktadır. Üretilen sonuç değerleri de önce karttan bilgisayara ve oradan da endüstriyel giriş / çıkış kartı üzerinden gerekli birimlere ulaştırılmaktadır.

3.4 Model Araba

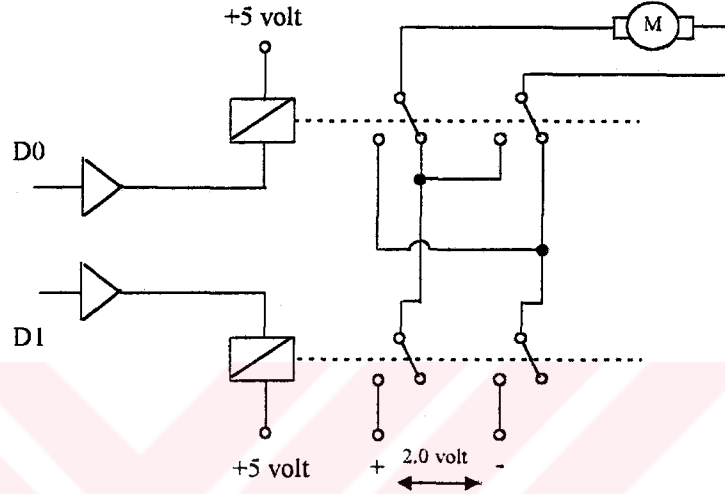
Genel olarak hareketli bir aracın benzetimi amacıyla bir model araba kullanılmıştır. Bu model araba, 35 cm. uzunlukta, 17 cm. genişlikte olup iki adet elektrik motoruna sahiptir. Birinci motor arabanın ileri - geri hareket etmesini sağlamakta ve doğrudan sağ - arka tekerleğe kumanda etmektedir. İkinci motor ise ön tekerleklere etki etmekte ve öntekerleklerin sağa - sola dönmelerini sağlamaktadır. Motorlar doğru akım motorlarıdır. Normal şartlarda A standardında 3 adet 1.5 voltluk pil ile çalışmaktadırlar. Fakat bu çalışmada motorlar, bir enerji kaynağından beslenerek gerilim ayarı ile istenilen devir sayısında döndürülmüşlerdir. Bu sayede, model arabanın hızlı veya yavaş gitmesi, ön tekerleklerini hızlı veya yavaş döndürmesi sağlanabilmiştir.

3.5 Tampon Devre

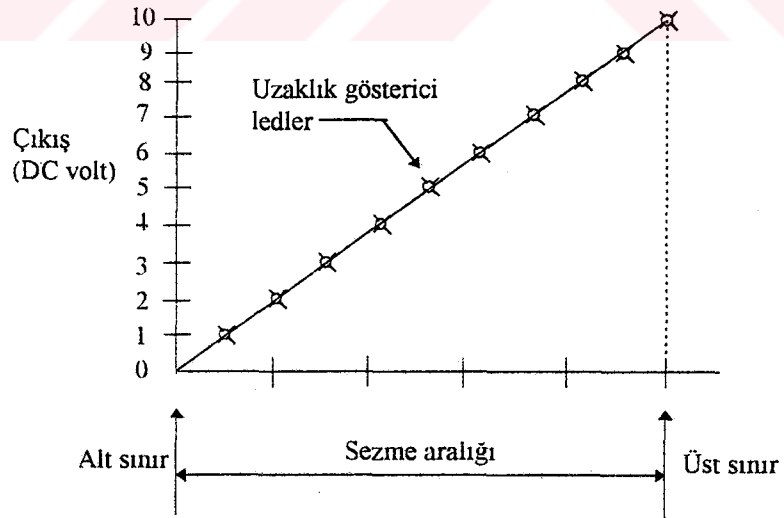
Kontrol sürecinde oluşturulan sonuç verisi, endüstriyel giriş / çıkış kartı üzerinden model arabanın ön tekerleklerine kumanda eden elektrik motoruna uygulanmıştır. Fakat bu aşamada karşılaşılan problem ; bu elektrik motorunu sürebilmel için yaklaşık 1 amper mertebesinde akım gerekmesidir. Kullanılan endüstriyel giriş / çıkış kartından kesinlikle bu derece yüksek bir çıkış akımı elde edilememektedir. Bu durumda motor, başka bir akım - gerilim kaynağından beslenmiş ve uygulanacak gerilimin değeri de,

kontrol işlemi sonucunda oluşturulan değerle doğru orantılı olacak şekilde, bir tampon devre aracılığı ile belirlenmiştir.

Tampon devre, kontrol süreci sonunda oluşturulan sonuç verisinin ön tekerleklere kumanda eden elektrik motoruna ulaştırılması için tasarlanmıştır.



Şekil 3.1 : Hazırlanan tampon devre



Şekil 3.2 : Sezici üzerindeki, uzaklık gösterici ledler

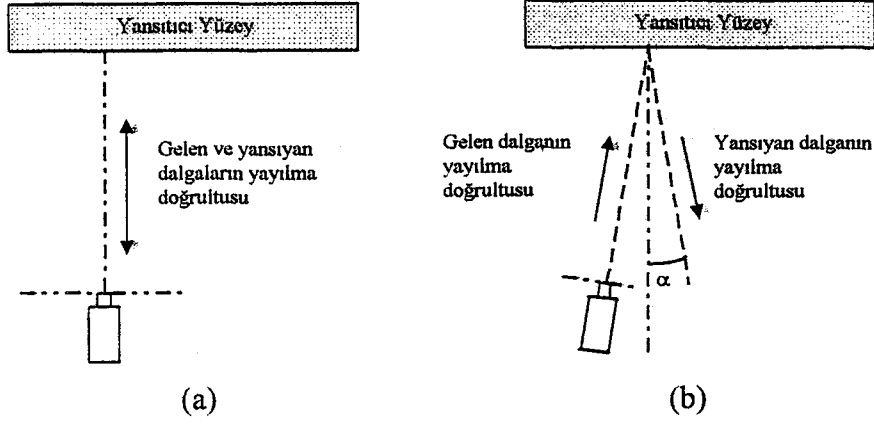
3.6 Duyum Ötesi Ses Dalgaları İle Uzaklık Ölçen Sezici

Model arabanın, deney için belirlenen yolun kenarına olan uzaklığını ölçmek amacıyla bu sezici kullanılmıştır. Sezici, 220 volt şebeke gerilimi ile beslenmektedir ve 5 cm. ile 75 cm. arasında uzaklıkları ölçmektedir. Ölçüm işlemi, duyum ötesi ses dalgaları ile yapılmakta ve uzaklığa göre seziciden 0 ile 10 volt arasında (veya 0 ile -10 volt arasında) bir gerilim alınmaktadır. 0 volt en küçük ölçülen uzaklığa, 10 volt ise en büyük ölçülen uzaklığa karşı gelmektedir. Analog gerilim olarak alınan bu uzaklık bilgisi değerlendirilmek üzere bilgisayara, endüstriyel giriş / çıkış kartına gönderilmektedir. Sezicinin üzerinde, ölçülen uzaklıkla doğru orantılı olarak yanan 10 adet led bulunmaktadır. Bu ledler yardımıyla da ölçülen uzaklığı o anda görmek mümkündür. Şekil 3.2, ledlerin uzaklıkla doğru orantılı olarak yanmaları durumunu göstermektedir.

3.6.1 Duyum Ötesi Ses Dalgalarıyla Algılamamanın Temel Teorisi

Duyum ötesi sesler; insan kulağının duyamadığı yüksek frekanslı seslerdir. Duyum ötesi ses dalgalarını üretmenin yollarından biri; piezoelektrik dönüştürücüler kullanmaktır. Piezoelektrik dönüştürücüler bir elektronik devre ile kullanılırlar ve üzerlerine alternatif gerilim uygulandığında büzülme ve gevşeme hareketi yaparlar. Böylece önlerindeki hava moleküllerinin titreşimine sebep olurlar ve havada duyum ötesi ses dalgaları oluşur.

Duyum ötesi dönüştürücüler sürekli dalga üretme modunda kullanılmazlar. Açık / Kapalı çalışma olarak adlandırılan bu yöntemde dönüştürücüye gerilim uygulandığında ses dalgası yayılır. Bu mod açık moddur. Hemen arkasından kapalı mod uygulanır ve dönüştürücüye gerilim uygulanmaz, dönüştürücü dinlemede kalarak önündeki engelden yansiyarak gelen ses dalgasını alır. Böylece duyum ötesi ses kullanılarak bir engelin varlığı test edilmiş olur.



- Şekil 3.3.** a) Yansıtıcı yüzeye gelen ve yansıyan ses dalgalarının yayılma doğrultularının aynı ve sezici yüzeyine dik olması durumu
 b) Yansıtıcı yüzeye gelen ve yansıyan ses dalgalarının yayılma doğrultularının arasında 2α derece kadar açı olması ve sezicinin yansıyan dalgaları alamaması durumu

3.6.2 Duyum Ötesi Ses Dalgaların Karakteristiği

Duyum ötesi sesin yoğunluğu ses kaynağına olan uzaklığın karesi ile orantılı olarak azalır. Örneğin : duyum ötesi ses kaynağından 1 cm. uzaklıkta ses yoğunluğu 1 birim ise, 3 cm. uzaklıkta ses yoğunluğu $\frac{1}{9}$ birim olacaktır. Eğer bu dalgalar bir engelden yansılırsa ses yoğunluğu yine uzaklığın karesi ile azalacaktır.

Duyum ötesi dalgalar algılanan cismin boyutlarından, yoğunluğundan, konumundan, yüzey yapısından v.b. etkilenir. Örneğin algılanan nesne, moleküler özellikleri bakımından duyum ötesi ses dalgalarını soğurabilir. Su ve benzeri sıvılar, köpük gibi malzemelerden daha yoğundur ve duyum ötesi ses dalgalarını daha iyi yansıtırlar.

Ortam ve çevre koşulları da duyum ötesi ses dalgalarına etki ederler. Ses hızı ortam sıcaklığı ile değişir. Sezici ortamdaki diğer ses kaynaklarından etkilenebilir. Ortam nemi de uzaklığın ölçülmesini etkileyen faktörlerdendir. Nemin en yüksek seviyelerde olması, ses hızının yaklaşık % 2 oranında artmasına neden olur. Atmosferik basınç

da ölçüm üzerinde etkilidir. Hava basıncında meydana gelecek % 5' lik bir artma, ses hızını % 6 oranında arttırır. Sezici yüzeyinde oluşacak çeşitli yoğunlaşmalar ve kirlenmeler de sezme işlemini güçleştirir.

Sezici, yansıyan ses dalgalarını kullanarak ölçüm yapmaktadır. Dolayısıyla sezicinin yüzeyi, daima yansıyan dalganın ilerleme doğrultusuna dik olmalıdır. Fakat idealde istenen bu durum her zaman sağlanamaz. Sezicinin yansıyan dalgaları alabilmesi için belirli bir tolerans açısı bırakılmıştır. Bu çalışmada kullanılan sezicinin tolerans açısı yaklaşık olarak 10° kadardır. Yani sezici 10° den daha fazla sağa veya sola döndürülürse, yansıyan ses dalgalarını alamamaktadır. Bu durumda sezici, en büyük ölçme değerinden daha uzak mesafeler ölçmeye çalışıldığında verdiği gibi sabit 10 volt çıkış vermektedir. Şekil 3.3 bu durumu göstermektedir.



BÖLÜM 4. MODEL ARABANIN SEYİR KONTROLÜ VE DİĞER KONTROL TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI

Model arabanın seyir kontrolü için yapılacak deneyde, öncelikle yolun belirlenmesi üzerinde durulmuştur. Ayrıca yol üzerinde hareket eden arabanın yolun neresinde olduğunun veya başka bir deyişle yolun hangi tarafa doğru ne kadar dönüş yaptığının, kontrol işlemlerini yapacak birime, yani bilgisayara iletilmesi ve bunun için model arabanın konum bilgisinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla değişik yöntemler uygulanabilir. Bu yöntemleri şöyle sıralamak mümkündür :

4.1 Model Arabanın Yol zerindeki Konum Bilgisinin Elde Edilmesi İçin Kullanılabilecek Bazı Yöntemler

Yöntem 1 : Deney için belirlenen yol boyunca, yolun altına bir tel kablo yerleştirilir. Bu kablo üzerine, yaklaşık 20 cm. yakınında etkili bir manyetik alan oluşturabilecek şekilde dalgalı akım verilir. Model arabanın önüne, sağ ve sol iki ucuna, manyetik alanın büyüklüğünü sezen alıcılar yerleştirilir. Her iki alıcıdan da eşit miktarda işaret gelmesi durumunda, arabanın yolun ortasında olduğu anlaşılır. Eğer herhangi bir alıcıdan gelen işaretle artma ya da azalma görülürse, model arabanın seyir halinde iken hangi tarafa kaydığı anlaşılır. Örneğin ; sağ ön taraftaki alıcıdan daha kuvvetli işaretler alınıyorsa -ki aynı zamanda sol ön taraftaki alıcıdan gelen işaretler de zayıflayacaktır- model araba seyir halinde sola doğru kayıyor demektir.

Bu yöntem uygun bir yöntem olmakla beraber, yol boyunca bir tel kablo döşenmesi zorunluluğu ve iki adet sezici ile çalışması gerekliliği açısından deneyi zorlaştırmaktadır. Her iki sezicinin de kalibrasyonu, birbirlerine uygun olmalarının sağlanması gerekmektedir. Ayrıca bu tür sezicilerin pahalılığı da bu yöntemin deney amaçlı uygulanmasında zorluk oluşturmaktadır. Fakat bu yöntem, fabrika ortamında rahatlıkla uygulanabilir ve hassas çalışmaya daha elverişlidir.

