

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİDROJEN YAKITI KULLANILAN BİR DİZEL MOTORUN
EMİSYONLARININ BULANIK UZMAN SİSTEM İLE MODELLENMESİ

Talip AKBIYIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

OTOMOTİV EĞİTİMİ PROGRAMI

Konya, 2008

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİDROJEN YAKITI KULLANILAN BİR DİZEL MOTORUN
EMİSYONLARININ BULANIK UZMAN SİSTEM İLE MODELLENMESİ

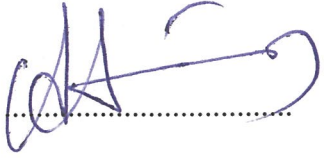
Talip AKBIYIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

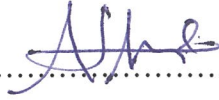
OTOMOTİV EĞİTİMİ PROGRAMI

Bu tez 20/06/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile
kabul edilmiştir.



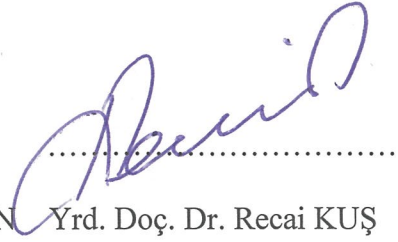
Yrd. Doç. Dr. Ali ATEŞ

(Danışman)



Yrd. Doç. Dr. Ali KAHRAMAN

(Üye)



Yrd. Doç. Dr. Recai KUŞ

(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HİDROJEN YAKITI KULLANILAN BİR DİZEL MOTORUN EMİSYONLARININ BULANIK UZMAN SİSTEM İLE MODELLENMESİ

Talip AKBIYIK

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Otomotiv Eğitimi Programı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali ATEŞ

2008, 78 sayfa

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Ali ATEŞ

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Ali KAHRAMAN

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Recai KUŞ

Bu çalışmada, deneysel verilerden yararlanılarak, tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı, bir dizel motorda, yakıtta belirli oranlarda hidrojen karıştırarak, egzoz gazlarında bulunan, CO, CO₂ ve NO_x emisyon miktarlarının tespiti, Bulanık Uzman Sistem (BUS) ile modellenmiştir. BUS, Pentium 3.0 Gh donanımlı Windows XP işletim sisteminde çalışan bilgisayar ortamında MATLAB 6.5 Fuzzy Logic Toolbox yazılımı ile tasarlanmıştır. Geliştirilen sistemde giriş parametreleri olarak dizel yakıtta karıştırılan hidrojen oranı ve devir sayısı alınmış, çıkış parametreleri olarak CO, CO₂ ve NO_x'nin emisyon oranları ayrı ayrı belirlenmiştir. BUS'dan elde edilen sonuçlar ile deneysel verilerin karşılaştırıldığında korelasyon katsayısının CO'de %97.7, CO₂'de %96.84, NO_x'de %97.31 oranlarında olduğu tespit edilmiştir.

Bu sonuçların istatistiksel olarak kabul edilebilir olduğu kanaatine varılmış ve deneysel çalışmalarda yapılmayan, hidrojen karışım oranlarındaki egzoz emisyon değeri, BUS ile tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık uzman sistem (BUS), hidrojen karışım oranı, alternatif yakıtlar, egzoz emisyonları.

ABSTRACT

Master Thesis

THE MODELLING OF THE EMISSIONS OF A DIESEL ENGINE USING HYDROGEN FUEL BY THE FUZZY EXPERT SYSTEM

Talip AKBIYIK

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

The department of machine education

The program of automotive education

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ali ATEŞ

2008, 78 pages

Jury: Asst. Prof. Dr. Ali ATEŞ

Jury: Asst. Prof. Dr.. Ali KAHRAMAN

Jury: Asst. Prof. Dr.. Recai KUŞ

In the present study, determination of amounts of CO, CO₂ and NO_x emissions in exhaust gases was modelled using the Fuzzy Expert System (FES) by mixing certain amounts of hydrogen in the fuel in a single-cylinder, four-stroke, air-cooled diesel engine on the basis of experimental data. FES was designed using the MATLAB 6.5 fuzzy logic toolbox software on a Pentium 3.0 Gh computer running on Windows XP operation system. In the study system, the emission rates of CO, CO₂ and NO_x, which were output parametres, were determined separately by using the input parametres, the amount of hydrogen mixed into the diesel fuel and number of revolutions per minute. When the results obtained from FES and statistical

analyses of experimental data were compared, it was determined that R^2 values were 97.7 % in CO, 96.84 % in CO₂ and 97.31 % in NO_x. These results were considered to be statistically acceptable and the exhaust emission values in hydrogen mixture rates not performed in experimental studies were predicted using FES.

Keywords: Fuzzy Expert System (FES), hydrogen mixture rate, alternative fuels, exhaust emissions.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma; S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı Otomotiv Öğretmenliği Programında, Yrd. Doç. Dr. Ali ATEŞ yönetiminde yürütülmüş ve S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur.

Bu çalışmayı başından beri destekleyen ve değerli katkılarını sağlayan tez danışmanım, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali ATEŞ' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Konu ile ilgili olarak uzman bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Sayın Dr. Kevser DİNCER' e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜRLER.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Alternatif Yakıtlar.....	3
2.1. İçten Yanmalı Motorlarda Performans ve Emisyonların Yapay Sınır Ağları İle Belirlenmesi.....	7
3. HİDROJEN ENERJİSİ.....	10
3.1. Hidrojenin Özellikleri.....	11
3.2. Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen.....	12
3.3. Hidrojenin Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması	13
4. BULANIK MANTIK	16
4.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi.....	16
4.2. Bulanık Mantığa Giriş.....	17
4.3. Bulanık Küme, Sistem ve Teknolojisi.....	18
4.3.1 Bulanık kümeler.....	20
4.3.2 Kural tabanı.....	24
4.4. Kontroldeki Uygulamaları.....	25
4.5. Bulanık Teorinin Avantajları ve Dezavantajları.....	27
4.5.1 Bulanık teorinin avantajları.....	27
4.5.2 Bulanık teorinin dezavantajları.....	28
4.6. Genel Yapı ve Çalışma Mekanizması.....	28
4.6.1. Bulanık uzman sistemler.....	29
5. MATERYAL VE METOT.....	31

5.1. Deneyin Amacı.....	31
5.1.1. Deney motorunun teknik özellikleri.....	31
5.1.2. Bilgisayar yazılımları.....	34
5.2. Metot.....	34
5.2.1. Dizel motorunun emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi için BUS tasarımı	34
5.2.1.1. Dizel motorunun CO emisyonunun BUS ile modellenmesi	35
5.2.1.2. Dizel Motorunun CO ₂ Emisyonunun BUS ile Modellenmesi	41
5.2.1.3. Dizel Motorunun NO _x Emisyonunun BUS ile Modellenmesi	47
6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TARTIŞMA.....	54
6.1. CO Emisyon Değerleri.....	54
6.1.1. 1800 d/d'daki CO emisyonunun değişimi.....	55
6.1.2. 2000 d/d'daki CO emisyonunun değişimi.....	56
6.1.3. 2200 d/d'daki CO emisyonunun değişimi.....	56
6.1.4. 2400 d/d'daki CO emisyonunun değişimi.....	57
6.1.5. 2600 d/d'daki CO emisyonunun değişimi.....	58
6.2. CO ₂ Emisyon Değerleri.....	61
6.2.1. 1800 d/d'daki CO ₂ emisyonunun değişimi.....	61
6.2.2. 2000 d/d'daki CO ₂ emisyonunun değişimi.....	62
6.2.3. 2200 d/d'daki CO ₂ emisyonunun değişimi.....	63
6.2.4. 2400 d/d'daki CO ₂ emisyonunun değişimi.....	64
6.2.5. 2600 d/d'daki CO ₂ emisyonunun değişimi.....	64
6.3. NO _x Emisyon Değerleri.....	67
6.3.1. 1800 d/d'daki NO _x emisyonunun değişimi.....	67
6.3.2. 2000 d/d'daki NO _x emisyonunun değişimi.....	68
6.3.3. 2200 d/d'daki NO _x emisyonunun değişimi.....	69
6.3.4. 2400 d/d'daki NO _x emisyonunun değişimi.....	70
6.3.5. 2600 d/d'daki NO _x emisyonunun değişimi.....	71
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	73
8. KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge.4.1. Bulanık Mantık denetiminin Endüstriyel uygulamaları.....	26
Çizelge 5.1. Deneysel çalışmada kullanılmış olan motorun teknik özellikleri.....	32
Çizelge 5.2. BUS'ta kullanılmış olan deneysel veriler.....	33
Çizelge 5.3. Deneysel veriler ve BUS ile tahmin ettirilen CO emisyon miktarları.....	40
Çizelge 5.4. Deneysel veriler ve BUS ile tahmin ettirilen CO ₂ emisyon miktarları.....	46
Çizelge 5.5. Deneysel veriler ve BUS ile tahmin ettirilen NO _x emisyon miktarları.....	52

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Enerji kaynaklarının evrimi.....	14
Şekil 4.1. (a): Klasik mantık ,(b): Bulanık mantık.....	20
Şekil 4.2. Isı değişkeninin [0,100] aralığında aldığı alt durumların; bulanık (a) ve klasik değişkenler (b), yardımıyla gösterilmesi.....	22
Şekil 4.3. A ve B üçgen bulanık sayıların birleşimi.....	23
Şekil 4.4. A ve B üçgen bulanık sayıların kesişimi.....	24
Şekil 4.5. A ve B üçgen bulanık sayıların tümleyeni.....	24
Şekil 4.6. Sistemin çalışma mekanizması.....	28
Şekil 5.1. CO emisyonunun BUS ile modellenmesi.....	35
Şekil 5.2. Hidrojen miktarı.....	36
Şekil 5.3. Devir sayısı.....	36
Şekil 5.4. CO emisyon değeri.....	37
Şekil 5.5. %10 hidrojen ve 2200 devirdeki CO emisyon miktarının BUS ile hesaplanması.....	39
Şekil 5.6. Deneysel ve BUS' daki verilerin korelasyon katsayısı.....	41
Şekil 5.7. CO ₂ emisyonunun BUS ile modellenmesi.....	41
Şekil 5.8. Hidrojen miktarı.....	42
Şekil 5.9. Devir sayısı.....	43
Şekil 5.10. CO ₂ emisyon değeri.....	43
Şekil 5.11. %10 hidrojen ve 2200 devirdeki CO ₂ emisyon miktarının BUS ile hesaplanması.....	45
Şekil 5.12. Deneysel ve BUS' daki verilerin korelasyon katsayısı.....	47
Şekil 5.13. NO _x emisyonunun BUS ile modellenmesi.....	47
Şekil 5.14. Hidrojen miktarı.....	48
Şekil 5.15. Devir sayısı.....	49
Şekil 5.16. NO _x emisyon değeri.....	49
Şekil 5.17. %10 hidrojen ve 2200 devirde NO _x emisyon miktarının BUS ile hesaplanması.....	51

Şekil 5.18. Deneysel veriler ile BUS'daki verilerin korelasyon katsayısı.....	53
Şekil 6.1. 1800 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	55
Şekil 6.2. 2000 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	56
Şekil 6.3. 2200 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	57
Şekil 6.4. 2400 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	58
Şekil 6.5. 2600 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	59
Şekil 6.6. CO emisyonlarının devir sayılarına göre farklı hidrojen miktarlarındaki değişimi.....	60
Şekil 6.7. 1800 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO ₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	62
Şekil 6.8. 2000 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO ₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	62
Şekil 6.9. 2200 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO ₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	63
Şekil 6.10. 2400 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO ₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	64
Şekil 6.11. 2600 d/d farklı H ₂ oranlarındaki CO ₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	65
Şekil 6.12. CO ₂ emisyonlarının devir sayılarına göre farklı hidrojen miktarlarındaki değişimi.....	66
Şekil 6.13. 1800 d/d farklı H ₂ oranlarındaki NO _x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	68
Şekil 6.14. 2000 d/d farklı H ₂ oranlarındaki NO _x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	69
Şekil 6.15. 2200 d/d farklı H ₂ oranlarındaki NO _x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	69