Yöntem 2 : Model arabanın önüne, yolu aydınlatacak şekilde bir ışık kaynağı yerleştirilir. Bu ışık kaynağının yanına da bir dizi (10 veya 15 adet) foto diyot içeren bir devre, foto diyotlar yolu görecek şekilde yerleştirilir. Yol olarak belirlenen güzergah üzerine ise, tam ortaya gelecek şekilde yol boyunca, ışığı yansıtacak bir malzeme (örneğin alüminyum folyodan kesilmiş şerit) yerleştirilir. Böylece parlak malzemeden yansıyan ışık, bir veya birkaç diyot tarafından seziyecektir. Eğer sağ taraftaki diyotlar daha çok aktif oluyorsa model arabanın yolun sol kenarına yaklaştığı, tersi durumda ise model arabanın yolun sağ kenarına doğru yaklaştığı anlaşılacaktır.

Bu yöntem, uygulanabilirlik ve masraf açısından 1. yöntemden daha iyidir. Fakat ışığa karşı duyarlı olan foto diyotların, ortam şartlarının değişimiyle -örneğin ortamdaki ışığın artmasıyla- sezme özellikleri azalacaktır. Ayrıca zeminden farklı açılarda yansıtacak ışık demetleri de araba konumunun yanlış belirlenmesine sebep olacaktır.

Yukarıda anlatılan iki yöntemin en zayıf yanları ise, her ikisinde de model arabanın seyredeceği yolun önceden belirlenmiş olmasını gerektirmesidir. Bu durum fabrikalarda veya üretim tesislerinde çalışan taşıyıcılar için önemli değildir. Fakat yolun sürekli değiştiği durumlarda bu ve benzeri yaklaşımları kullanan yöntemlerin kullanılamayacakları görülmektedir. Bu durumda aşağıdaki yöntem düşünülmüştür :

Yöntem 3 : Bu yöntemde model arabanın yol üzerindeki konumu, arabanın yolun kenarına olan uzaklığının ölçülmesi ile belirlenmektedir. Bu amaçla duyum ötesi ses dalgaları ile uzaklık ölçen sezici kullanılmıştır. Sezici hakkında ayrıntılı bilgi 3. bölümde anlatılmıştır. Sezici, model arabanın sağ yanına, arabanın yolun sağ kenarına olan uzaklığını ölçecek şekilde sabitlenmiştir. Yolun sağ kenarına ise yaklaşık 10 cm. yüksekliğinde bir karton duvar yerleştirilmiştir. Böylece model arabanın, seyir halindeyken yolun sağına veya soluna yaklaştığı yada yolun sağa veya sola döndüğü anlaşılacaktır.

Hareketli bir aracın yol üzerindeki konumunun belirlenmesi için görüntü işleme tekniklerinden de yararlanmak mümkündür. Örneğin karayollarında seyreden bir

otomobilin, yolun neresinde olduğu, bir kameradan alınan yol görüntüsünün sayısal işaret işleme teknikleri kullanılarak analiz edilmesi ile de belirlenebilir. Bu işlem için yolun siyah - beyaz görüntüsü üzerinde, yolun gri rengi ile yoldaki şeritleri belirleyen beyaz çizgiler arasındaki kontrast farkı değerlendirilebilir. Bu kontrast farkına göre yol üzerindeki beyaz şeritlerin arabaya göre konumu, ve buradan da arabanın yol üzerindeki konumu belirlenebilir. Benzer şekilde görüntü analizi ile çalışan çeşitli sistemler mevcuttur. Buna en güzel örnek olarak askeri amaçla kullanılan maverick güdümlü roketleri gösterilebilir. Burada kullanılan güdüm sistemi, gri ve grinin tonlarını ayırd edebilecek şekilde tasarlanmış olup bu sayede hedef tayini yapabilmektedir. Son yıllarda bu sistem için renkli görüntü işleme tekniklerinin de uygulandığı bilinmektedir.

Buraya kadar anlatılan yöntemler ile yapılan çalışmanın gerçek hayata uygulanmasının mümkün olduğu görülmektedir.

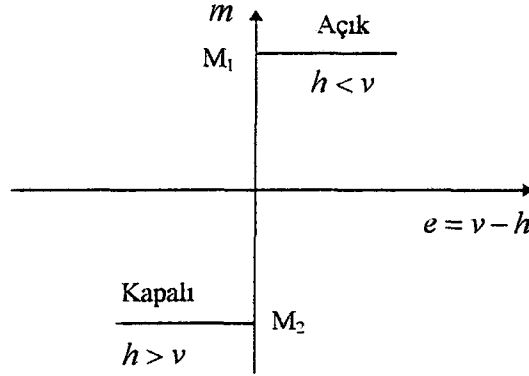
4.2 Model Arabanın Seyir Kontrolü İçin Kullanılan Diğer Kontrol Teknikleri

Bu çalışmada model arabanın seyir kontrolü için bulanık mantıktan başka açık - kapalı kontrol ve PID kontrol teknikleri de kullanılmıştır. Bu yöntemler ve sonuçları şu şekildedir.

4.2.1 Model Arabanın Açık - Kapalı Kontrol Tekniğı İle Seyir Kontrolü

Açık - kapalı kontrol (on - off kontrol), iki konumlu veya iki basamaklı denetim olarak da adlandırılır. Bu denetim sıfır band genişlikli oransal denetimin özel bir durumudur. Endüstriyel uygulamalarda ve evlerimizde kullandığımız aletlerde (çamaşır makinesi, ısıtıcı v.b.) çok sık kullanılır. Denetlenen değişkenin istenen değerden büyük yada küçük olmasına bağlı olarak işlemlenen değişken belirlenen en büyük ve en küçük değerler arasında hızlı bir şekilde değişir. Selenoid valflerin çalışması bu şekildedir.

Bu denetim tipi süreksiz ve doğrusal olmayan bir denetimdir. Şekil 4.1, açık - kapalı denetime göre çalışan bir denetlecin iki konumlu hareketini göstermektedir.



Şekil 4.1 : Açık - kapalı denetlecin iki konumlu hareketi

İki konumlu denetimin matematiksel eşitliği ;

$$m = \begin{cases} M_1, e > 0 \\ M_2, e < 0 \end{cases} \quad (4.1)$$

şeklindedir. Burada,

m ; işlemlenen değişken

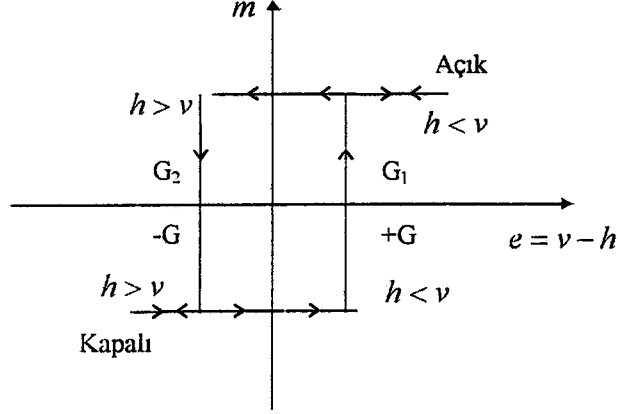
M_1 ; işlemlenen değişkenin en büyük değeri (açık konum)

M_2 ; işlemlenen değişkenin en küçük değeri (kapalı konum)

e ; sapma, hata

anlamındadır. Pratikte endüstride kullanılan sistemlerde, ideal açık - kapalı denetim sistemi uygulanmamaktadır. Eğer sistem bu şekilde tek noktadan geçişli olursa, süreçte meydana gelen bozucu etkenler ve endüstriyel şartlarda elektrik şebekesinde meydana gelebilecek dalgalanmalar gibi sebebler ile sistem ayar noktası etrafında salınımına geçer. Bu durumda, ayar noktasının çok yakınında sürekli atlamalar olacaktır. Bu da özellikle son kontrol ekipmanlarının çabuk deforme olmalarına ve bozulmalarına yol açacaktır. Bunu önlemek için ayar değeri civarına ayırıcı boşluk (ölü bölge, histeresiz, sabit band) eklenir. Böylece denetleç ayar noktasının belirli bir

miktar ötesine geçinceye kadar, bir önceki konum korunur. Bu durum şekil 4.2' de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : Açık - kapalı denetlecin iki konumlu ve sabit bandlı hareketi

Şekil 4.2' de görüldüğü gibi,

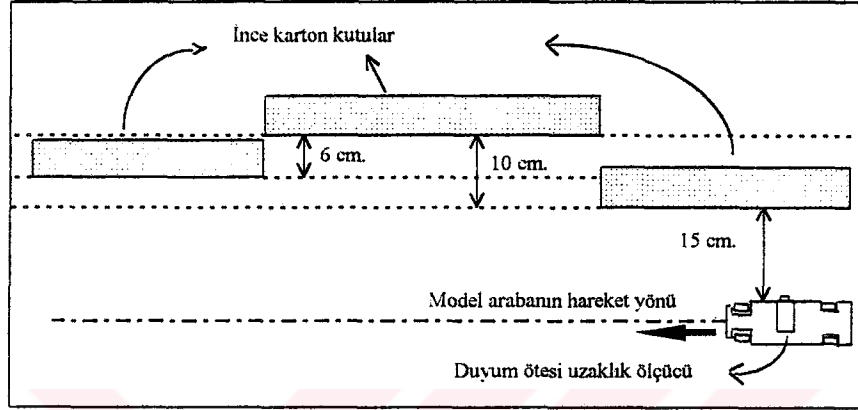
$$\text{sabit band} = 2G = |G_1| + |G_2| \quad (4.2)$$

olmaktadır.

Model arabanın seyri için açık - kapalı kontrolün kullanılması, yukarıda anlatılan temel teoriden de görüldüğü üzere kesinlikle verimli olmayacaktır. Çünkü sistem, ortam şartları ne olursa olsun salınımına gidecektir. Fakat burada amaç, en düşük denetim kipinden başlayarak hassasiyetin nasıl arttığının yapılan uygulama ile gösterilmesidir.

Model arabanın hareketinin kontrolü işlemi, daha önce bölüm 3.5' te anlatılan tampon devre aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bu tampon devre, model arabanın ön tekerleklerine kumanda eden elektrik motorunu sürmek amacıyla kullanılmıştır. Model arabanın ön tekerleklerinin konumunu belirleyen özel bir sezici kullanılmadığından, tekerleklerin açık - kapalı denetime uygun olarak iki konumu belirlenmiştir. Birinci konum, ön tekerleğin motoruna 2.0 voltluk gerilim uygulanması ile tekerleğin 200 milisaniye boyunca sağa dönmesi ile oluşan, tekerleğin düz (ilerleme yönüne paralel) konumuyla sağa doğru belirli bir açı yapması durumudur. İkinci konum da birinci konum gibi aynı şartlar altında fakat motora 200 mili saniye -2.0 volt

gerilim uygulanması halinde tekerleğin düz konum ile sola doğru belirli bir açı yapması durumudur. Bu aşamada, tekerleğin düz konum ile yaptığı açı kesin olarak belirtilememektedir. Çünkü, besleme geriliminde oluşacak herhangi bir dalgalanma veya bilgisayarda, bilgisayarın yapısından kaynaklanabilecek herhangi bir sorunla

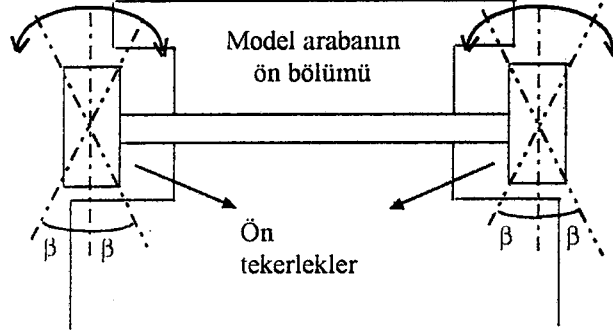


Şekil 4.3 : Model arabanın deney masası üzerinde hareketinin üstten görünüşü

(aygıt çekişmesi, ölü zamanın mikroişlemci tarafından değerlendirilerek araya otomatik olarak başka bir işlemin konulması gibi) karşılaşılması durumunda, motora 2.0 voltun 200 msn. süreyle her uygulandığında ön tekerlekler sağa veya sola eşit dereceli açılar yaparak dönmeyeceklerdir. Fakat burada oluşabilecek farklar ve hatalar, göz ardı edilebilecek değerlerdedir. Bu hatalar, yolda meydana gelebilecek sağa veya sola sapma hatalarına veya model arabanın ön tekerlek mekanizmasındaki mekanik boşluklardan kaynaklanan hatalara dahil edilebilir.

Model araba, yapılan deneylerde deney masasının üzerinde hareket ettirilmiştir. Şekil 4.3, deney masası üzerinde model arabanın hareketinin üstten görünüşünü açıklamaktadır. Burada önce yolun belirlenmesi gerekmektedir. Model arabanın kontrolünde, arabanın yol kenarına olan uzaklığı değerlendirileceği için, yolun belirlenmesi işlemi, yol kenarına konulan ince ve yüksek karton levhalar ile çözümlenmiştir. Bu levhaların yüzeyleri pürüzsüz ve düz olduğu için, duyum ötesi ses dalgalarının hatalı yansımaları olasılığı çok düşüktür.

Şekil 4.3' te görüldüğü gibi model araba sağdan sola doğru hareket etmektedir. Model arabanın yol kenarına olan uzaklığı 15 cm. olarak belirlenmiş ve bu uzaklığın hep 15 cm.' de kalması istenmektedir. Kontrol mekanizması araba hareket ettikçe, arabanın yol kenarına olan uzaklığının değişmesi ile ön tekerlekleri sağa veya sola çevirecektir. Burada karşılaşılan problem, bölüm 3.6.2' de bahsedilen ve şekil 3.3. a ve

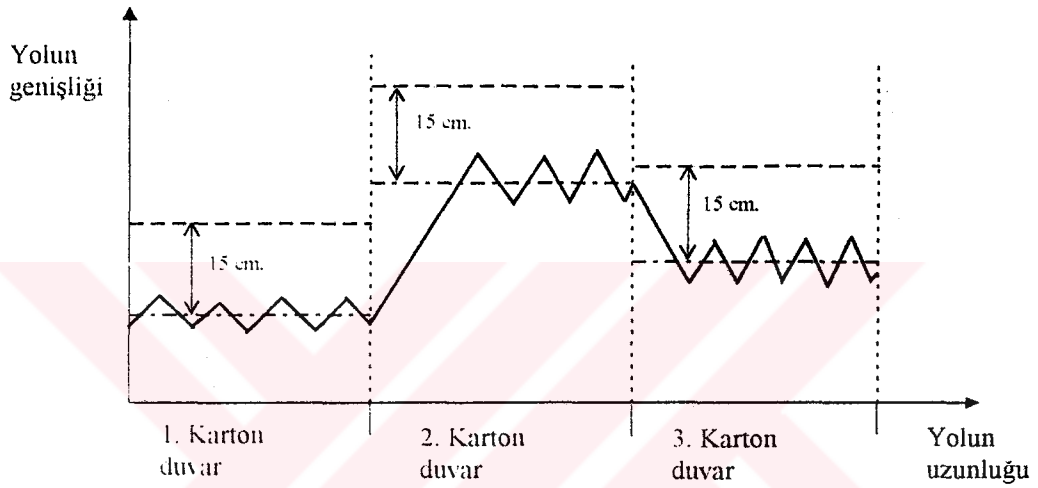


Şekil 4.4 : Ön tekerleklerin sağa ve sola doğru β açısı yaparak aldıkları konumlar

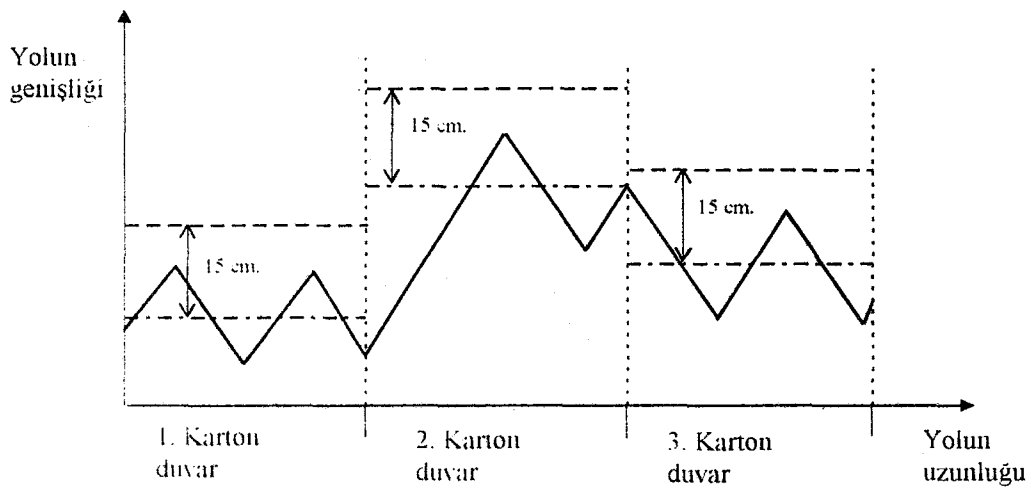
şekil 3.3.b ile açıklanan, sezicinin algılamayı sürdürmesi problemidir. Bu sebeple model arabanın ön tekerlekleri, sağa ve sola doğru sadece bir defa ve belirli bir miktar dönecek kadar ayarlanmıştır (ön tekerlek kumanda motoruna uygulanan 2.0 volt doğru gerilim altında 200 msn. süre ile dönme işlemi). Bu durumda ön tekerlekler şekil 4.4' te görüldüğü gibi yaklaşık $\beta=25-30$ derece kadar dönmektedir. Ön tekerleklerin dönmesine ilişkin belirlenen bu açılar, özellikle sezicinin sürekli algılama yapabilmesini sağlamak amacıyla ayarlanmıştır. Aksi halde sezici doğru algılama yapmamakta (sonsuz uzağı ölçme durumu) ve model araba belirlenen yoldan çıkmaktadır.

Yapılan deneylerde, bilgisayarda hazırlanan programda, önce ideal açık - kapalı denetim benzetimi yapılmış, daha sonra açık - kapalı denetime sabit band (histeresiz bandı) ilave edilerek deney tekrarlanmıştır. İlk deneyde elde edilen sonuçlara göre, model araba seyri için belirlenen yol üzerinde kesinlikle tam bir süreklilik içinde hareket etmemektedir. Süreli olarak ayar değeri etrafında atlamalar gözlenmekte, bu da herhangi bir anda model arabanın yol kenarına paralel olma ihtimalinin çok düşük olması anlamına gelmektedir. Şekil 4.5' de model arabanın, ideal açık - kapalı kontrol

uygulanması durumundaki seyri görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi model araba sürekli sağa veya sola dönmektedir. İdeal açık - kapalı kontrol, tampon devredeki röleleri sürekli olarak değiştirmekte, röleler çok sık olarak enerjilenmektedir. Bu durum tampon devre üzerindeki rölelerin de ömürlerini kısaltmaktadır. Çözüm olarak, ideal açık - kapalı kontrole sabit band eklenmesi önerilmektedir. Böylece ayar değerinden her geçişte röleler enerjilenmeyecek, rölelerin bir önceki konumları bir süre daha korunacaktır.



Şekil 4.5 : İdeal açık - kapalı kontrol sonucunda model arabanın seyri



Şekil 4.6 : İdeal açık - kapalı kontrole sabit band eklenmesi durumunda model arabanın seyri

Bu durumda model arabanın ayar noktası etrafındaki salınımı biraz daha fazla genlikli olacak ve röleler çok sık enerjilenmeyecekleri için kullanım ömürlerinde artış sağlanacaktır. Fakat şekil 4.6' dan da görüleceği gibi, model arabaya bu şekilde bir kontrol uygulandığında, araba, seyri sırasında ayar değeri olan karton duvardan 15 cm. uzaklık çizgisi etrafında geniş genlikli salınımlar yapmakta ve arabanın düz bir çizgi izlemesi olasılığı daha da azalmaktadır.

Uygulanan açık - kapalı kontrolün bu iki türünde de görüldüğü gibi, model arabanın seyri sürekli değildir. Arabanın ayar noktası etrafında devamlı salınımı söz konusudur. Bu yüzden model arabanın seyir kontrolü için açık - kapalı denetim kullanıldığında, sonuç olarak seyirde hassasiyet beklemek doğru olmayacaktır.

4.2.2 Model Arabanın PID Kontrol Tekniği İle Seyir Kontrolü

PID kelimesi, ingilizce oransal, integral ve türevsel kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. Oransal, integral ve türevsel denetimler, üçü bir arada kullanılabileceği gibi oransal - integral (PI) ve oransal - türevsel (PD) şeklinde ikili olarak da kullanılırlar.

Oransal denetim, hata (yada sapma) değeri $e(t)$ ile denetleç çıkışı $p(t)$ arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu bir denetim kipidir. Böylece denetlenen değişkenin davranışı tekrarlanarak yükseltilir ve son denetim ögesi bu işaret ile sürülür. Oransal denetimde hata ile denetleç arasındaki bağıntı,

$$p(t) = K_c e(t) + P_s \quad (4.3)$$

şeklindedir. Burada,

$p(t)$; denetleç çıkışı

$e(t)$; hata (=ayar noktası - ölçülen değer)

K_c ; oransal kazanç yada oransal duyarlılık

P_s ; sabit bir değer

olarak adlandırılır. Oransal kazanç terimi yerine genellikle endüstride oransal band terimi kullanılır.

Oransal denetimde K_c kazancı ne kadar arttırılırsa, dengelenme zamanı, yani sürecin alacağı son değerin % 98' ine ulaşması için geçen zaman, o kadar azalır. Fakat , K_c ' nin de alabileceği değerin bir üst sınırı vardır. Aksi halde sistem herhangi bir ölçme yada denetleme gecikmesinden kaynaklanabilecek aşırı salınımına sürüklenebilir.

Bir sistemin denetlenmesinde sadece oransal denetim kullanılıyorsa, sistemde yada diğer değişkenlerde meydana gelebilecek bir değişim sonucunda oransal denetim, sistemi tümüyle düzeltmeye ve denetlenen değişkenin değerini ayar noktasında tutmaya yeterli olmayacaktır. Bu durumu sonucunda, denetlenen değişkenin ayar noktasından saptığı miktara kayma adı verilir. Kaymanın değeri, sistemdeki yük değişikliğine ve oransal band ayarına bağlıdır. Kaymanın düzeltilmesi için, oransal bandın gerçek değeri değiştirilmeksizin, ayar noktası ile oransal bandın göreceli konumları değiştirilmelidir.

İntegral denetim ise otomatik geri dönüş denetimi olarak da adlandırılır. Genellikle akışkan akışı, sıvı seviyesi kontrolü ve basınç denetiminde kullanılır. Denetim denklemi

$$M(s) = \frac{1}{T_i s} E(s) = \frac{1}{T_i s} [V(s) - H(s)] \quad (4.4)$$

şeklindedir. Burada :

T_i ; integral denetlecin integral zamanı,

$E(s)$; denetlece giren hata değeri,

$V(s)$; sistem girişi,

$H(s)$; geri besleme değeridir.

İntegral denetim, sistemde bir değişiklik olduğu zaman sistemi ayar noktasına dönmeye zorlar. Burada T_i uygun sönümlenmeyi sağlayacak şekilde seçilmelidir. Sistem tepkesinin zaman sabiti, T_i düşürülerek azaltılır. T_i , genellikle sistemdeki diğer gecikmelerden ve zaman sabitlerinden dolayı aşırı küçük tutulamaz. İntegral denetim, sistemde kaymanın azaltılmasına veya yok edilmesine katkıda bulunur. Bu denetim kipi, süreçte az sayıda enerji saklama ünitesi bulunduğunda ancak etkili olur.

Kendinden ayarlamalı olmayan süreçlerde integral denetim kullanıldığında kararsızlık meydana gelebilir. Tek başına kullanıldığında çok küçük bir ölü zamanın bile sistemi sürekli veya artan genlikli bir salınma soktuğu görülür. Bu sebeple integral denetim tek başına kullanılmaz.

Oransal denetim ile integral denetim, oransal denetimin yapısından kaynaklanan kararlılık etkeni ve integral denetimin kaymayı önleyici etkisini birleştirmek amacıyla çoğunlukla beraber kullanılır. Oransal + integral denetim, en yaygın olarak kullanılan denetim kipidir. Denetim denklemi

$$M(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) E(s) \quad (4.5)$$

şeklindedir. Burada

$M(s)$; işlemlenen değişken

K_c ; oransal duyarlılık

T_i ; integral zamanı

$E(s)$; denetlece giren hata değeridir.

Oransal + integral denetimde oransal denetimin etkisi, başlangıç sapmasını azaltmaktır. Sistemdeki kayma, integral denetim sebebiyle sıfıra gider. Genelde oransal duyarlılığın çok yüksek değerlere ve integral zamanının çok küçük değerlere çekilmesi istenir. Fakat pratikte denetlenen sistemdeki diğer gecikmelerin varlığı bu durumu engeller. Oransal + integral denetim hemen hemen her sürece uygulanır. Sadece gaz basıncı

denetimi ve kritik olmayan sıvı seviyesi denetimlerinde kullanılmaz. Olası sınırlamalar, süreç birçok enerji saklama ögesine veya ölü zamana sahip olduğunda gereken aşırı kararlılık zamanına bağlıdır.

Türevsel denetim ise, fazla sayıda enerji saklama ünitesine ve ölü zamana sahip süreçlerin denetiminde kullanılır. Türevsel denetim de tek başına değil, genellikle oransal denetim ile beraber kullanılır.

Genel olarak türevsel + oransal denetimin denklemi,

$$M(s) = K_c(1 + T_d s)E(s) \quad (4.6)$$

şeklindedir. Burada,

T_d ; türev zamanıdır.

Türevsel denetim sayesinde, aşırı salınım olmaksızın kaymayı azaltmak amacıyla oransal duyarlılığın büyük tutulabilmesi mümkündür. İntegral denetim kaymayı azaltabilir. Fakat bazı durumlarda, oransal + türevsel denetim, kaymayı, integral denetimin kullanılmayacağı çok küçük bir değere indirgeyebilir.

Bazı durumlarda denetlenen sistem, çok hızlı bir şekilde ayar değerinden sapma gösterir. Bu durumda türevsel denetim sayesinde, süreçteki bu değişim sezilir ve denetlenen sistem ögesine, sürecin değişen bu durumuyla orantılı olarak tepki verilir. Yani türevsel denetim, hatanın hızıyla orantılı olacak şekilde sisteme kumanda eder. Bu yüzden bu denetime hız denetimi veya önceden sezici denetim denir ve T_d bazen ön eylem zamanı olarak da adlandırılır.

Oransal + integral + türevsel denetim (PID denetim), birçok enerji saklama ögesi içeren süreçlerin denetiminde çok etkilidir. Genellikle bu tür sistemlerin çözümlenmesi zordur. Bu yüzden gerçek deney sonuçları kullanılır. Genel denetim denklemi şöyledir.