Şekil 6.16. 2400 d/d farklı H ₂ oranlarındaki NO _x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	70
Şekil 6.17. 2600 d/d farklı H ₂ oranlarındaki NO _x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini.....	71
Şekil 6.18. NO _x emisyonlarının devir sayılarına göre farklı hidrojen miktarlarındaki değişimi.....	72

KISALTMALAR

BM	:Bulanık Mantık
BMS	:Bulanık Mantık Sistemleri
BTS	:Bulanık Taban Sistemleri
BUS	:Bulanık Uzman Sistemler
CO	:Karbonmonoksit
CO ₂	:Karbondioksit
H ₂	:Hidrojen
H ₂ O	:Su
HC	:Hidrokarbon
LPG	:Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NO _x	:Azot Oksit
NREL	:National Renewable Laboratories
O ₂	:Oksijen
PPM	:Milyonda Bir Partikül

1. GİRİŞ

Çevre kirliliğine sebep olan önemli etkenlerden birisi de içten yanmalı motorlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarıdır. Fosil kaynaklı yakıtların aşırı kullanımı sonucu tükenmesi ve artan çevre kirliliği, çevre bilincine uygun ve yenilenebilir alternatif yakıtların araştırılmasını gündeme getirmiştir. Araştırılacak alternatif yakıtın içten yanmalı motorun performansını fazla düşürmemesi ve egzoz emisyonlarını olumlu yönde etkilemesi gerekmektedir. Fosil kökenli yakıtlar temelde karbon ve hidrojenden oluşmaktadır. İdeal yanma işleminde, bu fosil kökenli yakıtların yakılması durumunda yanma ürünleri olarak CO₂, H₂O ve O₂ meydana gelmektedir. Yanma sıcaklığına bağlı olarak ta NO_x oluşmaktadır.

Ancak yanma yukarıda anlatıldığı gibi tam olarak gerçekleştirilememektedir. Bu durumda yanma ürünleri olarak CO₂, H₂O yanında CO ve HC gibi ürünler ortaya çıkmaktadır. Yakıt içerisindeki kükürt ve çeşitli nedenlerle eklenen katkı maddeleri de yanma sonucu karışımıza çıkmaktadır. Ayrıca alternatif yakıtın elde edilebilirliği, maliyetinin düşük olması, kullanılabilirliği, bulunabilirliği ve motorda fazla değişiklik gerektirmeden kullanılması da önem taşımaktadır. Yüksek verim, çevre sorunları ve fosil yakıt rezervlerinin azalması gibi sorunlar 21.yy enerji tercihinin yenilenebilir yakıtlardan yana olması sonucunu doğurmaktadır. Yenilenebilir yakıtlardan da hidrojen üzerinde yoğunlaşmıştır.

Elektroliz ile sudan elde edilebilmesi, fiziksel ve kimyasal özellikleri, dizel yakıtına göre motordan daha yüksek güç elde etme imkânı sağlaması ve çevreye olumlu etkileri hidrojeni önemli bir alternatif yakıt konumuna getirmektedir. Motor yakıtı olarak hidrojen kullanımı 1920'li yıllarda başlamış ve günümüze kadar yapılan

çalışmalarla hidrojen kullanım sınırına ulaşmıştır. Uygulamanın yaygınlaştırılmasının önündeki engeller; ekonomik faktörler ve mevcut enerji sistemleri ile geleneksel motorların demode olmasının getirebileceği sakıncalardır. Ancak petrol kaynaklarının hızlı tüketilmesi ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri hidrojen kullanımının yaygınlaştırılmasını zorunlu kılmaktadır.

Hidrojen, fosil yakıtlara olan bağılılığı ortadan kaldırarak kirliliğin önlenmesini sağlayabilir. Bu amaçla ülkeler engellerin aşılması için gereken teknolojilere ulaşabilmek için belli programlar oluşturarak bu yönde araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmaktadırlar. Hidrojen; petrol, etan, metan, doğal gaz gibi yakıtlarla birlikte içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Böylece kirlilik azaltılıp performansın artırılabilmesi mümkündür.

Bu çalışmada; dizel yakıtı ve dizel yakıtı+ hidrojen kullanımının motor performansı ve emisyonu üzerindeki etkilerinin incelendiği deneysel bir çalışmadan veriler alınarak, çalışılmayan ara hidrojen oranı değerleri için emisyon oranları tespit edilmiştir. Bunun için Matlab' ın Fuzzy Logic Toolbox' ında geliştirilen bir Bulanık Uzman Sistem kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatür özeti iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılan yakıtlar incelenmiştir. İkinci kısımda içten yanmalı motorlarda performans ve emisyonların yapay sinir ağları ile belirlenmesi incelenmiştir.

2.1. İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Ek Yakıtlar

Ateş (1985), temel olarak hidrojenin depolanma çeşitleri ve problemleri ile içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılması ve ortaya çıkan neticeler üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada dizel ve otto çevrimi esasına göre çalışan motorlarda yapılması gereken değişiklikler üzerinde de durulmuştur. Son bölümde ortaya çıkan neticelerin genel bir değerlendirmesi yapılarak bir hidrojen motorunda olması gereken özellikler özet olarak verilmiş ve çözümler üzerinde durulmuştur.

Dipioğlu (1998), hidrojenin taşıt üzerinde üretimi ve petrol kökenli yakıtlar ile birlikte içten yanmalı motorlarda kullanımını incelemiştir. Bu çalışmada içten yanmalı motorların emisyon değerlerini azaltmak ve yakıt tasarrufu sağlamak için geliştirilen taşıt üzerinde hidrojen üretim yöntemleri ve hidrojenin ilave yakıt olarak motorda kullanılmasının araştırılması amaçlanmıştır. Hidrojen özellikleri, üretilmesi, depolanması ve içten yanmalı motorlarda kullanılması incelenmiş ve araç üzerinde hidrojen üretim yöntemleri, çalışma prensipleri, verimleri, kullanılan enerji kaynakları ve emisyonlara olan etkileri araştırılmıştır. Esas yakıtı ilave edilen

hidrojenin kullanılması ile motor karakteristiğine ve emisyonlara olan etkisi araştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Al-Baghdadi ve Al-Janabi (2000), dört zamanlı benzinli motorlarda performans ve egzoz emisyonları için ek yakıt olarak hidrojen ile etanol karışımı ilavesini incelemiştir. Benzinli motorlarda iki yakıt ilavesi ile motor parametrelerinde iyileşmeler sağlandığını gözlemlemiştir. İlave yakıt olarak %4 hidrojen ve % 30 etil alkol karışımının ilavesi ile CO emisyonlarında %49, NO_x emisyonlarında %39, özgül yakıt tüketiminde %49 azalmalar ve ısıl verimde %5, motor çıkış gücünde de %4 artış olduğunu belirlemiştir. Etil alkolde %30'un üzerine çıkılmasının motor için uygun olmadığını, motor gücünde düşüslere sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Temelci (2000), taşıtlarda alternatif yakıt olarak hidrojen kullanımını çalışmıştır. Bu çalışmada içten yanmalı motorlarda hidrojen kullanımında karşılaşılan erken tutuşma ve geri tutuşma gibi sorunların giderilmesi için püskürtme sistemleri geliştirilmiş, bunun için motor üzerinde çeşitli değişiklikler yapılmıştır. Hidrojenin mevcut yakıtlarla rekabet edebilmesi için üretim yöntemleri ve depolama sistemleri araştırılmıştır.

Ceviz (2000), alternatif yakıt olarak hidrojen benzin karışımlarının benzinli motorlarda kullanılmasını incelemiştir. Çalışmada bilinen elektronik kontrollü, dört silindirli ve 4 zamanlı bir benzin motoru hidrojen ilavesi ile ikili yakıt prensibine göre çalıştırılmak üzere düzenlenmiştir. Ayrıca çeşitli çalışma şartları altında hidrojen ve benzinin optimum karışım oranları belirlenmiştir.

Baghdadi (2003), dört zamanlı benzinli motorlarda performans ve egzoz emisyonları için yakıt olarak hidrojen ile etanol karışımını kullanmıştır. Deneylerde yüzde 2, 4, 6, 8, 10, 12 kütle oranlarında hidrojen etanol karışımı kullanmıştır. Bu karışım oranlarında özgül yakıt tüketimi, motor gücü, CO ve NO_x emisyonlarını incelemiştir. Deneyleri değişik sıkıştırma oranında ve denklik oranında yapmıştır. Sonuçta hidrojen etanol karışımında yanma işlemi iyileşmiş, motor gücü artmış,

özgül yakıt tüketimi azaltılmış ve zararlı emisyonların azalmıştır. Bu sonuçları yakıt olarak benzin kullanan motor verileri ile karşılaştırmıştır.

Murcak (2003), dizel motorlarda hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel analizini yapmıştır. Bu çalışmada tek silindirli, 4 zamanlı, hava soğutmalı bir dizel motoru üzerinde motorin ve motorin + hidrojen karışımları yakıt olarak denenmiştir. Hidrojen, karıştırıcı vasıtasıyla motorun emme manifoldundan belirli oranlarda verilmiştir. Deneyler tam yük şartlarında yapılarak sonuçları her iki yakıt için karşılaştırılmıştır.

Akansu ve Ark. (2004), içten yanmalı motorlarda hidrojen ile doğalgaz karışımını kullanmışlardır. Hidrojen ilavesi ile CO, CO₂, ve HC emisyonlarında azalma ve NO_x emisyonlarında ise artma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Katalitik konvertör kullanılması ile NO_x emisyonlarında istenilen değerlere ulaşılmıştır.

Salman ve Ark. (2004), buji ile ateşlemeli motorlarda hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Bu deneysel çalışmada, tek silindirli, dört zamanlı, buji ile ateşlemeli motorlarda herhangi bir değişiklik yapılmadan ek yakıt olarak hidrojen kullanılmıştır. Hava yakıt oranı değiştirilmeden emme manifoldundanki hava-yakıt karışımı içine hidrojen eklenmiştir. Deneyleri değişik devirlerde yapmışlar ve motor değerlerini belirleyip karşılaştırmışlardır.

Choi ve Ark. (2005), değişken sıkıştırma oranlı tek silindirli bir motorda performans ve emisyon karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Motor testlerini 1400 dev/dk' da ve 8:1 sıkıştırma oranında yapmışlardır. Motor yakıtı olarak LPG' yi hidrojenle zenginleştirerek egzoz emisyonlarını, ısı verim ve performansını incelemişlerdir. Hidrojen ilavesi ile ısı verim azalmış, CO emisyonlarında hiçbir farklılık olmamış, CO₂ miktarı artmıştır. Aynı $\lambda=1.2$ değeri için saf LPG ile %20 hidrojen ilavesi kıyaslandığında NO_x emisyonlarının hidrojen ilavesinde daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Şahin (2006), hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanımının getireceği avantaj ve dezavantajlarını ve karşılaşılan problemleri incelemiştir. Bu çalışmada hidrojen enerjisine geçişte ara çözüm olarak önerilen yeni motor teknolojisinde kullanılacak yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığı, minimum tutuşma enerjisi, hacimsel tutuşma aralığı, laminar alev hızı gibi özellikleri ile avantaj - dezavantajları ve kullanım sırasında karşılaşılabilecek zengin karışım oluşturma, fakir karışım oluşturma, düzensiz yanma gibi problemler birlikte incelenmiştir. Ayrıca bu kapsamda pistonlu motorlarda yanma teknolojileri, yanma verimleri, çevresel etkileri, kullanılacak malzemelerin seçiminin önemi de ayrı ayrı tartışılmıştır.