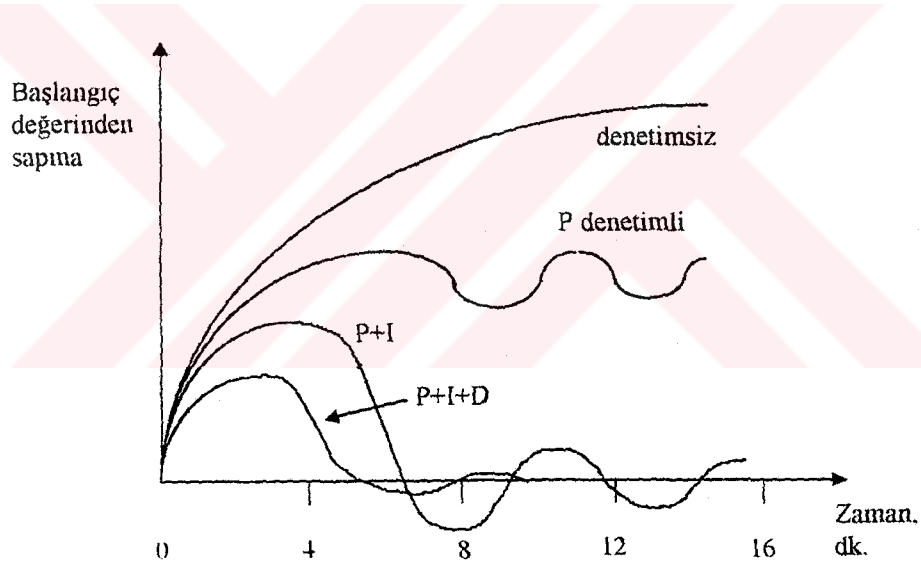
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (4.7)$$

Bir oransal + integral + türevsel denetlecin geçiş işlevi ise,

$$G(s) = K_c \left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (4.8)$$

şeklinindedir.

Yukarıda anlatılan bu üç denetim türünün denetim grafikleri, karşılaştırma yapılabilecek şekilde şekil 4.7' de görölmektedir. şekildeki bu eğriler, bozucu etkenin



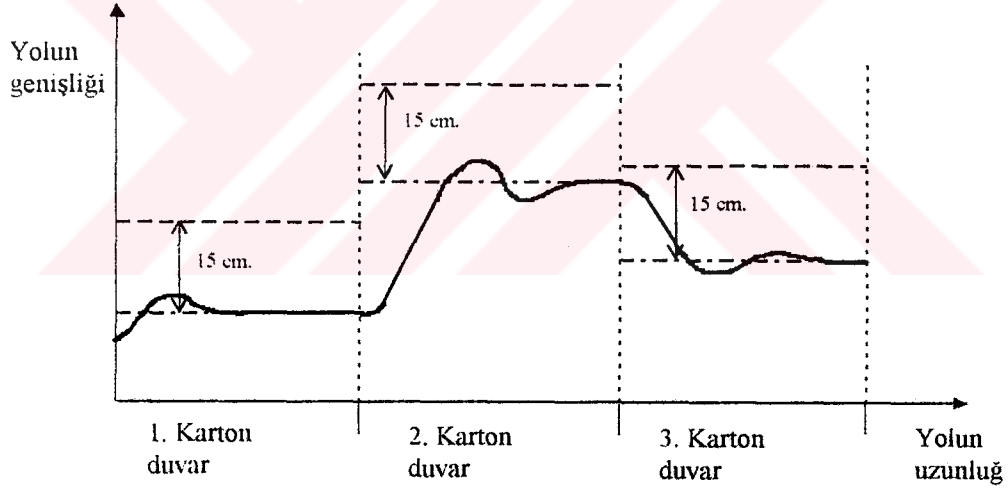
Şekil 4.7 : Değişik denetim türlerinin etkisini gösteren tipik bir denetim sisteminin davranışları

birim basamak işlevi olması halinde değişik denetim türleri kullanıldığında tipik bir sistemin davranışlarını göstermektedir.

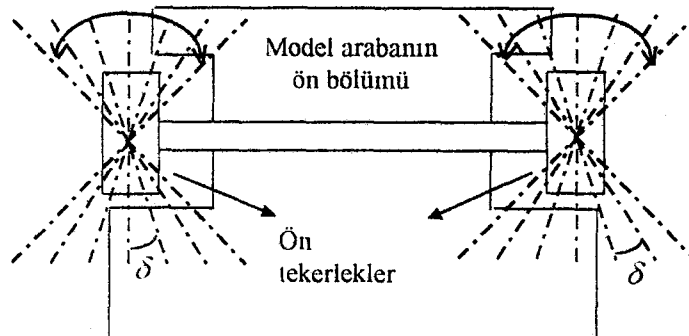
Bu çalışmada, model arabanın seyri işlemi, oransal + integral + türevsel (PID) kontrol ile de gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, bulanık mantık kontrolün sürecin kontrolünde ne derece iyileştirme sağladığı gözlenebilecektir. Bu amaçla, kontrol bilgisayarında

Borland[®] Inc. firmasının ürünü olan pascal programlama dilinin 7.0 sürümü kullanılarak, PID kontrol yazılımı hazırlanmıştır. Bu yazılım Ek - A' da sunulmuştur. Hazırlanan yazılım model arabanın seyir kontrolü, PID kontrol ile gerçekleştirilmiştir. Burada kullanılan yol, açık - kapalı kontrol için belirlenen yol ile aynıdır. Model arabanın, yolun neresinde olduğunun belirlenmesi ve yol bilgisinin alınması işlemleri de yine aynı yöntemle, duyum ötesi ses dalgaları ile uzaklık ölçen sezici ile yapılmıştır. Model arabanın PID kontrol tekniği ile kontrol edilmesi sonucunda, yolun şekline göre yön değiştirmesi sonucu elde edilen seyir grafiği şekil 4.8' de görülmektedir.

Şekil 4.8' deki grafikten görüldüğü gibi, model araba için belirlenen ayar noktası, yol kenarındaki karton duvardan 15 cm. uzaklıktır. PID kontrol ile yapılan, model arabanın her zaman bu 15 cm.' lik uzaklığı korumasını sağlamaktır. İstenen hassasiyet ise, bu uzaklığın korunması sırasında ayar noktasından mümkün olan en az sapmanın



Şekil 4.8 : Model arabanın PID kontrol tekniğine göre seyir grafiği



Şekil 4.9 : Model arabanın ön tekerlekleri için belirlenen dönme konumları

olmasıdır. Bu sapmalar özellikle dönüşlerde ve yolun seyri değiştiğinde gözlenmektedir. İstenen, model arabanın mümkün olan en kısa sürede belirlenen seyir çizgisine kavuşmasıdır.

Yapılan deneylerde, model arabanın matematiksel modeli üzerinde fazla durulmamıştır. Çünkü, model arabanın matematiksel olarak modellenemeyen mekanik problemleri ve değişen çevre şartları, böyle bir matematiksel modelin çıkartılarak, uygulama ile aynı sonucu verecek şekilde teorik çözüme gidilmesini imkansız hale getirmektedir. Bunun yerine model araba, transfer fonksiyonu bilinmeyen bir sistem olarak ele alınmış ve PID kontroldeki K_p , K_i ve K_d parametrelerinin değerleri değiştirilerek, olası en uygun seyir grafiği elde edilmeye çalışılmıştır. Yukarıda, şekil 4.8 ile gösterilen grafik, $K_p = 0.5$, $K_i = 0.1$ ve $K_d = 0.1$ seçilerek elde edilmiştir.

Model arabanın PID kontrolü ile seyir kontrolünde, ön tekerlekler için belirlenen konumlar da önem taşımaktadır. Açık - kapalı kontrolün aksine burada ön tekerlekler için daha fazla konum belirlenmiştir. Bu konumlar arasında eşit dönme açıları bulunmaktadır ve bu konumlar, ön tekerleklere kumanda eden elektrik motoruna 2.0 volt geriliminin 100' er mili saniye uygulanması sonucunda elde edilmiştir. Bu konumlar şekil 4.9' da görülmektedir. Ön tekerlekler için yapılan bu konum seçme işlemi ile toplam 7 ayrı konum belirlenmiş olur. Böylece model arabanın seyri açık - kapalı kontrolde olduğu gibi keskin (süresiz) değil, PID kontrolün yönlendirme etkisiyle sürekli ve yumuşak geçişli hale gelmiştir. Şekil 4.8' den görüldüğü gibi model araba, en fazla 2 yada 3 periyot içerisinde ayar noktasına ulaşmaktadır ve bu değerini korumaktadır.

Bu bölümde uygulanan kontrol yöntemlerinin verimlilikleri, sonuçları ve diğer kontrol yöntemleri ile karşılaştırılmaları 6. Bölümde yapılacaktır.

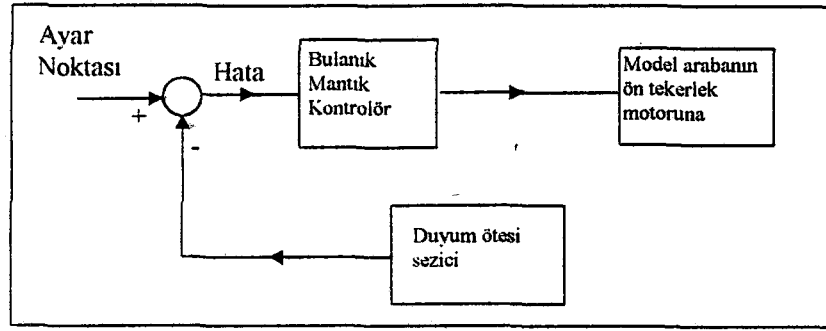
BÖLÜM 5. MODEL ARABANIN BULANIK MANTIK KONTROL TEKNİĞİ İLE SEYİR KONTROLÜ

Bu çalışmanın amacı, bulanık mantık kontrol tekniğini bir model araba ile benzetimi yapılan hareketli araçlara uygulamaktır. Bu amaçla model arabanın seyir kontrolünün hem deneysel çalışması yapılmış hem de çeşitli benzetim programları ile kontrol benzetimleri yapılmıştır.

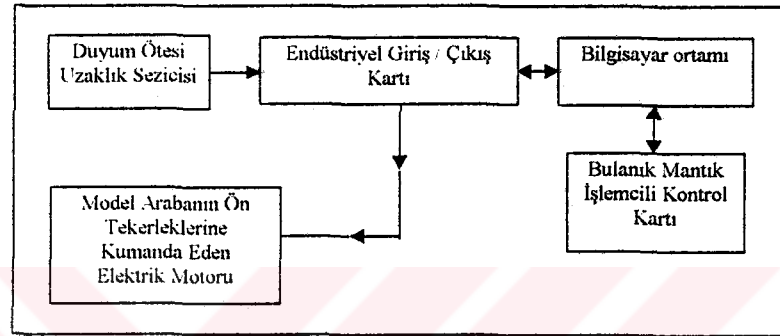
5.1 Deney Ortamının Belirlenmesi

Yapılan deneylerde diğer kontrol teknikleri ile karşılaştırabilmek amacıyla belirlenen yol ve özellikleri, önceki deneylerde belirlenen yol ile aynı olacak şekilde ayarlanmıştır. Yolun basitliği ve model arabaya kumanda edebilmek amacıyla kullanılan kabloların yeteri kadar uzun olmamaları bu aşamada yolun özenle seçilmesini gerektirmiştir. Çalışmalar deney masasının üzerinde yapılmıştır. Eğer model arabanın yönlendirilmesinde ve model arabanın üzerindeki duyum ötesi ses dalgaları ile uzaklık ölçen sezici bilgilerinin alınmasında telsiz kontrol kullanılmış olsaydı, model araba için belirlenen yol çok daha geniş bir alana yayılabilirdi. Fakat bu aşamada böyle bir donanım, yapılan çalışmada meydana gelebilecek herhangi bir aksaklığın bulunması işlemini çok zorlaştıracaktır. Çünkü donanım karmaşıklıkça, hatanın kaynağını bulmak o kadar zor olacak ve deneyi gerçekleştirmek güçleşecektir.

Model araba, deney masasının üzerinde hareket ettirilmiştir. Model arabanın üzerine konumlandırılmış olan duyum ötesi ses dalgaları ile uzaklık ölçen seziciden gelen analog uzaklık verisi, iletkenler aracılığı ile endüstriyel giriş / çıkış kartına, oradan da bilgisayara girilmektedir. Bilgisayarda, kullanılan bulanık mantık işlemcili kontrol kartı ile gelen veriler değerlendirilmekte, oluşturulan çıkış verileri yine endüstriyel giriş / çıkış kartı üzerinden tampon devre aracılığı ile model arabanın ön tekerleklerine kumanda eden elektrik motoruna iletilmektedir.



Şekil 5.1 : Model araba kontrol sistemi blok şeması



Şekil 5.2 : Model araba kontrol sisteminin ayrıntılı şeması

Oluşturulan sistemin blok şeması şekil 5.1' de dir. Bu şemanın daha ayrıntılı yapısı ise şekil 5.2' de görülmektedir.

Deney amacıyla belirlenen yolun niteliği şekil 4.3' te gösterilmiştir. Model arabanın ön tekerlekleri için seçilen konumlar ise şekil 4.9' da verilmiştir. Bu çalışmada, model arabanın ön tekerlekleri için bir konum belirleyici sezici kullanılmamıştır. Böyle özel bir konum sezici bulunamamıştır. Ayrıca mevcut konum belirleyici sezicilerden bir dönüştürme yapılarak kullanılması düşünülse bile sezicinin alımında karşılaşılan maddi yük aşlamadığı için, model arabanın ön tekerleklerinin dönüş konum belirlemesi yapılamamıştır.

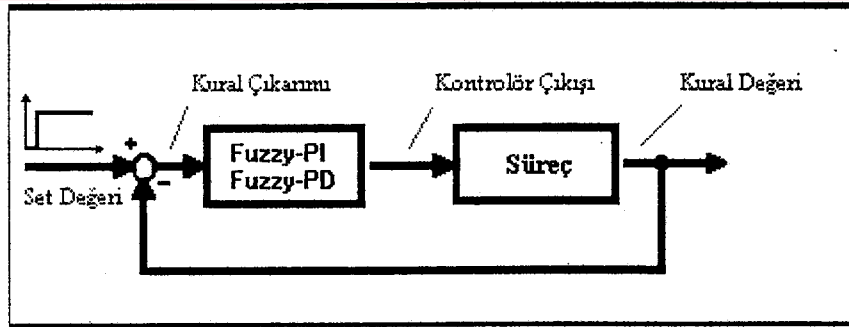
Fakat bunun yerine uygulanan yöntem ile ön tekerleklerin o andaki konumları tesbit edilebilmektedir. Bu amaçla model araba ilk seyrine başlama noktasında, her zaman ön tekerlekleri düz olacak şekilde ayarlanmıştır. Ön tekerleklere uygulanan kontrol ile, tekerlekler her zaman belirli konumlarda olacaklarından, tekerleklerin anlık durumunu tesbit etmek mümkün olmaktadır. Fakat, model arabanın ön tekerlek

mekanizmasındaki mekanik boşluklar ve ortam şartlarından kaynaklanan çeşitli etkenlerle, zamanla, ön tekerlek kumanda motorlarına verilen her 100 msn.' lik 2.0 voltluk gerilim ile tekerlekler istenen miktar kadar dönmemektedir. Bu durum, gerçek bir kontrolde, aracın yönlenme işlemini gerçekleştiren aygıtının da (tekerlek, kanat v.b.) konum kontrolünün yapılmasının gerekliliğini göstermektedir.

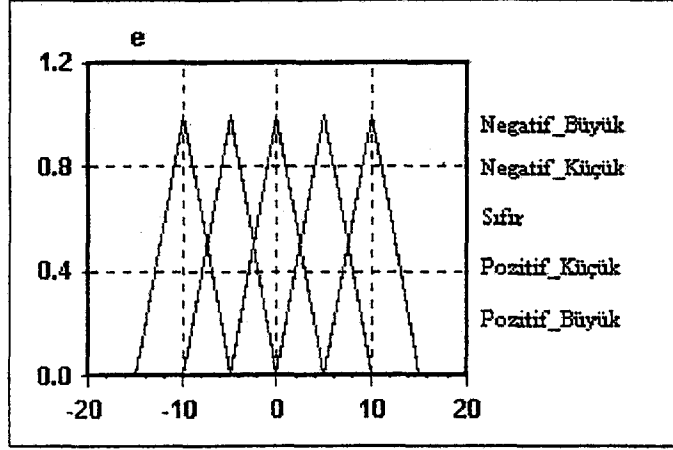
5.2 Model Arabanın Seyir Kontrolünün Bulanık Mantık Yazılımı İle Benzetimi

Model arabanın bulanık mantık ile seyir kontrolü, bir benzetim programı ile denenmiştir. Bu bölümde kullanılan benzetim programı, bir Bulanık PID Kural Modelleme programıdır ve Vieweg Verlag® tarafından dağıtımı yapılmaktadır.

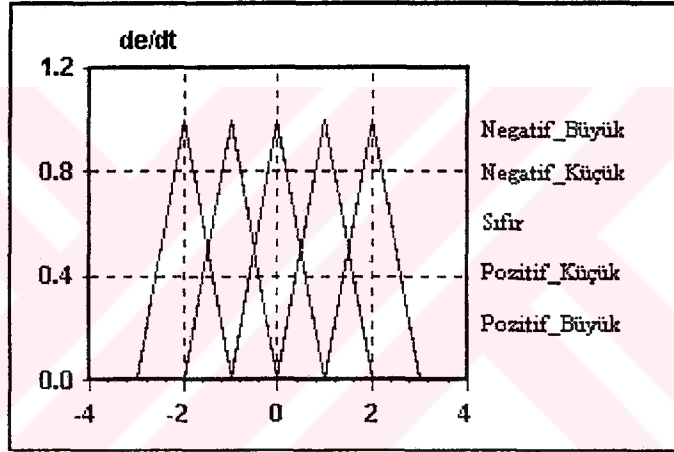
Yazılım iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, tasarlanan sisteme ait dilsel değişkenler, üyelik derecesi fonksyonları ve bunların değerleri oluşturulmaktadır. İkinci bölümde ise bu değerlere göre benzetim yapılmaktadır. Şekil 5.3' te ikinci bölümde benzetimi yapılan sistemin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.3 : Benzetim kontrol programının blok diyagramı

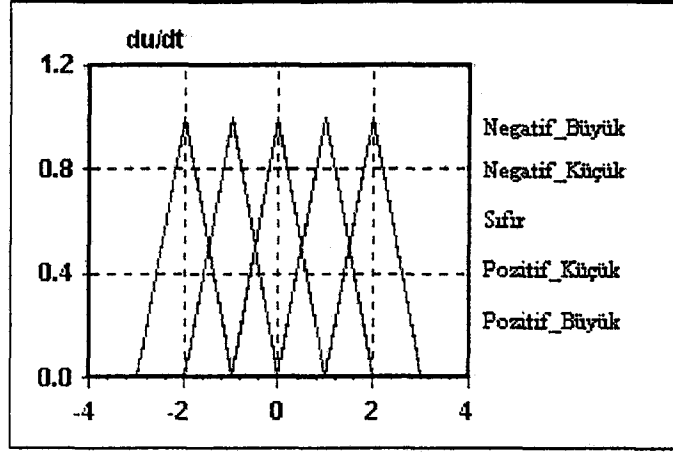


Şekil 5.4 : Ayar noktasına göre hatanın üyelik derecesi fonksyonları ile tanımlanması



Şekil 5.5 : Ayar noktasına göre hatanın zamanla değişiminin üyelik derecesi fonksyonları ile tanımlanması

Şekil 5.4' te, birinci benzetim programı kullanılarak hazırlanmış olan, model arabanın yol kenarından uzaklığının ölçülmesi ile oluşan hata değerinin üyelik derecesi fonksyonları ile tanımlanması görülmektedir. Ayar değeri 15 cm. olarak seçildiği için, tanımlanan beş adet küme, [-15;+15] aralığında ve sırasıyla negatif büyük, negatif küçük, yaklaşık sıfır, pozitif küçük ve pozitif büyük şeklinde üçgen form olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.6 : Denetleç çıkışının zamana göre değişiminin üyelik derecesi fonksiyonları ile tanımlanması

Kural Tabanı	de/dt				
	--	-	0	+	++
--	--	--	-	-	-
-	--	-	-	0	-
0	0	0	0	0	0
+	++	+	+	+	+
++	++	++	++	++	+

=> du/dt

Şekil 5.7 : Hata ve hatanın zamanla değişimine ile model arabının konum değiştirmesi arasında oluşturulan kural tablosu

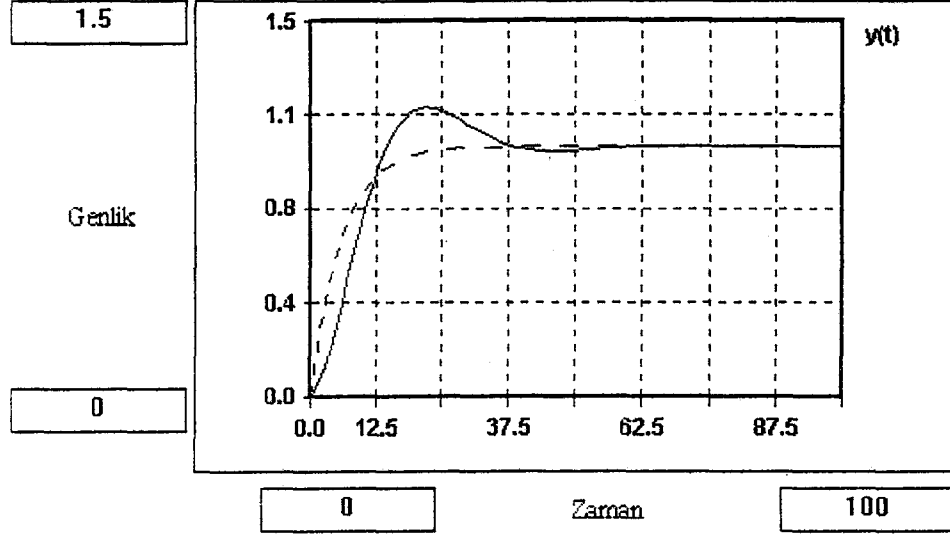
Şekil 5.5'te ise hatanın zamanla değişiminin üyelik derecesi fonksiyonları ile tanımlanması görülmektedir. Benzetim programı, Bulanık-PI ve Bulanık-PD şeklinde kontrol benzetimi yapmaktadır. Integral ve türevsel denetimin bir sürece nasıl etdikleri daha önce bölüm 4.2.2' de ayrıntıları ile anlatılmıştı. Bu sebeple, benzetimin yapılabilmesi için hatanın değişimine de ihtiyaç duyulmaktadır. Hatanın değişimi $[-3;+3]$ aralığında, beş adet üyelik derecesi fonksyonu ile, hata değerinin tanımlanmasına benzer şekilde üçgen formda oluşturulmuştur.

Model arabanın bulanık mantık ile seyir kontrolünde denetleç çıkışının zamana göre değişiminin üyelik derecesi fonksyonları ile tanımlanması şekil 5.6' da görülmektedir. Bu değer de $[-3;+3]$ aralığında, beş adet üyelik derecesi fonksyonu ile üçgen formda tanımlanmıştır.

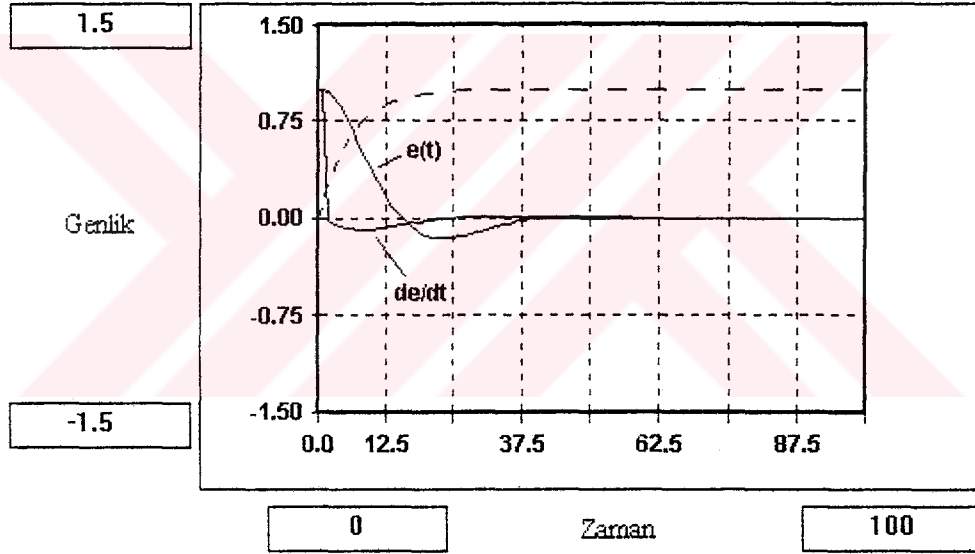
Şekil 5.7' de, hata ve hatanın zamanla değişimine karşılık model arabanın konum değiştirmesinin zamana göre türevi arasındaki ilişkiyi gösteren kural tabanı görülmektedir. Bu kural tabanı, daha önce yapılan model arabanın açık - kapalı ve PID denetimler ile seyir kontrolleri sonucunda yapılan gözlemlerin de yardımıyla yapılan denemeler sonucunda belirlenmiştir. Şekil 5.7' de kullanılan semboller şu anlamlara gelmektedir :

- : Negatif büyük
- : Negatif küçük
- 0 : Yaklaşık sıfır
- + : Pozitif küçük
- ++ : Pozitif büyük

Birinci program ile kural tabanı bu şekilde belirlendikten sonra, ikinci programda bu veriler işlenerek benzetim yapılmaktadır. Şekil 5.8' de bu şekilde yapılan ilk benzetim çalışmasının sonucu görülmektedir. Burada kesikli çizgi ile istenen değere ulaşma türü ifade edilmiştir. Kullanılan kontrolör tipi ise *Bulanık - PI* olarak seçilmiştir. Durulama işlemi *modifikasyonlu ağırlık noktası* şeklinde ve girişim işlevi ise *en büyük bileşen (maks - prod)* olmak üzere model arabanın hareketine ilişkin $y(t)$ ' nin değişimi hakkında şekil 5.8' deki grafik elde edilmiştir. Şekildeki zaman ekseninde her birim, zaman sabiti ile çarpılarak, sistemin hareketi zaman ekseninde izlenmektedir. Bu şekilde zaman sabiti 0.2 olarak alınmıştır.