Batmaz (2007), yapmış olduğu deneysel çalışmada, tek silindirli, 4 zamanlı buji ile ateşlemeli motorda herhangi bir tasarım değişikliğine gidilmeden ek yakıt olarak hidrojen kullanmış ve egzoz emisyonları ile motor performansına etkilerini incelemiştir. Hava yakıt oranı değiştirilmeden emme manifoldundaki hava-yakıt karışımına % 4, % 8, % 12 oranlarında hidrojen eklemiştir. Deneyler tam gaz kelebek açıklığı şartlarında yapılmıştır. Motorda ek yakıt olarak hidrojen kullanılması CO ve HC ile özgül yakıt tüketimini azaltmış, buna karşın hacimsel verim, motor momenti ve çıkış gücünün azaldığı belirtilmiştir.

Saravanan ve Nagarajan (2008), çalışmalarında havayı hidrojenle zenginleştirilerek dizel motorlarda performans artışı ve emisyon azalması sağlandığını göstermişlerdir. Hidrojenle zenginleştirmede yüksek ısı verim, düşük özgül yakıt tüketimi sağlanmıştır. NO_x emisyonlarının 2762 ppm' den 515 ppm'e inmesi, %90 hidrojen zenginleştirilmesinde ve %70 motor yükünde elde edilmiştir. Tam yük konumunda NO_x emisyonlarında dizel yakıt ile karşılaştırıldığında artma, duman ve partikül maddede ise yaklaşık %50 azalma olduğunu belirtmişlerdir. %30 hidrojenle zenginleştirmede ısı veriminin %22.78 dan %27.9 a yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Dizel motorlarda hidrojenle zenginleştirme sonucu emisyonlarda azalma ve performansta iyileşme olduğunu belirtmişlerdir.

2.1. İçten Yanmalı Motorlarda Performans ve Emisyonların Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi

Taşdemir (2004), benzinli bir motorun performans ve emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi için bulanık uzman sistem tasarımı çalışmıştır. Bu çalışmada benzinli bir motorun performans ve emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi için yapay zeka tekniği olarak bir bulanık uzman sistem (BUS) tasarlanmıştır. Tasarlanan BUS'ta giriş parametreleri olarak avans ve motor devri, çıkış parametreleri olarak moment, güç, özgül yakıt tüketimi ve emisyon değeri olarak da HC seçilmiştir. Matlab ile yazılan BUS programında Fuzzy Logic Toolbox'ından faydalanılmıştır.

Arçaklıoğlu ve Çelikten (2005), dizel motorlarda enjeksiyon basıncı, motor hızı ve klape konumuna göre motor performansı ve emisyon değerlerini yapay sinir ağları ile belirlemişlerdir. Deneyde kullanılan motor ön yanma odalı ve turboşarjlı olup enjeksiyon basıncı 150 bardır. 100, 150, 200, 250 bar olmak üzere 4 farklı enjeksiyon basıncında, klape konumu %50, %75, %100 olacak şekilde deneyler yapılmıştır. Bu verilerle motor torku, gücü, özgül yakıt tüketimi, egzoz emisyonları ve duman miktarını ölçmüşlerdir. Yapay sinir ağları uygulamalarında enjeksiyon basıncı, motor hızı, klape konumunu giriş verileri olarak, egzoz emisyonları ve performans değerlerini çıktı verisi olarak kullanmışlardır. Deneylerde; eğitim verilerinin korelasyon katsayısı $R^2=0.9999$, test verilerinin korelasyon katsayısı $R^2=0,999$ olarak bulunmuştur.

Parlak ve Ark. (2006), yapay sinir ağları ile çeşitli enjeksiyon zamanlarında dizel motorlarda egzoz sıcaklığı ve özgül yakıt tüketimi çalışmışlardır. Deneysel veriler ile yeni model karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalar ile yapay sinir ağları sonuçları uyumluluk göstermektedir. Sonuçlar yapay sinir ağları ile karşılaştırıldığında hata oranının %2'den daha az olduğunu belirlemişlerdir.

Nagendra ve Khare (2006), yapay sinir ağı ile araçlardaki egzoz emisyonlarının yayılmasının ölçülmesinde alternatif metot olarak kullanmışlardır. NO₂ yayılma olayını adım adım yapay sinir ağı tekniği kullanarak modellemişlerdir. Çalışmada; birincisi bir trafik kavşağında diğeri Delhi şehrinde bir anayol olmak üzere iki tane kalite kontrol bölgesi oluşturulmuştur. Bu modeller farklı trafik koşullarında ve farklı tropik meteorolojide denenmiştir. Giriş verisi olarak 10 tane meteorolojik durum ve 6 tane farklı trafik karakteristiği kullanılmıştır. Eğitim modelinde iki yıl boyunca 1 Ocak 1997' den 31 Aralık 1998' e kadar veriler toplanarak kullanılmıştır. Sonuçta yapay sinir ağı kullanılan NO₂ modelinin performansı değerlendirilmiştir.

Yücesu ve Ark. (2006), bu çalışma iki durum içermekte olup birinci kısım deneysel analizdir. Bu kısımda benzinli motorlarda yakıt olarak etanolu kullanmışlardır. Yüksek oktan sayısı, düşük emisyon değerleri ve yüksek motor performansı için yenilenebilir enerji kaynaklarından etanol seçmişlerdir. Birinci aşamada etanol kurşunsuz benzin karışımını (E10, E20, E40 ve E60) tek silindirli 4 zamanlı benzinli motorda test etmişlerdir. Testler çeşitli ateşleme zamanları, sıkıştırma oranlarında sabit 2000 devirde ve tam açık kelebek konumunda yapmışlardır. Bu testlerde motor torku ve özgül yakıt tüketimini incelemişlerdir. İkinci aşamada matematiksel modelin analizinde deneysel analizin sonuçları kullanılarak farklı yakıt yoğunluklarında kelebeğin tam açık konumunda sabit 2000 devirde motor torku ve özgül yakıt tüketiminin belirlenmesi için yapay sinir ağını kullanmışlardır. Deneme verileri ile yapay sinir ağı modeli arasında iyi bir uyum elde etmişlerdir. Motor torkunun korelasyon katsayısını $R^2=0.999996$, özgül yakıt tüketiminin korelasyon katsayısını $R^2=0.999991$ olarak bulmuşlardır.

Sayın ve Ark. (2007), çalışmalarında benzinli motorda özgül yakıt tüketimi, ısı verim, egzoz gaz sıcaklığı ve egzoz emisyonlarını yapay sinir ağı ile incelemişlerdir. Dört silindirli dört zamanlı benzinli deney motorunda farklı oktan sayılarında (91, 93, 95 ve 95.3) farklı motor devirlerinde ve farklı torklarda elde edilen verileri kullanmışlardır. Bu veriler ile motor temel algoritmasını

geliştirmişlerdir. Performans yapay sinir ağları değerlerini deneysel verilerle karşılaştırıp sonuçları eğitme işleminde kullanmışlardır. Yapay sinir ağları ile tahmin edilen motor performansı, egzoz emisyonları ve egzoz gazları sıcaklığı sonuçları iyi olup korelasyon katsayısı 0,983 – 0,996 arasında, hata oranı %1.41 - %6.66 arasında çıkmıştır. Sonuçta yapay sinir ağları yaklaşımı ile içten yanmalı motorlarda performans ve emisyon değerlerinin belirlenebileceğini söylemişlerdir.

3. HİDROJEN ENERJİSİ

Dünyanın giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve devamlı olarak sağlayabilecek en ideal enerjinin hidrojenden sağlanacağı bugün bütün bilim adamlarınca kabul görmektedir. Hidrojen enerjisinin insan ve çevre sağlığını tehdit edecek bir etkisi yoktur. Kömür, doğalgaz gibi fosil kaynakların yanı sıra sudan ve biyokütleden de elde edilen hidrojen, iyi bir enerji kaynağı olduğu düşünülmektedir. Hidrojen yerel olarak üretimi mümkün, araçlardan ısınmaya, sanayiden mutfaklara kadar her alanda yararlanılabilecek bir enerji türüdür (Dipioğlu, 1998).

Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanılabilir. Bununla birlikte bilim dünyasında hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusunda ciddi çalışmalar yapılmaktadır.

1950'lerin sonlarında, NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmaya başlayan yakıt pilleri, son yıllarda özellikle ulaştırma sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde başarı ile kullanıma sunulmuştur. Yakıt pilleri, taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları gibi mobil uygulamalar için kullanılabilirliği gibi elektrik santralleri için de uygun güç sağlayıcılardır. Yüksek verimlilikleri ve düşük emisyonları nedeniyle, ulaşım sektöründe de geniş kullanım alanı bulmuşlardır.

3.1. Hidrojenin Özellikleri

Kokusuz, renksiz, tatsız ve saydam bir yapıya sahip olan hidrojen, doğadaki en hafif kimyasal elementtir. Sıvı hidrojenin birim kütesinin ısı değeri 141.9 MJ/kg olup, petrolden 3.2 kat daha fazladır. Sıvı hidrojenin birim hacminin ısı değeri ise 10.2 MJ/m³ tür ve petrolün % 28'i kadardır. Gaz hidrojenin birim kütesinin ısı değeri sıvı hidrojenle aynı olup, doğal gazın 2.8 katı kadarken, birim hacminin ısı değeri 0.013 MJ/m³ ile doğal gazın % 32.5'i olmaktadır. Metal hidridlerin kütesel enerji içeriği 2-10 MJ/kg ile sıvı hidrojene göre çok küçükken, hidridlerin hacimsel enerji içeriği 12.6-14.3 MJ/m³ ile gaz ve sıvı hidrojenden büyüktür (Veziroğlu, 2003).

Dünya nüfusundaki ve uygarlık düzeyindeki artışlarla birlikte toplam enerji gereksiniminin artmasına karşın günümüzde kullanılmakta olan enerji kaynaklarının hızla tükenmekte olması alternatif enerji kaynaklarına olan gereksinimi zorunlu kılmaktadır. Petrol krizinin ve çevre sorunlarının etkisi altında yakın bir gelecekte, içten yanmalı motorlarda kullanılan benzin, mazot gibi petrol kökenli bilinen yakıtların yerini alternatif yakıtların alacağı varsayılmaktadır.

Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında yarar sağlayacak en önemli özelliklerinden biri farklı hava hidrokarbon karışım oranları için hava fazlalık katsayısının 0.3-1.7 değerleri arasında tutuşma sağlanabilmekte iken hidrojen için bu sınır 0.15-4.35 değerlerine ulaşmaktadır. Hidrojen-hava karışımlarını ateşlemek için gerekli enerji miktarı da diğer yakıtlara oranla çok düşüktür. Bu durum tutuşma garantisi sağlaması açısından Otto ilkesi ile çalışan motorlarda avantaj sağlamakla birlikte erken tutuşma ve geri yanma gibi sorunları da beraberinde getirmektedir.

Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığının oldukça yüksek (1 atm. basınçta 847- 867 K) ve oktan sayısının yüksek olması, hidrojenin dizel motorlardan çok Otto ilkesi ile çalışan motorlar için daha uygun bir yakıt olacağını göstermektedir. Dizel motorlarda hidrojen tek başına veya dizel yakıtıyla birlikte kullanımının gerçekleştirildiği örneklerde bulunmaktadır.

Hidrojenin yanması sonucu elde edilen alev hızı da oldukça yüksektir. Bu değer stokiyometrik karışımlar için benzin-hava karışımlarındaki alev hızının yaklaşık dört katı düzeyindedir. Hidrojen diğer mevcut içten yanmalı motor yakıtlarından çok yüksek ısı değerlerine sahiptir (Alt ısı değeri 119.9 MJ/kg, Üst ısı değeri 141.86 MJ/kg). Ancak hacimsel olarak ele alındığında hidrojenin ısı değerinin diğer yakıtlardan çok daha düşük olduğu görülecektir. Bu duruma bazı çözümler sağlanmaması halinde motorun maksimum gücü açısından eşdeğer özellikteki benzin motorlarına göre bazı kısıtlamalar getirecektir. Hidrojenin difüzyon katsayısı da öteki yakıtlardan daha fazladır. Ayrıca gaz halindeki hidrojen; kağıt, kumaş, kauçuk vb. malzemelerden ve platin, demir, çelik gibi bazı metallerden difüzyon yolu ile geçebilmektedir. Hidrojenin bu özelliği depolanmasında bazı sorunlar oluşturmaktadır.