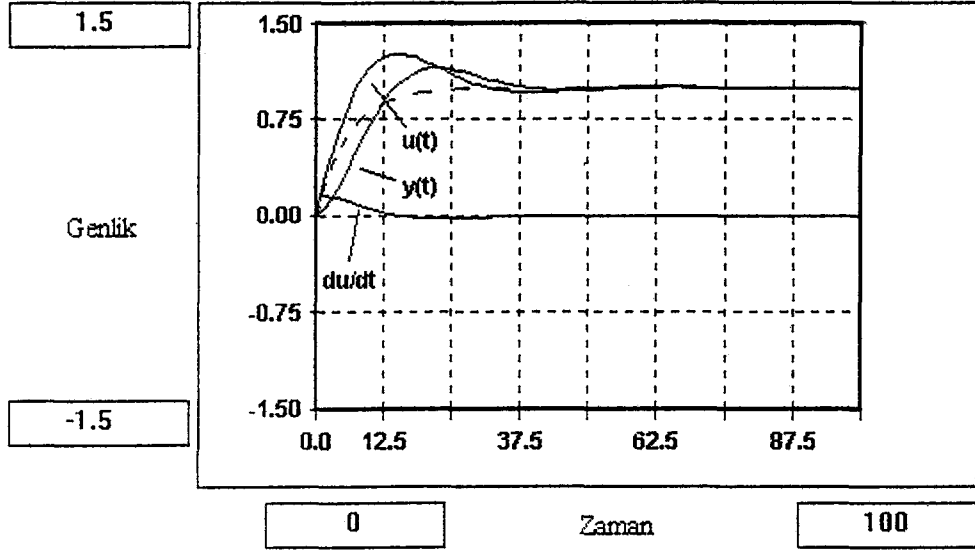


Şekil 5.8 : Model arabanın konum değişimi $y(t)$

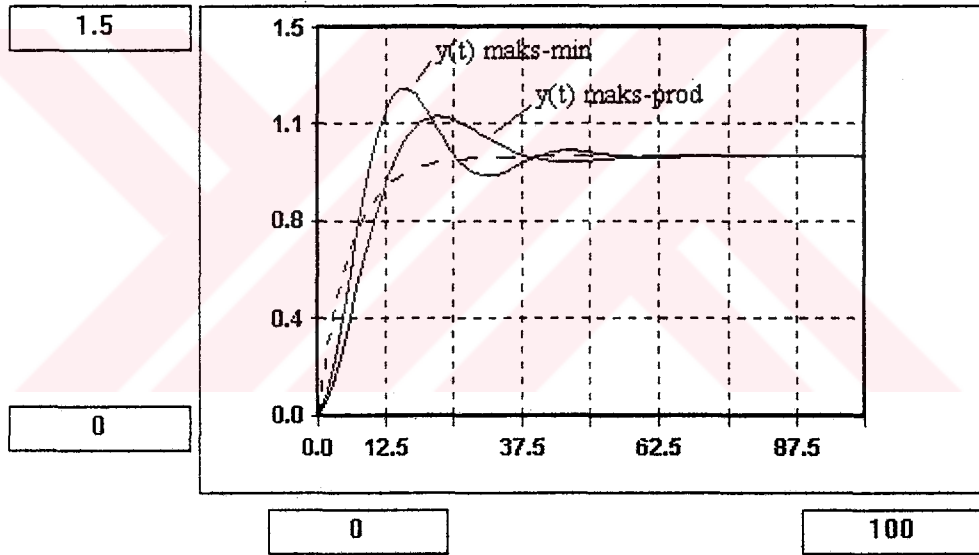


Şekil 5.9 : Hata değerinin zamanla değişimi

Şekil 5.9' da, belirtilen şartlar altında yapılan benzetim işlemi sırasında hatanın ve hatanın zamana göre türevinin değişimi görülmektedir. Burada da zaman sabiti 0.2 alınmıştır.

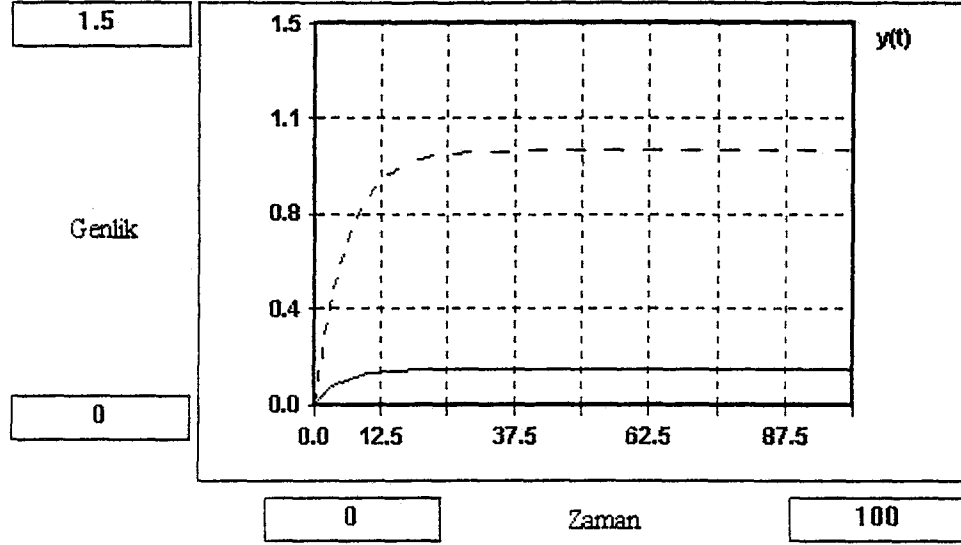


Şekil 5.10 : Bulanık-PI denetleç çıkışının ($u(t)$) ve türevinin değişimi

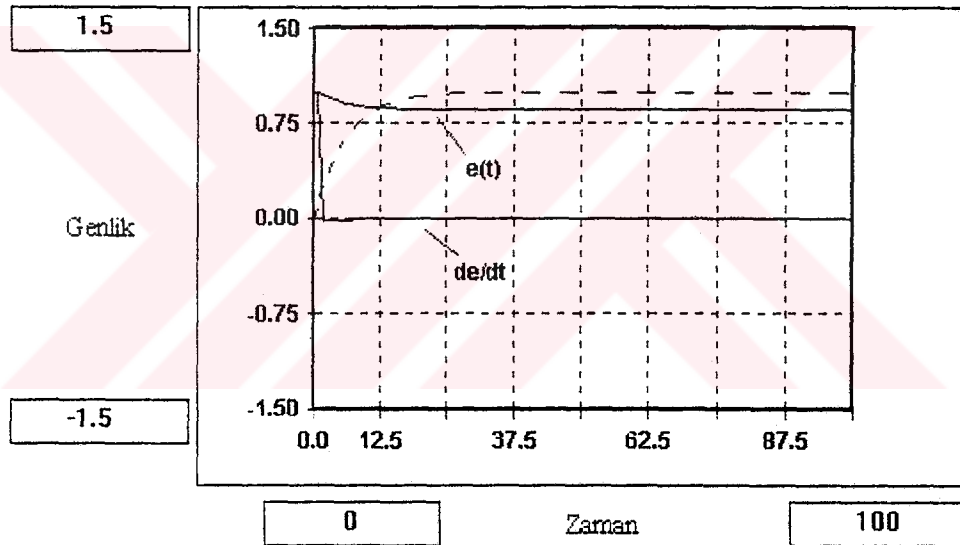


Şekil 5.11 : Girişim için kullanılan maks-min ve maks-prod yöntemlerinin $y(t)$ üzerindeki etkileri

Şekil 5.10' da ise bulanık-PI kontrolörün çıkışı $u(t)$ ve çıkışın zamana karşı değişiminin, model arabanın seyri ile karşılaştırmalı grafiği görülmektedir. Kontrolör çıkışının sürece etkimesindeki gecikme bu şekilde görülmektedir. Şekil 5.11' de, girişim işlemi olarak seçilen maks-min ve maks-prod yöntemlerinin sistemin hareketine etkileri görülmektedir.

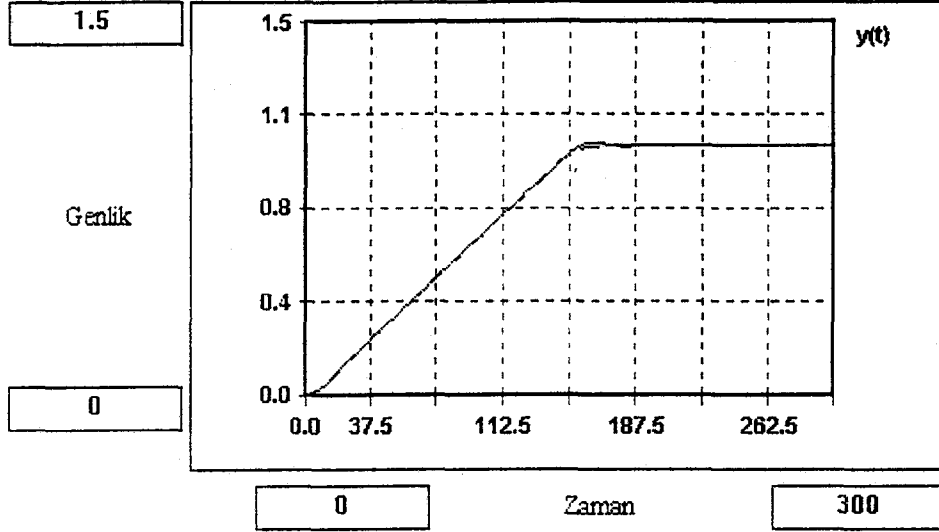


Şekil 5.12 : Bulanık-PD kontrol kullanıldığında sistem davranışı

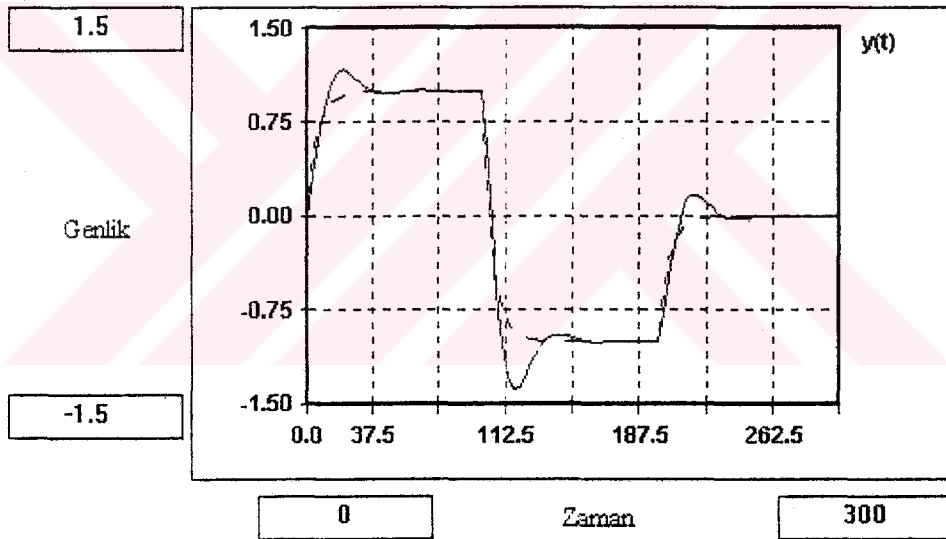


Şekil 5.13 : Bulanık-PD kontrolde hatanın zamanla değişimi

Buraya kadar sonuçları şekiller ile verilen benzetim işlemleri, Bulanık-PI kontrol mekanizması kullanılarak yapılmıştır. Şekil 5.12' de ise, Bulanık-PD kullanılması halinde sistem davranışı $y(t)$ görülmektedir. Türevsel kontrolün, sistemin ayar noktasının değişiminin sabit kalması ile, yani hatanın zamana göre türevinin sıfıra gitmesi ile sistemi değişen ayar noktasına taşıyamaması şekil 5.12' de oldukça açık bir şekilde görülmektedir. Şekil 5.13' de ise hatanın ve hatanın zamana göre türevinin zamanla değişimleri görülmektedir.



Şekil 5.14 : Ayar noktasının rampa fonksyonu şeklinde değişmesi ile sistem tepesi $y(t)$ ' nin değişimi

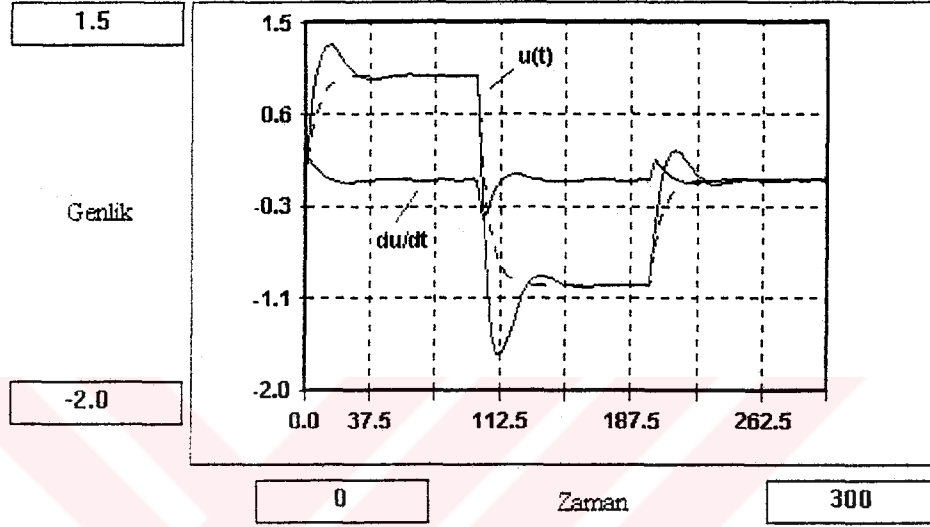


Şekil 5.15 : Ayar noktasının ikili darbe şeklinde değişmesi sonucunda sistemin tepesi $y(t)$ ' nin değişimi

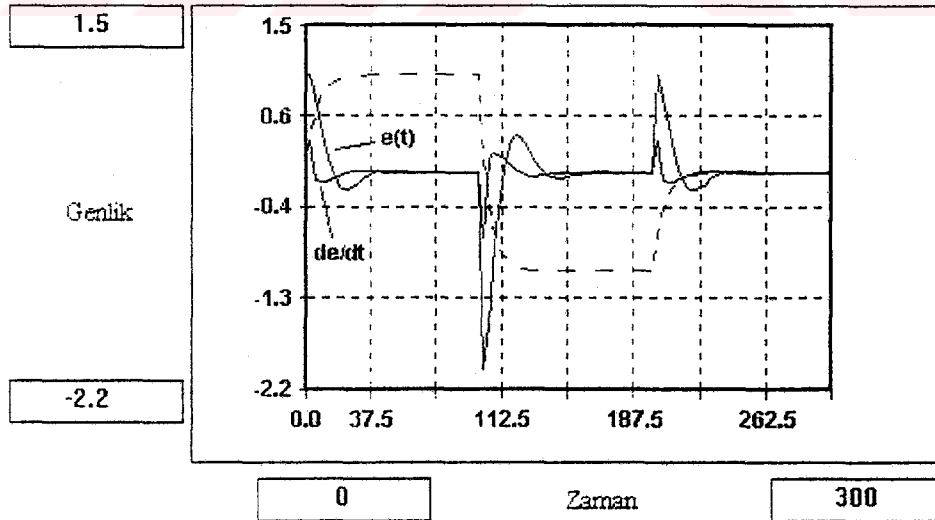
Daha önce bölüm 4.2.2' de anlatıldığı üzere, türevsel kontrolün süreç denetimine etkisi burada yapılan benzetim deneyleri ile açıkça ortaya konmuştur.

Şimdiye kadar, ayar noktası değişimi ani yükselme şeklinde olmuş ve alınan bütün sonuçlar, sistemin bu ani değişime olan tepkisini yansıtmıştır. Ayar noktası değişimi rampa fonksyonu olarak seçilirse, sistem hareketini veren $y(t)$ değerinin zamanla

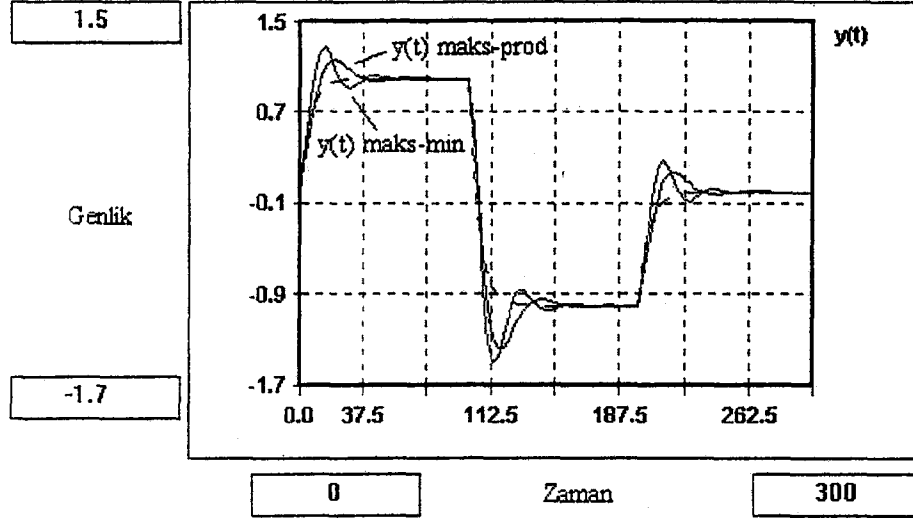
değişimi şekil 5.14' de görüldüğü gibi olmaktadır. Bulanık mantık kontrolün, sistemin, ayar noktası etrafında kalmasını sağlamakta PID kontrole göre ne kadar etkili olduğu görülmektedir. Ayar değerinin ard arda gelen ikili darbe dizisi şeklinde değişmesi durumunda sürecin konumundaki değişikliklerin ifadesi olan $y(t)$ ' nin zamanla değişimi ise şekil 5.15' te görülmektedir.



Şekil 5.16 : Ayar noktasının ikili darbe olması durumunda denetleç çıkışının ve çıkışın zamana göre türevinin değişimi



Şekil 5.17 : Ayar noktasının ikili darbe şeklinde değişimine karşılık hatanın ve türevinin zamanla değişimi



Şekil 5.18 : $y(t)$ Değerinin, girişimin maks-prod ve maks-min olmasına göre zamanla değişimindeki farklılıklar

Aynı durumda sistemdeki denetleç çıkışı ve çıkışın zamana göre türevi şekil 5.16' da, hatanın ve hatanın zamana göre türevinin değişimleri ise şekil 5.17' de verilmiştir.

$y(t)$ İfadesi, sistemin davranışını göstermektedir. Durulaştırma aşamasında kullanılan girişim işlevinde maks-prod veya maks-min yöntemlerinin kullanılmasına göre $y(t)$ ' nin zamanla değişiminde farklılık oluşmaktadır. Bu farklılık şekil 5.18' de görülmektedir.

Bu bölümde benzetim programının parametreleri değiştirilerek değişik sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar ve 4. bölümde anlatılan diğer kontrol teknikleri ile model arabanın seyir kontrolü sonuçları 6. bölümde tartışılacak ve değerlendirilecektir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, 4. ve 5. bölümlerde bahsedilen, model arabanın değişik kontrol yöntemleri ile seyir kontrolüne ilişkin sonuçlar değerlendirilecektir.

6.1 Model Arabanın Açık - Kapalı Kontrol Tekniği İle Seyir Kontrolüne İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi

4. Bölümde, model arabanın açık - kapalı seyir kontrolü üzerine yapılan deneysel çalışma ayrıntıları ile anlatılmıştır. Bu deneysel çalışmada, açık - kapalı kontrolün iki çeşidi uygulanmıştır. Öncelikle ideal açık - kapalı kontrol deneyi, daha sonra ise ideal açık - kapalı kontrole sabit band (histeresiz bandı) eklenmiş olarak deneyler yapılmıştır. Bu aşamada deney ortamı şematik olarak şekil 4.3' te verilmiştir.

İdeal açık - kapalı kontrol uygulanması halinde model arabanın seyir grafiği şekil 4.5' te verilmiştir. Bu şekilden de görülmektedir ki, model araba ayar değeri etrafında sürekli salınım yapmaktadır. Model arabanın seyrinin devamlı salınımlar ve süreksizlikler içermesi, model arabanın istenen ayar değerinde seyretmesini imkansız hale getirmektedir. Yapılan gözlemler sonucunda bu salınımların periyodunun 0.2 ile 0.5 saniyeler arasında olduğu tesbit edilmiştir. Bu değerlerden görüleceği gibi, model arabanın istenen hassas seyri için ideal açık - kapalı kontrol yöntemini kullanmak olanaksızdır. Bu kontrol ayrıca, tampon devre üzerindeki rölelere de zarar vermektedir. Özellikle kısa periyodlu salınımlarda rölelerin sürekli açılıp kapanmaları, deforme olmalarına ve kullanım ömürlerini daha kısa sürede doldurmalarına sebep olmaktadır.

İdeal açık - kapalı kontrole sabit band eklenerek yapılan seyir kontrolü sonucunda elde edilen model arabanın seyrine ilişkin grafik şekil 4.6' da verilmiştir. Bu şekilden de görüleceği gibi, model araba belirlenen ayar noktası etrafında daha büyük genlikli ve

daha uzun peryodlu salınımlar yapmaktadır. Endüstriyel kontrolde son denetim öğelerinin özelliğine göre kullanılan bu kontrol yöntemi, model arabanın seyir kontrolü sürecinde ideal açık - kapalı kontrolden daha kötü bir sonuç vermektedir. Çünkü, hareketin genliği artmıştır. Bu sebeple model araba, ayar noktası etrafında daha fazla belirsizlik içinde kalmaktadır. Yani model araba, yol kenarından uzaklığı olarak belirlenen 15 cm.' lik uzaklığı hiçbir zaman sürekli olarak koruyamamaktadır. Ayrıca salınımların peryodları arttığı için, model arabanın belirlenen değerden uzakta olma zamanı da artmıştır. Açık - kapalı kontrol ile yapılan deneylerde görüldüğü üzere, sabit band eklenmeden yapılan kontrol, sabit band eklendikten sonraki kontrolden göreceli olarak daha iyi sonuç vermiştir.

Bunların yanında yapılan deneyler sırasında, gerek duyum ötesi ses sensörünün özel durumu (bu durum bölüm 3.6.2' de şekil 3.3 ile açıklanmıştır), gerek model arabanın ön tekerleklerindeki mekanik boşluklar sebebiyle, bazı özel seyir durumları yaşanmış ve model araba, seyretmesi için belirlen yolda artan genlikli salınımlar yaparak yoldan çıkmıştır. Bu durumlar çok sıkça karşılaşılmamakla beraber gerçek bir aracın kontrol işleminde karşılaşılabilecek olası aksaklıkları göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca şu da belirtilmelidir ki, ideal açık - kapalı kontrole sabit band eklenerek yapılan seyir kontrolünün sağladığı tek yarar, tampon devrede kullanılan rölelerin birim zamanda daha az çalışmalarına sebep olarak çalışma ömürlerinin artmasını sağlamasıdır.

6.2 Model Arabanın PID Kontrol Tekniği İle Seyir Kontrolüne İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi

Genel olarak PID kontrolden bölüm 4.2.2' de bahsedilmiştir. Belirtilen bölümde oransal, integral ve türevsel kontroldün hem ayrı ayrı özellikleri, hem de birlikte kullanılmaları sonucunda sisteme etkileri ayrıntıları ile anlatılmıştır.

Model arabanın PID kontrol ile seyir kontrolü, bu çalışmada özellikle yapılmıştır. Çünkü, PID kontrol halen endüstriyel kontrolde en çok tercih edilen kontrol yöntemlerinden biridir. Böylece Bulanık mantık kontrolün kullanılmaya başlanması ile

PID kontrole göre sağlanacak avantajlar daha kolay görülecektir. Fakat bazı özel durumlarda yine de PID kontrolün en iyi sonucu verebileceği de göz ardı edilmemelidir.

Bu çalışmada PID kontrolün model arabanın seyrine uygulanması amacıyla kullanılan deney ortamı, açık - kapalı kontrolde kullanılan deney ortamı işle aynıdır. Yapılan deneyler sonucunda model arabanın seyrine ilişkin elde edilen grafik şekil 4.8' de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, model araba kendisi için belirlenen yolda ayar değerine ulaştıktan sonra istenen değeri korumuş ve açık - kapalı kontrole göre kıyaslanamayacak derecede hassasiyet gösteren bir seyir gerçekleştirmiştir.

Burada üzerinde durulan en önemli konu seyirde hassasiyettir. Bu açıdan bakıldığında, model arabanın iki veya üç periyot salınım yaptıktan sonra ayar değerine ulaştığı gözlenmektedir. Bu durum gerçek uygulamalarda, eğer hassasiyet için yeteri kadar tolerans mesafesi varsa önemli görülmebilir. Ancak birçok uygulamada, özellikle otomatik kontrollü taşıyıcıların kullanıldığı fabrikalarda yer problemleri yaşanmakta ve aracın mümkün olan en kısa sürede ayar değerine gelmesi, yani belirlenen yola ulaşması istenmektedir. Özellikle bir sağa veya sola dönüş sonrasında, belirli bir ürünü belirli bir yere yerleştirmesi istenen taşıyıcılar için ayar değerine ulaşma zamanı çok önemlidir.

Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar, özellikle sonraki bölümde bahsedilecek olan bulanık mantık benzetiminden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılacaktır.

6.3 Model Arabanın Seyir Kontrolünün Bulanık Mantık Benzetim Programı İle Yapılan Benzetimi Sonucunda Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bulanık mantık benzetim programı hakkında bilgi bölüm 5.2' de verilmiştir. Bu program iki bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölüm kullanılarak sürece ilişkin değişkenler ve üyelik derecesi fonksiyonları tanımlanıp, kural tablosu oluşturulmuştur. Şekil 5.4, 5.5, 5.6 ve 5.7' de belirtilen bu fonksiyonlar ve kural tablosu görülmektedir.

Benzetim programının ikinci bölümü kullanılarak, belirlenen değerler işlenmiş ve şekil 5.8' den şekil 5.18' e kadar 11 adet şekil ile sunulan sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar değerlendirildiğinde, model arabanın seyrine ilişkin en iyi grafiğin, durulama yöntemi olarak değiştirilmiş ağırlık noktası, girişim yöntemi olarak en büyük bileşen (maks-prod), ayar noktası değişiminin rampa fonksiyonu olması ve denetleç olarak bulanık -PI kullanılması halinde elde edildiği görülmektedir. Şekil 5.14 bu grafiği göstermektedir.

Şekil 5.8' de, ayar noktası değişiminin ani bir yükselme durumunda model araba seyrinin değişimi ve ayar değerine ulaşması görülmektedir. Bu grafikte görülen değişim, model arabanın seyrinin PID kontrol kullanılarak denetlenmesi sonucunda elde edilen değişimlere benzediği görülür.

Yapılan benzetim denemelerinde bulanık - PD denetim kullanılması durumunda hiçbir şekilde model arabanın seyri istenen ayar değerine ulaşmamıştır. Türevsel kontrolün sürece etkisinin, sadece ayar değerinin değişiminin hızına göre olduğu, sabit değişimlerde türevsel kontrolün etkili olmadığı göz önüne alınırsa bu sonucun normal olduğu görülür. Şekil 5.12 ve 5.13, bu durumu açıkça ifade etmektedir.