3.2. Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen

Hidrojen, suyun ve temiz güç kaynağının olduğu her yerde potansiyel olarak mevcuttur. Diğer yakıt türlerine kıyasla daha verimli yanma özelliğine sahiptir. Hidrojen, karbon ve sülfür içermediği için yanma ürünleri arasında CO, CO₂ ve HC yoktur. Teorik olarak hidrojen yandığı zaman sadece su oluşur (Soruşbay ve Arslan, 1988).

Özellikle motor ve araç teknolojisi açısından alternatif olarak seçilen yakıtın içten yanmalı motorlarda kullanımı doğal dengenin korunması ve fosil yakıt türleri ile yarışabilir karakteristiğe sahip olması gerekir.

Hidrojenin birçok yönüyle ekolojik açıdan avantajlı olduğunu rahatlıkla söylenebilir. İkincil bir enerji kaynağı durumunda olan hidrojenin değişik ve yenilenebilir birincil enerji kaynakları ile elde edilebilir olması, bu yakıt türünü geleceğin en önemli yakıtı olarak kabul edilmektedir.

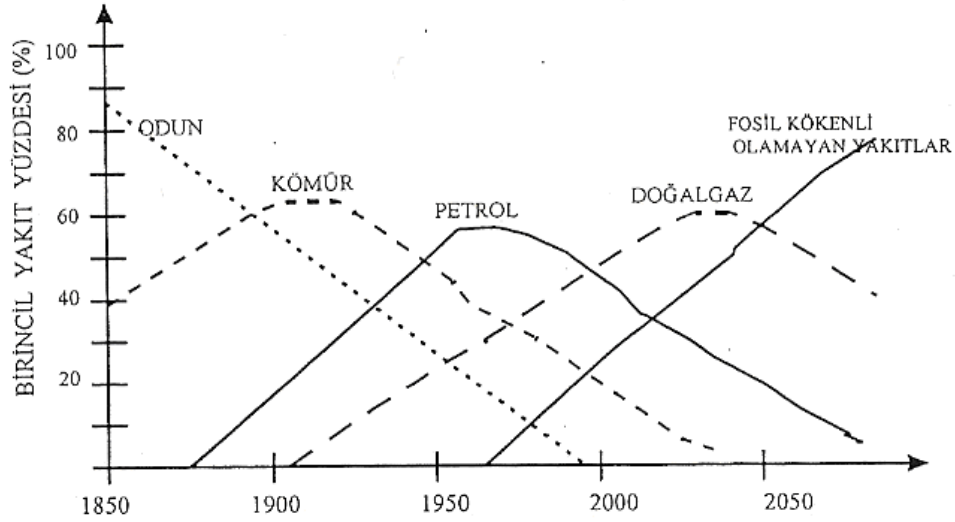
Ayrıca hidrojen diğer fosil yakıtlarla kullanılabilme özelliğine sahiptir. Bu özelliğiyle de birçok avantajlar sağlamaktadır. Bunlar:

- Yakıt/hava karışım sınırı düşürülmesi sonucu NO_x ve CO emisyonlarının azalması ve ısı verimliliğinin artması
- Çevrimler arasındaki basınç farklarının artması
- Karışımın alev hızının artması.

3.3. Hidrojenin Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması

Dünya insanlık tarihi, ikinci büyük enerji geçişinin ortasındadır. Birinci geçiş ağaç kaynaklarından kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kökenli yakıtlara olmuştur. Bu yakıtlar 150 yıl boyunca enerji üretiminde kütleli bir artış sağlamıştır. Böylece çok büyük gelişmeler kısa bir süreye sığdırılmıştır. İkinci enerji dönüşümü karbonu daha az, hidrojeni daha fazla içeren temiz, nükleer enerjiden daha güvenli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına uygun geçişi sağlayıcı olarak göze çarpmaktadır.

Ulaşım sektöründe hidrojen, kullanılacak enerji taşıyıcısı olarak görülmektedir. Bugün dünyadaki enerji ve çevre problemlerinde belirgin olanları bu alandadır. Özellikle kent alanlarında otomobil egzoz emisyonları hava kirliliğinin en büyük kaynağıdır.



Şekil 3.1. Enerji kaynaklarının evrimi (Dipioğlu 1998)

Hidrojen yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilir. Örneğin güneş enerjisi ile sudan hidrojen elde edilebilir. Üretilen hidrojen içten yanmalı motorlarda yakılabilir ya da yakıt pillerinden üretilebilecek elektrik, elektrikli taşıtları çalıştırabilir. Her iki yöntemde de yanma ürünü olarak su açığa çıkar. Açığa çıkan bu ürün tekrar kullanılabilir.

Hidrojen teknolojisi bir kaç yıl sonra kullanılabilir duruma gelecektir. Doğal gaz bu sürecin daha kısa ve kolay olmasını sağlayabilir. Hidrojen; doğal gaz, petrol ve diğer enerji taşıyıcılarına oranla daha kullanışlıdır. Doğal gaz benzine oranla karbon monoksit ve toksik hava kirleticilerinde %95, hidrokarbon emisyonunda %80, azot oksit emisyonunda %30'luk bir azalma sağlar. Böylece küresel iklim değişimlerini azaltıcı özelliktedir. Hidrojen ve doğal gaz ortak yönlere sahiptir.

Hidrojen, üretim, dağıtım, kullanım ve güvenlik bakımından benzine karşılaştırıldığında bazı avantajlara sahiptir. Öncelikle temizdir, yenilenebilir şekilde üretilir, sağlıklıdır. Güvenlik açısından da tehlikeli olduğu düşünülüyorsa da uzay çalışmalarından elde edilen tecrübelerle böyle olmadığı anlaşılmıştır. Fakat gerçek dünya şartlarında hidrojenin araçlarda kullanılması halinde karakteristiğinin net olarak belirlenmesine ihtiyaç vardır. Böylece teknolojik çözümler geliştirilebilir.

Hidrojenin kullanımının amacı olan çevre sorunları ve enerji problemlerinin çözümünde önemli olan konu hidrojenin üretim, dağıtım, kullanımında seçilecek olan yöntem ve teknolojilerdir. Hidrojenin üretimi göz önüne alındığında; elektroliz, elektrik üretimindeki maliyetlerin yüksek olması sebebi ile yeterince uygun değildir. Ayrıca elektrik üretimindeki yöntem de önemlidir. Amaç hava kirliliğinin azaltılması iken termik santrallerin kullanılması, güvenilir olmasından bahsederken nükleer enerjiden elektrik üretimi uygun değildir. Kömür ve doğal gazdan hidrojen üretiminde ise emisyon faktörlerinin etkileri az olsa da önemini koruyacaktır. Bu etkilerin minimizasyonu için fotovoltaik piller, doğrudan güneş enerjisi, biyokütle gibi üretim yöntemleri kullanılabilir.

Hidrojen, rakip yakıtlarla karşılaştırıldığında uygun seçenekler sunmaktadır. Hidrojen - yakıt pili -elektrik motoru sistemi örnek olarak alınırsa; fosil yakıtları kullanan İYM 'lara göre enerji verimliliğinin yaklaşık 2.5 katının elde edilmesi mümkündür. Benzer olarak yakıt pili sistemi ile elektrik üretimi fosil yakıt kullanan türbin motorların 2 katı verimlilik elde edilebilir.

4. BULANIK MANTIK

4.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi

Gerçek bir olay, insanın düşünce sisteminde ve zihninde yaklaşık olarak canlandırılarak yorumlanır. Bilgisayarların kullandığı Aristo mantığından farklı olarak; insanın yaklaşıklık ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır. Bulanık mantık kavramı, kesin sonuçlardan çok kesin olmayan yaklaşık kriterleri göz önüne alır. Örneğin; "hava sıcak" denildiğinde, "sıcak" kelimesinin ifade ettiği anlam olarak kişiden kişiye farklı olabilir. Kutuplarda bulunan bir kişi 1 °C u sıcak olarak algılamakta, ekvator civarındaki bir kişi 35 °C u sıcak olarak algılayabilir. Yani "sıcak" kavramı kesin değil belirsizdir. Bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanık denmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, "sıcak" kelimesinin ne kadar fazla sayısal dereceler topluluğunu temsil ettiği. Bu topluluğa da bulanık mantık kümesi adı verilmektedir. Bazı insanların sıcaklığı 15 derece bazılarının ise 35 derece gibi oldukça farklı sayısal biçimde algılamasına rağmen bu insanlar arasında bir farklılık bulunmaz. Ancak Aristo mantığında sadece "sıcak" ve "soğuk" vardır. İşte bulanık mantığın avantajı da budur. Zadeh (1965) insan düşüncesindeki belirleyici fikirlerin sayılar olmayıp bulanık kümelerin seviyeleri olduğunu gözlemlemesi ile bulanık mantık üzerindeki çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Sosyal bilimlerden mühendislik uygulamalarına kadar hemen her alanda bir uygulama örneği bulmak mümkündür. Bulanık mantığın en fazla uygulama bulunduğu alan, kontrol sistemleri olarak görülmektedir. Bunun nedeni de 1970'li yılların başında Mamdani ve arkadaşlarının bulanık mantık tabanlı bir denetleyici tasarlayarak uygulamaya koymaları olmuştur (Elmas, 2003).

Kontrol işlemi için uygulama yapılırken her şeyden önce sistemin matematiksel modeline ihtiyaç duyulur. Ancak pratikte bu modelleme her zaman

mümkün olmayabilir. Bazı durumlarda doğru model kurulsa bile bunun uygulamada kullanılması karmaşık problemlere yol açabilir. Bu gibi sorunlarla karşılaşıldığı zaman genellikle kontrol olayını gerçekleştiren uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanma yoluna gidilir. Uzman kişi özel değişkenler olarak tanımlanan; uygun, çok uygun değil, yüksek, biraz yüksek, fazla, çok fazla gibi günlük yaşantımızda sıkça kullandığımız kelimeler doğrultusunda esnek bir kontrol mekanizması geliştirir. İşte bulanık küme teorisinin ve bulanık mantığın uygulaması olan bulanık mantık kontrol bu tür mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur (Şen, 2004).

4.2. Bulanık Mantığa Giriş

Klasik küme kuramında, bir X kümesindeki A altkümesi, kendisine ait karakteristik fonksiyonu olan χ_A ile ifade edilir. Karakteristik fonksiyon, X in elemanlarını $\{0,1\}$ kümesine dönüştürür,

$$\chi_A : X \rightarrow \{0,1\}$$

Bu dönüşüm, X in her elemanı için bir sıralı ikili kümesiyle ifade edilebilir. Bir sıralı ikililerin ilk elemanı, X in bir elemanı ve sıralı ikilinin ikinci elemanı ise $\{0,1\}$ kümesinin bir elemanıdır. Sıfır değeri ait olamamayı temsil ederken 1 değeri ise aitliği gösterir.

" x , A nın içindedir" şeklindeki bir önermenin doğruluğu (ya da yanlışlığı), $(x, \chi_A(x))$ sıralı ikilisiyle belirlenir. Eğer sıralı ikilinin ikinci elemanı 1 ise önerme doğru, eğer bu değer 0 ise önerme yanlıştır.

Benzer şekilde, X kümesinin bir altkümesi olan A bulanık kümesi, sıralı ikililer kümesi ile ifade edilebilir. Bir sıralı ikilinin ilk elemanı, X in bir elemanı iken bu sefer ikilinin ikinci elemanı ise $[0, 1]$ aralığından bir değerdir. Böylece, X in her

elemanı bir sıralı ikili ile ifade edilmiş olur. Aslında bu, X in her elemanı ile $[0, 1]$ aralığı arasında bir dönüşüm, μ_A , tanımlar. Sıfır değerli tam olarak ait olmamayı tanımlarken, bir değeri tam üye olma anlamında ve diğer değerler ise ara üyelik değerlerini gösterir. A bulanık kümesi için X kümesi evrensel kümedir. μ_A dönüşümü, genellikle, A 'nın üyelik fonksiyonu olarak tanımlanır (Elmas, 2003)

" x , A 'nın içindedir" gibi bir önermenin doğruluk derecesi, $(x, \mu_A(x))$ sıralı ikililerinin ikinci elemanı aracılığı ile belirlenir. Burada üyelik fonksiyonu ile bulanık küme terimleri kendi aralarında değişebilecek şekilde kullanılır.

A kümesi,

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır ve genellikle μ_A yerine kısaca $A(x)$ yazılır.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ sonlu kümesindeki A bulanık kümesi çoğunlukla;

$$A = \frac{\mu_1}{x_1} + \frac{\mu_2}{x_2} + \dots + \frac{\mu_n}{x_n}$$

şeklinde gösterilir. Bu ifadede, A kümesinin elemanı x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) için üyelik derecesi değeri μ_i ile gösterilirken toplama işareti birleşimi ifade eder.

4.3. Bulanık Küme, Sistem ve Teknolojisi

Gün geçtikçe etrafımızda bulunan belirsizliğin nesnel olarak incelenmesi için alışla gelmiş yöntemlerin dışında bilimsel yöntemlere duyulan ihtiyaç artmaktadır. Özellikle bu belirsizlik durumları arasında sözel olanlar için Lütfü Asker Zade tarafından en uygun yöntem bilim esasının küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile olacağı belirtilmiştir. Aristo mantığına göre çalışan klasik

küme kavramında bir öge bir kümeye ya aittir ya da değildir. Bir öğeden diğerine geçiş keskin ve aniden değişen üyelik dereceleri sayesinde olmaktadır. Bulanık kümelerde ise bu geçiş yumuşak ve sürekli bir şekilde olmaktadır. Bu geçişte hayal gücü ve sezgi gibi görüşler büyük rol oynar (Baykal ve Beyan, 2004).

Bulanık mantık temeli bulanık küme kuramına dayanır. Geleneksel mantık sistemi yalnızca 1 ve 0 üzerine kuruludur. Doğru veya yanlış vardır. Bu ikisinin arası yoktur. Belirsiz bir problemin çözümü güçtür. Bulanık Mantık sisteminde de 1 ve 0 değerleri vardır. Bununla birlikte 0 ile 1 arasındaki değerler de kullanılır. Doğru ya da yanlışın ne kadar doğru ya da ne kadar yanlış olduğu belirlenebilir. Bulanık mantık olasılık teorisinden farklıdır. Olasılıkta problemin kendisi tanımlıdır (www.bumat.itu.edu.tr).

Bulanık sistemler, teorik ve matematik aksiyomlu yaklaşımlardan bağımsız bir çözüm algoritması temsil ettiğinden, bir sistemin modellenmesinde yaklaşık ve kolay çözümlülük verirler. Elde edilebilen tüm sayısal ve sözel bilgiler çözüm algoritmasına katılarak anlamlı çözümlere varılabilir. Bu bakımdan bulanık yöntem uzman kişilerinde vereceği sözel bilgileri işleyerek toptan çözüme gitmeye yarar (Şen, 2004).

Bulanık kuramının merkez kavramı bulanık kümeleridir. Küme kavramı kulağa biraz matematiksel gelebilir ama anlaşılması kolaydır. Örneğin “orta yaş” kavramını inceleyecek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Ama genel olarak 35 ile 55 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir. Bu kavramı grafik olarak ifade etmek istediğimizde karşımıza bir eğri çıkacaktır. Bu eğriye “aitlik eğrisi” adı verilir ve kavram içinde hangi değerlerin hangi ağırlıkta olduğunu gösterir.

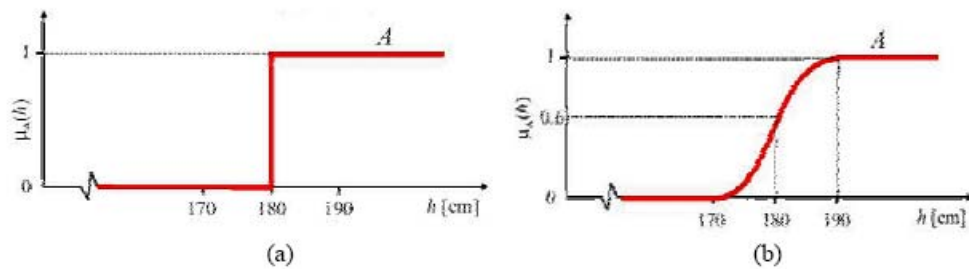
Bir bulanık kümesi kendi aitlik fonksiyonu ile açık olarak temsil edilebilir. Şekilde görüldüğü gibi aitlik fonksiyonu 0 ile 1 arasındaki her değeri alabilir. Böyle bir aitlik fonksiyonu ile “kesinlikle ait” veya “kesinlikle ait değil” arasında istenilen incelikte ayarlama yapmak mümkündür.

Bulanık mantık ile matematik arasındaki temel fark bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek işte bu yüzden zordur, çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 38.5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek birçok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir.

Bulanık Mantıklı Sistemleri(BMS) incelerken öncelikle Bulanık Mantık(BM) yada Bulanık Kümelerin tanımının yapılması gerekmektedir. Bulanık Mantık bir yöntemden çok bir düşünce yapısıdır. BMS' lerde diğer Bulanık Taban Sistemlerinde (BTS) de olduğu gibi bir bilgi tabanı vardır. Bu bilgi tabanı BMS' de kullanılacak çıkarım mekanizmasının kural tabanı ve yöntemlerini ve uygulama alanı ile bağlantıyı sağlayacak olan işlevlerin değişkenlerini içermektedir. Bu bilgi tabanı içeriğini öğrenme ve adaptasyon özelliklerini kullanarak dinamik olarak değiştirebilecektir (Elmas, 2003).

4.3.1 Bulanık kümeler

Klasik mantık iki mutlak sonuç içerir ve "0" ve "1" olarak tanımlanabilir. Bulanık mantıkta ise $[0,1]$ aralığında tanımlayabileceğimiz sonsuz değerli sonuç bulunmaktadır. Bu değerlere ise "üyelik derecesi" adı verilir. Klasik mantıkta bir A kümesinin üye olma derece "0" veya "1" dir. Bulanık mantıkta ise $\mu_A(x) \in [0,1]$ arasında değişmektedir.



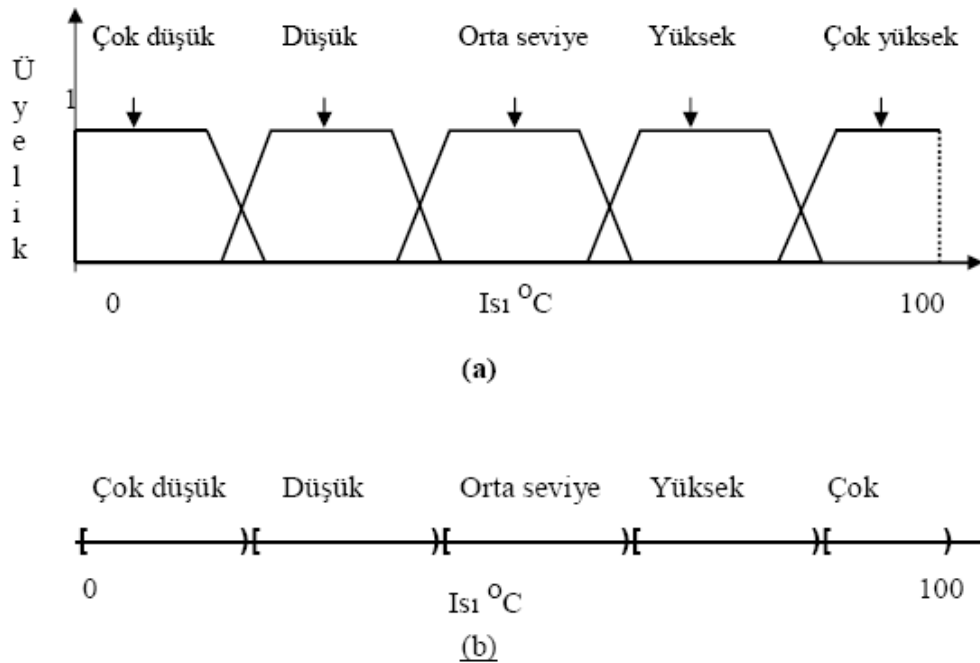
Şekil 4.1. (a): Klasik mantık ,(b): Bulanık mantık (www.yapay-zeka.org)

Şekil 4.1. a-b' de A uzun boylu insanlar kümesi $h \geq 180$ olarak tanımlanmış ve iki mantığa göre kümeler çizilmiştir. Şekil 4.1 a' daki A kümesi keskin bir sınırla ayrılmış, Şekil 4.1 b' deki A bulanık kümesi ise belirsizliği tanımlamak ve hatayı tolere etmek açısından farklı üyelik dereceleri kullanmıştır. $h=179$ cm klasik mantığa göre uzun boylu insanlar sınıfına giremezken, bulanık yaklaşımda belirli bir üyelik derecesine sahiptir ve insan mantığını ve sübjektifliğini belirli oranda yansıtmış olmaktadır.

Açıktır ki görülmektedir ki bulanık kümelerin kullanışlılığı; büyük oranda, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becericisine dayanmaktadır. Bu beceri, bulanık kümeler teorisinin ilk zamanlarında zayıf olsa da, günümüzde birçok alanda gelişmiştir. En sık kullanılan fonksiyonlar kolaylık açısından “üçgen” ve “yamuktur”. Fakat problemin tipine uygun küme biçimlerinin seçimi performansı büyük oranda etkilemektedir.

Günlük kullanım diline ait olan; düşük, orta seviye, yüksek ve bunun gibi kavramları temsil eden çeşitli bulanık kümeler bir değişkenin durumlarını tanımlamak amacıyla kullanılırlar. Bu değişkenlere bulanık değişkenler ve onun alt durumlarına da bulanık terimler denilir. Örneğin “ısı” kavramı kendi içinde çok düşük, düşük, orta seviye, yüksek ve çok yüksek gibi durumlarla nitelenebilen bulanık bir değişken olarak alınabilir. Bu durumda, $[0,100]$ aralığında ki ısı değerlerine karşılık gelecek uygun bulanık kümeler sistemimize uygun bir şekilde seçilmelidir (www.yapay-zeka.org).

Isı değişkeninin klasik kümeler yardımıyla tanımlanması durumunda ise; üyelikler, keskin çizgilerle sınırlandırılmış olmaktadır. Şekil 4.2'de $0-100$ °C arasında giriş sıcaklık değerlerinin bulanık ve klasik mantıkta nasıl ifade edildiği gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Isı değişkeninin $[0,100]$ aralığında aldığı alt durumların; bulanık (a) ve klasik değişkenler (b), yardımıyla gösterilmesi (www.yapay-zeka.org)

Bulanık değişkenler; kavramlara ait geçişleri eksiksiz bir şekilde yansıtabilirler. Belirsizlik altında yapılan yöntem ve ölçümleri ifade etme de diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar vermektedirler. Geleneksel klasik değişkenler ise bu kapasiteden yoksundurlar. Bir durumun klasik değişkenler yardımıyla tanımlanması matematiksel olarak doğru olduğu halde, kaçınılmaz ölçüm hataları karşısında gerçeğe uygunluk göstermez. Klasik mantıkta ara ve sınır değerlerde sonuç sadece bir kümeye ait olmaktadır. Bundan da belirsizliklerin ifade edilemediği ve ihmallerin yapıldığı anlaşılmaktadır.