Şekil 5.15' te, ayar değeri değişiminin ard arda iki darbe fonksiyonu şeklinde değişimi karşısında sürecin cevabı görülmektedir. Burada sürecin kontrolünde bulanık - PI denetim kullanılmıştır. Sürecin en fazla iki periyotta ayar değerine ulaştığı görülmektedir. Endüstriyel şartlarda kullanılan sistemlerde bu şekilde ağır değişimler sıkça görülmez. Bu açıdan bakıldığında belirlenen üyelik derecesi fonksiyonları, kural tablosu ve seçilen benzetim parametreleri doğrultusunda elde edilen süreç değişim grafikleri oldukça tatminkardır. Hatta şekil 5.14' te verilen, ayar değeri değişiminin rampa fonksiyonu olması durumuna ilişkin süreç seyir grafiği, neredeyse ideal duruma yakın olarak değerlendirilebilir. Otomatik taşıyıcıların kullanıldığı fabrikalar gibi ortamlarda, genellikle taşıyıcılar için belirlenen yolun değişiminin sabit olduğu göz önüne alınırsa, bu şekilde bir bulanık mantık kontrol ile, PID kontrolden çok daha hassas seyir grafikleri elde edildiği açıktır.

Tüm bu yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuç olarak, hareketli araçların seyirinde bulanık mantık kontrol tekniğinin kullanılması ile PID seyir kontrolünden daha hassas seyir grafikleri elde edildiği açıktır. Bu aşamada karşılaşılabilecek tek sorun, uçuş kontrol gibi çok özel uygulamalarda kural tablosu ve dilsel değişkenlerin çok daha geniş bir yelpazede tanımlanması ve çok hızlı bulanık mantık işlemcilerinin kullanılması gerekliliğidir. Ayrıca sürecin hareketini ve konumunu algılamak üzere uygulamaya özel sezicilerin de kullanılmaları gerekmektedir. Bu çalışmada karşılaşılan maddi problemler, model arabanın konumunu, özellikle ön tekerleklerinin konumunu belirlemede kullanılabilecek özel yapıda sezicilerin kullanılmasını engellemiştir. Gerekli verilerin iletilmesinde yaşanan kablo uzunluğu sorunları da hareket alanını kısıtlamıştır. Fakat, mevcut imkanlar ile yapılan deneysel çalışmalarda, deneylerin kontrollü yapılabilmesi için mümkün olan en fazla özen gösterilmiştir. Bu sayede çeşitli kontrol teknikleri ile yapılan seyir kontrolleri arasında karşılaştırmalar yapmak mümkün olmuştur.

Bu deneysel çalışmanın yapılış amacı, genel olarak hareketli araçlar için bulanık mantık kullanılarak daha hassas seyir yapıp yapılamayacağı, istenen yolun daha iyi takip edilmesinin özellikle PID kontrole göre mümkün olup olmadığının araştırılmasıdır ve çalışma sonunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. En büyük istek, bu çalışmadan elde edilen sonuçların, Türk Sanayii' nin otomasyonunda yeni gelişmeler elde etmek amacıyla kullanılmasıdır.

KAYNAKLAR

- 1- AMIRA und 9. IAR KOLLOQUTUM, 1995. Fuzzy Duisburg' 95 : Fuzzy Technik in der Autoation und in Intelligenten Systemen, Anwendungsseminärbuch, Gerhard Mercator Universität Duisburg Gesamthochschule
- 2- BÖHME, G., 1993. Fuzzy-Logic Einführung in die Algebraischen und Logischen Grundlagen, Springer Verlag press, Germany
- 3- ÇİFTÇİBAŞI, T., ve HALICI, U., 1995. Matematik ve Uygulamalarıyla Akıllı Sistemler : Bulanık Mantık ve Neural Ağlar Konulu Çalışma Toplantısı Bildiriler Kitabı, ODTÜ
- 4- DE YONG, M., POLSON, J., MOORE, R., WENG, C.-C., LARA, J. Fuzzy And Adaptive Control Simulations For A Walking Machine, IEEE Control Systems, June 1992, s.43-50
- 5- DORF, R., C., 1989. Modern Control Systems, Addison Wesley Pub. Comp. press, pp.450-453 and s.510-511, USA
- 6- DRIANKOV, D., HELLENDORRN, H., and REINFRANK, M., 1993. An Introduction To Fuzzy Control, Springer Verlag press, s.1-316, USA
- 7- GALICHET, S., and FOULLOY, L., 1995. Fuzzy Controllers : Synthesis and Equivalences, IEEE Transactions On Fuzzy Systems, Vol.3, No.2, s.140-148
- 8- HESSBURG, T., TOMIZUKA, M. Fuzzy Logic Control For Lateral Vehicle Guidance. IEEE Control Systems, August 1994, s.55-63
- 9- HOMAIFAR, A. and MCCORMICK, E., 1995. Simultaneous Design of Membership Functions and Rule Sets for Fuzzy Controllers Using Genetic Algorithms. IEEE Transactions On Fuzzy Systems, Vol.1, No.2, s.129-139

- 10- HUANG, L., J., TOMIZUKA, M., 1990. A Self-Paced Fuzzy Tracking Controller For Two-Dimensional Motion Control, IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics, Vol. 20, No. 5, s.1115-1124
- 11- KIM, J., MOON, Y., ZEIGLER, B., P. Designing Fuzzy Net Controllers Using Genetic Algorithms, IEEE Control Systems, June 1995, s.66-72
- 12- KIM, S., CHO, Y. and PARK, M., 1996. A Multirule-Base Controller Using The Robust Property Of A Fuzzy Controller And Its Design Method, IEEE Transactions On Fuzzy Systems, Vol. 4, No. 3, s.315-327
- 13- KLIR, G., J. and FOLGER, T., A., 1988. Fuzzy Sets, Uncertainty, And Information, Prentice-Hall Inc. press, New Jersey-USA
- 14- KOSKO, B., 1992. Neural Networks And Fuzzy Systems, Prentice-Hall Inc. press, New Jersey-USA
- 15- KUNG, Y., S., LIAW, C., M., 1994. A Fuzzy Controller Improving A Linear Model Following Controllers For Motor Drivers, IEEE Transactions On Fuzzy Systems, Vol. 2, No. 3, s.194-202
- 16- LAYNE, J., R., PASSINO, K., M. Fuzzy Model Reference Learning Control For Cargo Ship Steering, IEEE Control Systems, December 1993, s.23-34
- 17- LEE, C., C., 1990. Fuzzy Logic In Control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part I, IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics, Vol. 20, No. 2, s.404-418
- 18- LEE, C., C., 1990. Fuzzy Logic In Control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part I, IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics, Vol. 20, No. 2, s.419-435

- 19- LI, Y., F., LAU, C., C. Development Of Fuzzy Algorithms For Servo Systems, IEEE Control Systems Magazine, April 1989, s.65-71
- 20- LIAW, C., M., WANG, J., B., 1991. Design And Implementation Of A Fuzzy Controller For A High Performance Induction Motor Drive, IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics, Vol. 21, No. 4, s.921-929
- 21- LIAW, C., M., WANG, J., B., CHANG, Y., C., 1996. A Fuzzy Adapted Field-Oriented Mechanism For Induction Motor Drive, IEEE Transaction On Energy Conversation, Vol. 11, No. 1, s.76-83
- 22- MOUDGAL, V., G., KWONG, W., A., PASSINO, K., M., YURKOVICH, S., 1995. Fuzzy Learning Control For A Flexible-Link Robot, IEEE Transaction On Fuzzy Systems. Vol. 3, No. 2, s.199-210
- 23- REAY, D., S., MOUD, M., M., GREEN, T., C., WILLIAMS, B., W. Switched Reluctance Motor Control Via Fuzzy Adaptive Systems, IEEE Control Systems, June 1995, s.8-14
- 24- SARIOĞLU, M., K., 1991. Otomatik Kontrol Cilt 1,2, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi. İstanbul
- 25- SHENOI, S., ASHENAYI, K., TIMMERMAN, M. Implementation Of A Learning Fuzzy Controller, IEEE Control Systems, June 1995, s.73-80
- 26- SHIBATA, M., MURAKAMI, T., OHNISHI, K., 1996. A Unified Approach To Position And Force Control By Fuzzy Logic, IEEE Transaction On Industrial Electronics, Vol. 43. No. 1, s.81-87
- 27- SOUSA, G., C., D., BOSE, B., K., 1994. A Fuzzy Set Theory Based Control Of A Phase-Controlled Converter DC Machine Drive, IEEE Transaction On Industry Applications, Vol. 30, No. 1, s.34-44

- 28- SURMANN, H., 1996. Genetic Optimization Of A Fuzzy System For Charging Batteries, IEEE Transaction On Industrial Electronics, Vol. 43, No. 5, s.541-548
- 29- TOMPKINS, W., J., and WEBSTER, J., G., 1988. Interfacing Sensors To The IBM[®] PC, Prentice-Hall press, s.59-182, New Jersey-USA
- 30- YAGER, R., R. and FILEV, D., P., 1994. Essentials Of Fuzzy Modelling And Control, John Wiley and Sons Inc. press, USA



EKLER

Ek A. PID Kontrol Amacıyla Hazırlanan Yazılım

```
program pid;
```

```
uses crt,graph;
```

```
var yenideger,deger,scalafaktoru:real;
```

```
    hata,setnoktasi,samp:real;
```

```
    integ,deriv,esd:real;
```

```
    donum_degeri,donum,i,cikis,kp,kd,ki:real;
```

```
    a,b,GD,GM:integer;
```

```
const taban_adresi=640;
```

```
procedure soladondur;
```

```
begin
```

```
if donum>-3 then
```

```
begin
```

```
repeat
```

```
port[taban_adresi+10]:=0;
```

```
port[taban_adresi+11]:=8;
```

```
port[taban_adresi+12]:=0;
```

```
port[taban_adresi+8]:=0;
```

```
port[taban_adresi+9]:=0;
```

```
port[taban_adresi+12]:=0;
```

```
delay(100);
```

```
port[taban_adresi+8]:=0;  
port[taban_adresi+9]:=8;  
port[taban_adresi+12]:=0;  
donum:=donum-1;  
until donum<>donum_degeri;  
end;  
end;
```

```
procedure sagadondur;
```

```
begin
```

```
if donum<3 then
```

```
begin
```

```
repeat
```

```
port[taban_adresi+10]:=0;
```

```
port[taban_adresi+11]:=0;
```

```
port[taban_adresi+12]:=0;
```

```
port[taban_adresi+8]:=0;
```

```
port[taban_adresi+9]:=0;
```

```
port[taban_adresi+12]:=0;
```

```
delay(100);
```

```
port[taban_adresi+8]:=0;
```

```
port[taban_adresi+9]:=8;
```

```
port[taban_adresi+12]:=0;
```

```
donum:=donum+1;
```

```
until donum<>donum_degeri;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
procedure dondur;  
begin  
if (donum>-4) and (donum<4) then  
begin  
if cikis<0 then soladondur;  
if cikis>0 then sagadondur;  
end;  
end;
```

```
procedure normalyap;  
begin  
if donum<0 then  
begin  
repeat  
sagadondur;  
until donum<0;  
end;  
if donum>0 then  
begin  
repeat  
soladondur;  
until donum>0;  
end;  
end;
```

begin

```
port[taban_adresi+8]:=0;
port[taban_adresi+9]:=8;
port[taban_adresi+10]:=0;
port[taban_adresi+11]:=8;
port[taban_adresi+12]:=0;
```

```
donum:=0;
```

```
i:=1;
```

```
yenideger:=0;
```

```
deger:=0;
```

```
scalafaktoru:=2;
```

```
hata:=0;
```

```
setnoktasi:=3 12;
```

```
samp:=0.1;
```

```
integ:=0;
```

```
deriv:=0;
```

```
esd:=0;
```

```
cikis:=0;
```

```
kp:=0.1;
```

```
kd:=0.01;
```

```
ki:=0.01;
```

repeat

```
port[taban_adresi + 24] := 0;
```

```
port[taban_adresi + 17]:=0;
```

```
a := port[taban_adresi+20];
```

```
while a and 1 <> 1 do a:=port[taban_adresi+20];
deger:= port[taban_adresi + 18];
```

```
yenideger:=deger*scalafaktoru;
hata:=setnoktasi-yenideger;
integ:=integ+samp*hata;
deriv:=(hata-esd)/samp;
cikis:=kp*hata+kd*deriv+ki*integ;
esd:=hata;
```

```
if cikis<-0.01 then
begin
donum_degeri:=int(cikis*2);
soladondur;
end;
```

```
if cikis>0.01 then
begin
donum_degeri:=int(cikis*2);
sagadondur;
end;
```

```
if (cikis>-0.01) and (cikis<0.01) then
begin
normalyap;
{ donum_degeri:=int(cikis*2);
sagadondur; }
end;
```

```
writeln (yenideger,' ',hata,' ',cikis);
delay(10);
```

until keypressed;

readln;

end.



Ek B. Yazarın Yayınları

Yazarın üç adet yurt içi yayını bulunmaktadır.

1. OTMANBÖLÜK, H., NALÇACI, C., 1996. Bilgisayar Kontrollü DCS Sistem Tasarımı. 9. Mühendislik Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
2. OTMANBÖLÜK, H., DİNÇER, H., 1996. Genel Amaçlı İki Boyutlu Yüzey Modelleme ve Yüzeyin Backpropagation Yapay Sinir Ağı İle Benzetimi. Bursa 4. Bilgisayar - Haberleşme Sempozyumu.
3. OTMANBÖLÜK, H., DİNÇER, H., 1997. Bulanık Mantık Kontrollü Yaklaşım Alarmı. Savunma Sanayiindeki Teknolojik Gelişmeler Sempozyumu, Kara Harp Okulu, 5-6 Haziran 1997 Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1972 Hannover - Almanya' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İzmir' de tamamladı. 1989 Yılında girdiği Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü' nden 1994 yılında Elektronik ve Haberleşme Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Ana Bilim Dalı' nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Sistemleri Araştırma ve Uygulama Merkezi - EHSAM' da Araştırma Görevlisi olarak görev yapmakta ve üç adet yurt içi yayını bulunmaktadır.