Bulanık değişkenler; belirsizlikleri, deneysel verilerin bir parçası olarak ele aldıklarından dolayı, gerçeğe daha uygundurlar ve olgular hakkında klasik değişkenlere dayanan bilgilerden daha doğru bilgiler verirler. Ünlü fizikçi Einstein bu durumu şu şekilde ifade etmiştir: “Matematiğin kavramları kesin oldukları sürece gerçeği yansıtmazlar, gerçeği yansıttıkları sürece de kesin değillerdir. Bu bağlamda bulanık mantık matematiğin günlük hayata uygulanması denebilir. Çünkü gerçek dünyada her an değişen durumlarda değişik sonuçlar çıkabilir.

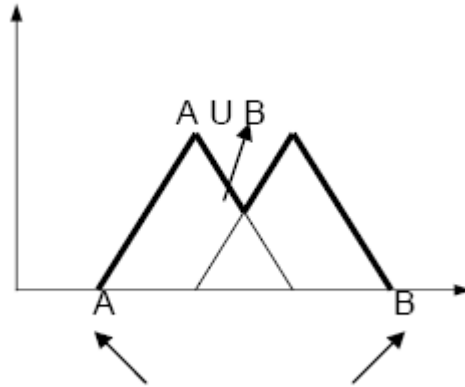
Bulanık kümeler üzerine kurulan matematiksel yapı klasik matematikten daha fazla açıklayıcı bir güce sahip olmasına rağmen; kullanılabilirliği, uygulama alanlarında karşımıza çıkan kavramlar için uygun üyelik fonksiyonlarının inşa edilmesine bağlıdır. Bu da bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerine bağlılığa neden olmaktadır.

Boş olmayan bir X evreninde A ve B bulanık kümeleri tanımlanmış olsun. A ve B kümeleri için birleşme, kesişme ve tümlenme matematiksel küme işlemleri sırasıyla aşağıdaki gibi verilmiştir (www.yapay-zeka.org).

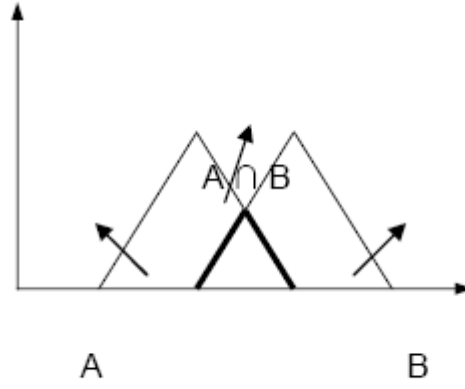
$$(A \cup B)(t) = \max[A(t), B(t)] = A(t) \vee B(t)$$

$$(A \cap B)(t) = \min[A(t), B(t)] = A(t) \wedge B(t)$$

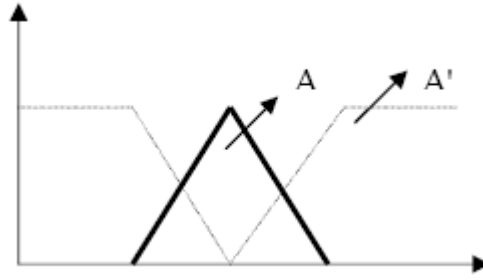
$$A'(t) = 1 - A(t)$$



Şekil 4.3. A ve B üçgen bulanık sayıların birleşimi



Şekil 4.4. A ve B üçgen bulanık sayıların kesişimi



Şekil 4.5. A ve B üçgen bulanık sayıların tümleyeni

De Morgan kuralları ve klasik kümeler için bilinen tüm işlemler aşağıdaki iki durum haricinde bulanık kümeler için de geçerlidir:

$$A \cup A' = X$$

$$A \cap A' = \emptyset$$

4.3.2 Kural tabanı

Modellenmesi karmaşık, zor veya imkansız olan sistemlerde sözsöz kurallar kullanılarak tanımlanan kontrol kuralları BMS'lerin önemli bir kısmını oluştururlar.

Aşağıda örneği verilen kural tabanı doğrudan denetleyicinin yerini alacak olan bir BMS için oluşturulmuş olsa da, diğer bir denetleyicinin parametrelerini kontrol eden bir yönetici BMS için de benzer bir bilgi tabanı oluşturulabilir.

4.4. Kontroldeki Uygulamaları

- Elektrikli ev aletleri
- Oto elektroniği, fren sistemleri
- Elektronik denetim sistemleri
- Karar Verme
- Proses Planlama
- Kameralar

1974 yılında Mamdani ve Assilian tarafından ilk defa bir buhar makinesinin kontrolünün bulanık sistem ile modellenmesi çeşitli araştırma merkezlerinin bulanık mantık ve sistemlerine ilgisini artırmıştır. 1978 yılında Holmblad ve Östergaard bulanık sistem uygulamasını bir çimento fabrikasının işletilmesi ve kontrolü için yapınca, bulanık kavramlar gittikçe yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu yaygınlaşma özellikle Japonya, Singapur, Kore ve Malezya'da fazlaca kendisini göstermiştir. Bulanık mantık konusunda yapılan araştırmalar Japonya'da oldukça fazladır. Özellikle "fuzzy process controller" olarak isimlendirilen özel amaçlı bulanık mantık mikroişlemci çipi'nin üretilmesine çalışılmaktadır (Elmas, 2003).

1980 yılından sonra Japonya'da bulanık sistem elektrikli süpürgeler, asansörler, metro, şirket işletimi ve veri tabanlarının sözelleştirilmesi gibi konularda yaygın bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji fotoğraf makineleri, çamaşır makineleri, klimalar ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır. Bundan başka uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. TAI'de araştırma gelişme kısmında bulanık mantık konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Yine bir başka uygulama olarak otomatik civatalamaların

değerlendirilmesinde bulanık mantık kullanılmaktadır. Bulanık mantık yardımıyla cıvatalama kalitesi belirlenmekte, cıvatalama tekniği alanında bilgili olmayan kişiler açısından konu şeffaf hale getirilmektedir. Burada bir uzmanın değerlendirme sınırlarına erişilmekte ve hatta geçilmektedir.

Bulanık Mantık Yapay Zeka metotları içerisinde en çok endüstriyel uygulama alanı bulan araçtır. Bulanık mantık, "sıcak" ya da "hâlâ kirli" gibi kavramlar kullanır ve bu sayede, hangi hızla çalışacağına ya da programlandığı bir aşamadan diğerine ne zaman geçeceğine kendisi karar veren havalandırma, çamaşır makinesi ve benzeri aygıtları yapabilmeleri için mühendislere yardımcı olur. Matematikçilerin elinde bir sistemin girdilerine yanıt verecek özel algoritmalar bulunmadığında, bulanık mantık belirsiz niceliklere başvuran "sağduyulu kurallar" kullanarak sistemi denetleyebilir ve betimleyebilir. Bilinen hiçbir matematiksel model bir kamyonun yükleme yerinden park yerine gidişini, kamyonun hareket noktası rasgele seçilebiliyorsa yönetemez. Oysa gerek insan, gerekse bulanık mantık sistemleri "Kamyon biraz sola dönerse sende biraz sağa çevir" gibi pratik, ancak kesinlik taşımayan kurallar kullanarak bu doğrusal olmayan (nonlinear) kılavuzluk işlemini gerçekleştirebilir (Elmas, 2003).

Çizelge.4.1. Bulanık Mantık denetiminin Endüstriyel uygulamaları(Şen, 2003)

ÜRÜN	ŞİRKET
Çamaşır makinesi	AEG, Sharp, Goldstar
Pirinç fırını	Goldstar
Fırın/Kızartıcı	Tefal
Mikrodalga fırın	Sharp
Elektrikli tıraş makinesi	Sharp
Buzdolabı	Whirlpool
Batarya şarj cihazı	Bosch
Elektrikli süpürge	Philips, Siemens
Klima denetimi	Ford
Isı denetimi	NASA inspace shuttle
Kredi kartı	GE Corporation

4.5. Bulanık Teorinin Avantajları ve Dezavantajları

Bulanık mantığın uygulama alanları kontrol sistemlerinin de ötesine uzanmaktadır. Geliştirilen son teoremler bulanık mantığın ilke olarak, ister mühendislik, ister fizik, ister biyoloji ya da ekonomi olsun, her türlü konuda sürekli sistemleri modellemek üzere kullanılabilceğini göstermektedir. Çoğu alanda, bulanık mantıklı sağduyu modellerinin standart matematik modellerinden daha yararlı ya da kesin sonuçlar verdiği görülmektedir.

Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise “insana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur (www.yapay-zeka.org).

4.5.1 Bulanık Teorinin Avantajları

Bulanık mantık sisteminin avantajlarını;

1. İnsan düşünme tarzına yakın olması,
2. Uygulanışının matematiksel modele ihtiyaç duymaması,
3. Yazılımın basit olması dolayısıyla ucuza mal olması.
4. Bulanık mantığın eksik tanımlı problemlerin çözümü için kullanılabilir olması
5. Uygulanmasının oldukça kolay olması.

şeklinde sıralanabilir(Baykal, Beyan, 2004).

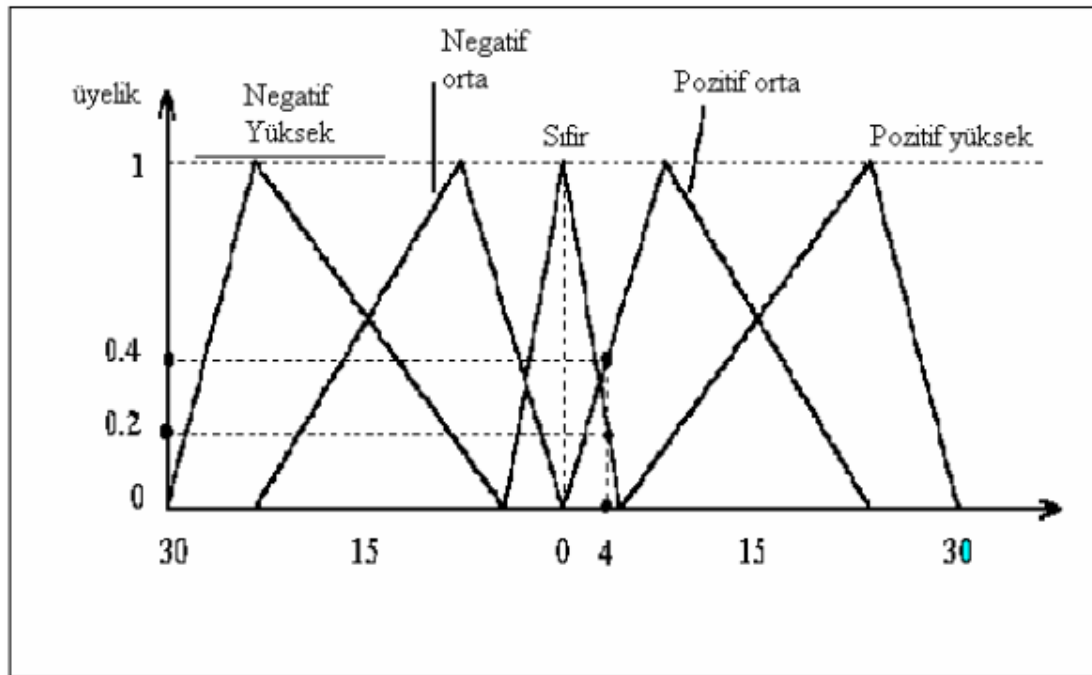
4.5.2 Bulanık Teorinin Dezavantajları

Oldukça çok kullanım alanı bulan BMS' nin bazı dezavantajları ise;

1. Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulmasının uzmana bağıllığı,
2. Üyelik fonksiyonlarının deneme - yanılma yolu ile bulunmasından dolayı uzun zaman alabilmesi,
3. Kararlılık analizinin yapılmasının zorluğu (benzeşim yapılabilir).
4. Bulanık Mantık Sistemleri öğrenemez ya da öğretilemez.

şeklinde sıralanabilir (Baykal, Beyan, 2004)

Genel Yapı ve Çalışma Mekanizması



Şekil 4.6. Sistemin çalışma mekanizması

Bulanık uzman sistemler

Bulanık uzman sistemler lineer ve nonlinear kontrol, örnek tanıma, finanssal sistemler, işletme araştırmaları ve veri analizleri gibi v.b. birçok alanda kullanılmaktadır. Birçok sistem, bulanık sistemler yardımı ile modellenenbilir ve hatta kopyalanabilir. Günümüzde dünya çapında bulanık mantığın proje ve araştırmalarla oldukça yaygınlaştığı görölmektedir (www.bumat.itu.edu.tr).

Bunlardan bazıları:

Okyanuslarda delik açma için bulanık mantık kontrol sistemleri; bu proje, okyanusta delik açarak elmas kaynağı bulma sistemi için bir kontrol sistemi geliştirmeyi amaçlayan yaklaşımları ve konuları araştırmaktadır. şu an, bu problem için ön hazırlık olarak uyarlayıcı bulanık mantık kontrol ve diğer geçerli çözümler değerlendirilmektedir.

Bulanık mantık ve genetik algoritma kullanılarak model tanımlama; bu araştırmanın amacı, metabolik modellerin yapısının ve parametrelerinin tanımlanması için bulanık mantık, genetik algoritma ve diğer optimizasyon tekniklerinin etkin kombinezonunu araştırmaktır.

Bulanık modelleme için optimumluma kriteri; bu projenin amacı, bulanık modellemede model karmaşıklığı ile veri uygunluğu arasında iyi bir değiş tokuş yaparak elden çıkarma yoluyla başarı için optimum kriterin geliştirilmesidir.

Tıbbi görüntülemede örnek tanıma; bu proje, yeni bulanık tanıma teknikleri ve bunların tıbbi görüntü analizine uygulanmasını araştırmaktadır. Akıllı otoyol için olay tespit tabanlı bulanık mantık; bu projenin amacı, eşkenar dörtgen şeklinde değişimli trafik huzursuzluğu bulmak için bulanık mantık uygulamaktır.

Bulanık mantık, ev ya da ev yönetimine özgü ve eğlence elektroniği, teşhis sistemleri ve diğer uzman sistemler için olduğu kadar yer altı geçidi sistemlerinin kontrolü ve karmaşık endüstriyel işlemler için de yararlı bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Bulanık mantık, Birleşmiş Milletlerde keşfedilmesine rağmen, bu

teknolojinin hızlı gelişimi Japonya' da başlamış ve şimdilerde ABD ve Avrupa' ya ulaşmıştır.

Bulanık pazarlama için bir anahtar sözcük olmuştur. Bulanık bileşeni bulunmayan elektronik makaleler yavaş yavaş dışlanılmaktadır. Japonya'da bulanık araştırmaları muazzam bir bütçe ile desteklenmektedir. Avrupa ve ABD' de Japonların olağanüstü başarılarını yakalamak için birçok çaba sarf edilmektedir. Örneğin, NASA uzay ajansı, karmaşık liman manevraları (complex dockingmaneuvers) için bulanık mantığı uygulamaya çalışmaktadır (Şen, 2004).

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Amaç

Dizel motorlarda değişik devirlerde dizel + hidrojen yakıt çifti değişik oranlarda karıştırılarak motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri çeşitli deneysel çalışmalarda ortaya konmuştur. Ancak deneysel çalışmalar masraflı, zaman alıcı ve yorucu olması nedeniyle pek çok ara değerler için yapılamadığı bilinmektedir. Buna karşılık yapılan deneysel çalışmalardan yola çıkarak son zamanlarda ciddi aşamalar kaydetmiş olan bilgisayar destekli mantıksal çözümler, çalışılmayan ara değerler için de gerçekçi, inandırıcı sonuçlar verebilmektedir. Bu çalışmada dizel + hidrojen yakıt karışımı kullanılarak yapılan deneysel bir çalışmadan veriler alınarak bulanık mantık metoduyla ara değerler tahmin ettirilmiştir. Bunun için geliştirilmiş olan bulanık uzman sistem ile elde edilen sonuçlar seçilen metodun uygunluğunu ortaya koymuştur.

5.1.1. Deney motorunun teknik özellikleri

Bu çalışmada; materyal olarak Çizelge 5.1'de özellikleri belirtilen Lombardini 6LD400 marka, tek silindirli, silindir hacmi 395 cm³ olan dizel bir motor üzerinde yapılmış deneyler sonucunda elde edilen değerler alınarak kullanılmıştır (Murcak 2003). Bu motorun seçilme sebebi, daha önce bu motorda denemelerin yapılmış olması ve deney sonucu verilerin literatürde bulunması ve BUS çalışmalarında elde edilen sonuçları kıyaslayabilme imkanının olmasından dolayıdır. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Deneysel çalışmada kullanılmış olan motorun teknik özellikleri,
(Murcak 2003)

Marka ve modeli	Lombardini 6LD400
Çalışma prensibi	Dört zamanlı
Silindir adedi	1
Silindir çapı	86 mm
Strok	68 mm
Silindir hacmi	395 cm ³
Sıkıştırma oranı	18/1
Max. Tork	2200 d/d' da 20 Nm
Soğutma şekli	Hava ile
Yağlama şekli	Basınçlı besleme
Yağ kapasitesi	1.2 litre
Max. yağ basıncı	1-1.5 kg/cm ²
Yakıt deposu kapasitesi	4.3 litre
İlk hareket şekli	Mekanik kolçak
Uzunluğu	382 mm
Yüksekliği	491 mm
Genişliği	427 mm
Ağırlığı	45 kg
Enjektör püskürtme basıncı	200 bar

Yapılmış olan deneylerde motora 5 farklı oranda (%0, %5, %10, %15, %20) hidrojen verilmiş ve bunlar 5 farklı (1800, 2000, 2200, 2400, 2600) devirde denenmiştir. Bu çalışmada, girişler, hidrojen miktarı ve devir sayısıdır. Çıkışlar ise CO, CO₂, NO_x miktarlarıdır ve kullanılmış olan deneysel veriler Çizelge 5.2 de sunulmuştur (Murcak 2003).

Çizelge 5.2. BUS'ta kullanılmış olan deneysel veriler (Murcak 2003)

GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR (Deneysel)		
Hidrojen (%)	Devir (d/d)	CO (mg/Nm³)	CO₂ (%)	NO_x (ppm)
0	1800	4521	9.6	891
0	2000	4631	8.9	753
0	2200	4910	8.4	705
0	2400	3825	11.7	1004
0	2600	5275	7.8	644
5	1800	4381	9.5	912
5	2000	4521	9.2	780
5	2200	4631	8.9	782
5	2400	3650	11.4	1087
5	2600	5178	8.0	675
10	1800	4315	9.6	893
10	2000	4348	9.5	808
10	2200	4450	9.3	809
10	2400	3621	12.3	1082
10	2600	4996	8.3	682
15	1800	4251	9.8	822
15	2000	4157	10.0	770
15	2200	4315	9.6	772
15	2400	3476	12.8	1102
15	2600	4747	8.7	703
20	1800	4040	10.3	671
20	2000	4011	10.3	681
20	2200	4127	10.0	695
20	2400	3290	13.6	1088
20	2600	4631	8.9	692

5.1.2. Bilgisayar yazılımları

Verilerin bir uzman tarafından BUS geliştirilmesi için MathWorks firması tarafından piyasaya sürülen Matlab 2006 sürümünün Fuzzy Logic Toolbox kısmı ve istatistiksel analiz için Microsoft Excel 2003 kullanılmıştır.

5.2. Metot

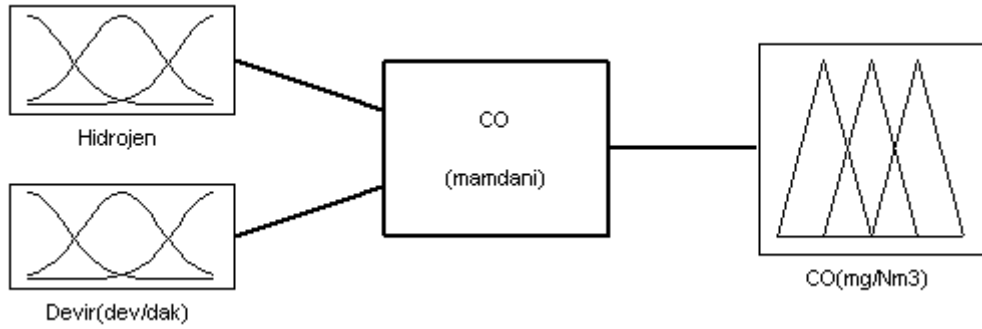
BUS kullanılarak bir dizel motorun CO, CO₂ ve NO_x emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi için iki girişli ve tek çıkışlı olmak üzere 3 farklı çalışma gerçekleştirilmiştir. Birinci çalışmada, giriş olarak hidrojen miktarı ve devir sayısı, çıkış ise CO miktarıdır. İkinci çalışmada, hidrojen miktarı ve devir sayısı giriş CO₂ miktarı da çıkıştır. Üçüncü çalışmada, hidrojen miktarı ve devir sayısı giriş, NO_x miktarı çıkış olarak belirlenmiştir.

5.2.1. Dizel motorunun emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi için BUS tasarımı

Bu çalışmada, motorun deneysel emisyon verileri ile BUS ile tahmin ettirilen değerleri birbiri ile mukayese ettirildiğinde uygun olduğu görülmüş, CO emisyon değerleri için korelasyon katsayısı $R^2 = 0.977$ olduğu, CO₂ emisyonu için korelasyon katsayısı $R^2 = 0.9684$ olduğu, NO_x emisyonu için korelasyon katsayısı $R^2 = 0.9731$ olduğu Microsoft Excel 2003 ile tespit edilmiştir. Sonra deneysel çalışmada yapılmamış olan, hidrojen miktarı %2.5, %7.5, %12.5, %17.5 için ve devir sayıları 1800, 2000, 2200, 2400 ve 2600 için CO, CO₂ ve NO_x emisyon değerleri BUS ile ayrı ayrı hesaplanmıştır.

5.2.1.1. Dizel motorunun CO emisyonunun BUS ile modellenmesi

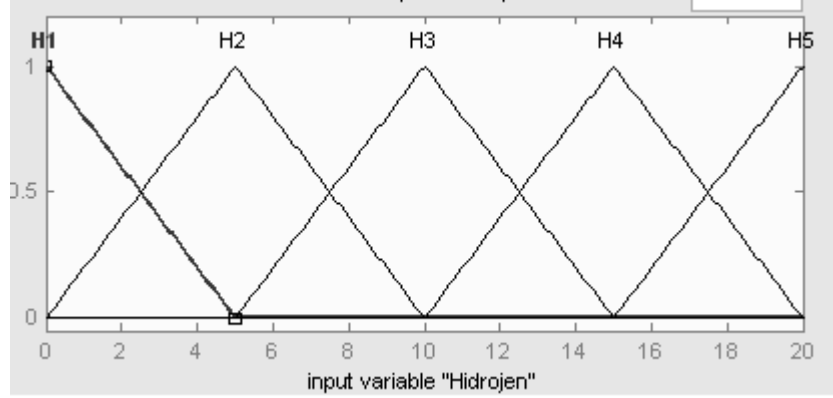
Bu çalışmada, farklı devirlerde ve farklı oranlarda hidrojen miktarı kullanılmış olan deneysel çalışmanın, motor emisyon verileri kullanılmıştır. Bu sistem tasarımı iki giriş tek çıkış olarak belirlenmiş ve Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. CO emisyonunun BUS ile modellenmesi

Hidrojen oranı ile devir sayısı giriş, CO emisyon değeri ise çıkış verileri olarak kullanılmıştır. BUS modellenmesinde girdi verilerinden hidrojen miktarı 5 farklı orandadır. Bu oranlar 0, 5, 10, 15, 20’dir, üyelik fonksiyonları 5 alt kümeye ayrılmış ve bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

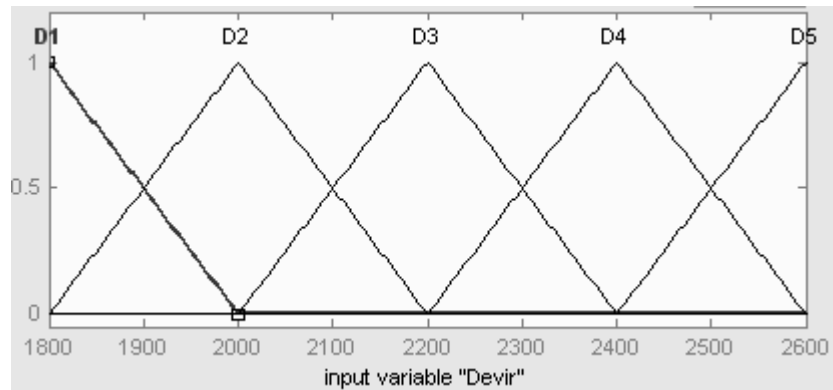
1. alt küme : -5 0 5
2. alt küme : 0 5 10
3. alt küme : 5 10 15
4. alt küme : 10 15 20
5. alt küme: 15 20 25



Şekil 5.2. Hidrojen miktarı

İkinci girdi olan devir sayısı 5 devirdir. Bunlar 1800, 2000, 2200, 2400 ve 2600 devirdir. Bunların alt kümelendirilmesinde 5 alt küme kullanılmış, bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.3'de gösterilmiştir.

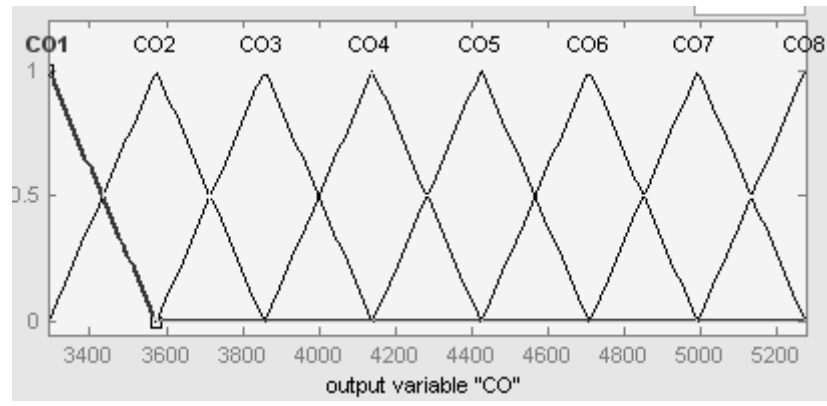
1. alt küme : 1600 1800 2000
2. alt küme : 1800 2000 2200
3. alt küme : 2000 2200 2400
4. alt küme : 2200 2400 2600
5. alt küme : 2400 2600 2800



Şekil 5.3. Devir sayısı

Çıktı verisi olarak CO dir. Bu verinin minimum değeri 3290 mg/Nm^3 maksimum değeri 5275 mg/Nm^3 dür. CO alt kümelendirmesinde 8 alt küme kullanılmış, bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.4'de gösterilmiştir.

1. alt küme : 3006 3290 3574
2. alt küme : 3290 3574 3857
3. alt küme : 3574 3857 4141
4. alt küme: 3857 4141 4424
5. alt küme : 4141 4424 4708
6. alt küme : 4424 4708 4991
7. alt küme: 4708 4991 5275
8. alt küme: 4991 5275 5559



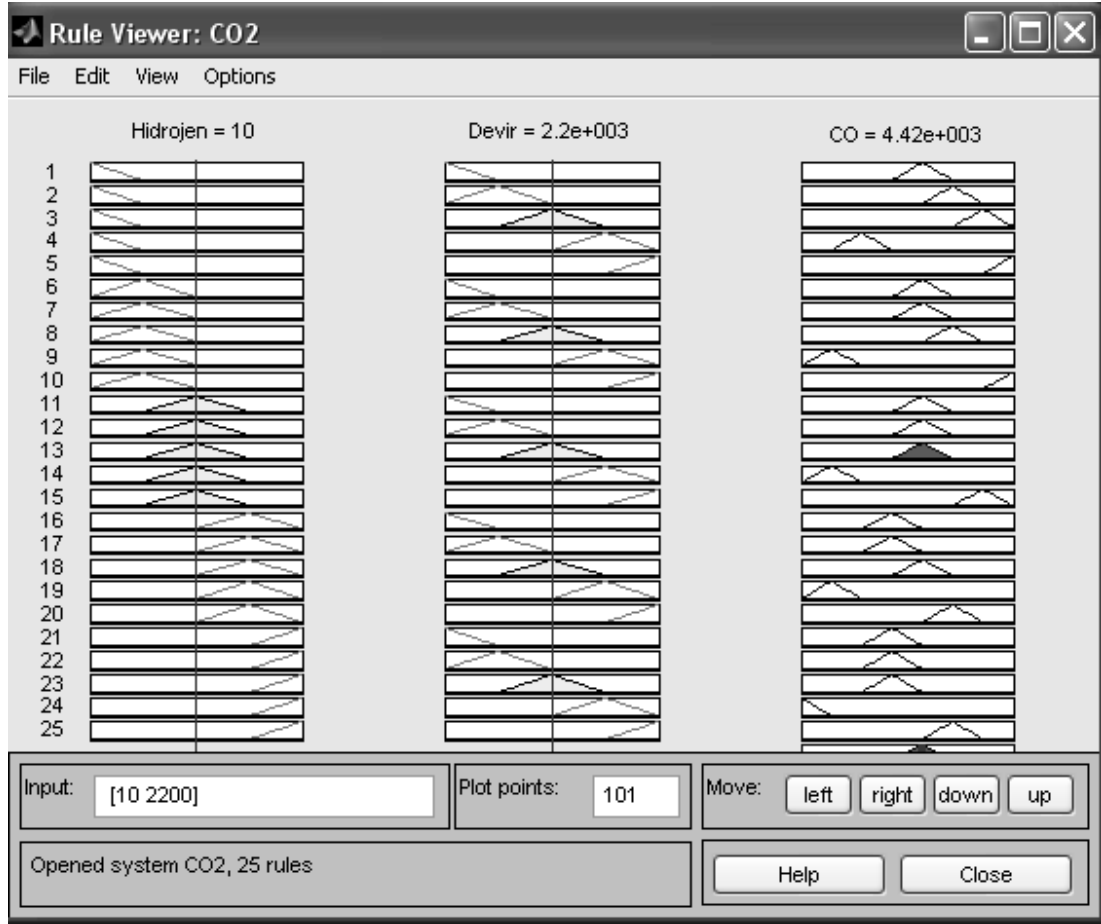
Şekil 5.4. CO emisyon değeri

Girdi ve çıktı emisyon verileri alt kümelere ayrıldıktan sonra BUS'ta kurallar yazılmıştır. CO emisyon değerleri için 25 tane kural yazılmış ve aşağıda bu kurallar sunulmuştur:

1. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO(mg/Nm³) is CO5) (1)
2. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO(mg/Nm³) is CO6) (1)
3. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO(mg/Nm³) is CO7) (1)
4. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO(mg/Nm³) is CO3) (1)
5. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO(mg/Nm³) is CO8) (1)
6. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO(mg/Nm³) is CO5) (1)
7. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO(mg/Nm³) is CO5) (1)
8. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO(mg/Nm³) is CO6) (1)
9. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO(mg/Nm³) is CO2) (1)

10. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO(mg/Nm³) is CO8) (1)
11. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO(mg/Nm³) is CO5) (1)
12. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO(mg/Nm³) is CO5) (1)
13. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO(mg/Nm³) is CO5) (1)
14. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO(mg/Nm³) is CO2) (1)
15. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO(mg/Nm³) is CO7) (1)
16. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO(mg/Nm³) is CO4) (1)
17. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO(mg/Nm³) is CO4) (1)
18. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO(mg/Nm³) is CO5) (1)
19. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO(mg/Nm³) is CO2) (1)
20. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO(mg/Nm³) is CO6) (1)
21. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO(mg/Nm³) is CO4) (1)
22. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO(mg/Nm³) is CO4) (1)
23. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO(mg/Nm³) is CO4) (1)
24. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO(mg/Nm³) is CO1) (1)
25. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO(mg/Nm³) is CO6) (1)

CO emisyon değeri için 25 tane kural yazılmış ve BUS ile tahmin değerleri hesaplanmıştır. Değerler hesaplanırken, sisteme önce hidrojen miktarı sonra devir sayısı yazılarak değerler her miktar için belirlenmiştir. Bu hesaplamalar için bir örnek Şekil 5.5’de sunulmuştur. Şekil 5.5’de, %10 hidrojen miktarı ve 2200 devir girdileri kullanılmıştır. Bu değerdeki CO emisyon miktarı hesaplatılmış ve emisyon miktarı 4420 mg/Nm³ olarak bulunmuştur.



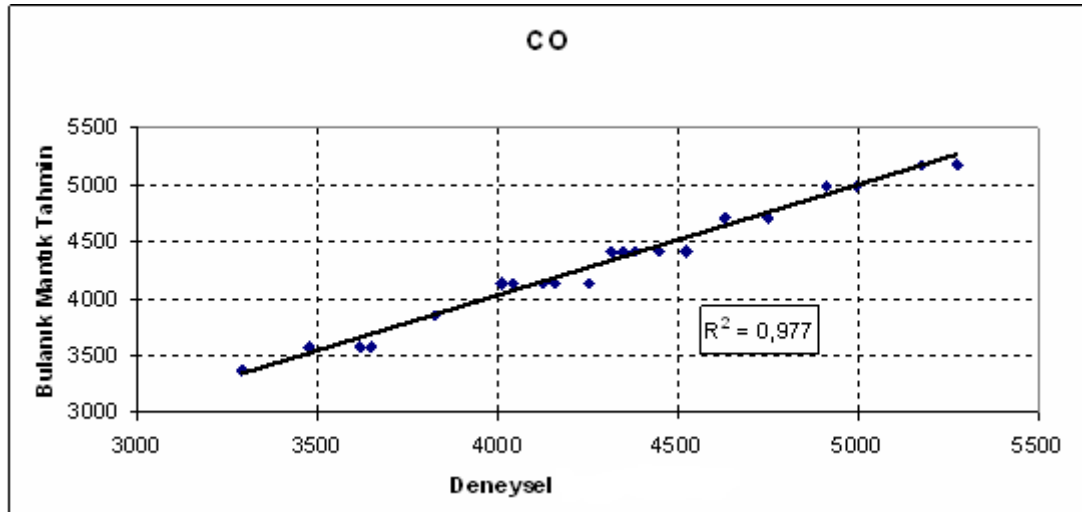
Şekil 5.5. %10 hidrojen ve 2200 devirdeki CO emisyon miktarının BUS ile hesaplanması

DeneySEL veriler ve BUS ile tahmin ettirilen değerler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Deneysel veriler ve BUS ile tahmin ettirilen CO emisyon miktarları

GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR	
		Deneysel (Murcak, 2003)	Tahmin (Bulanık Mantık)
Hidrojen (%)	Devir (d/d)	CO (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)
0	1800	4521	4420
0	2000	4631	4710
0	2200	4910	4990
0	2400	3825	3860
0	2600	5275	5180
5	1800	4381	4420
5	2000	4521	4420
5	2200	4631	4710
5	2400	3650	3570
5	2600	5178	5180
10	1800	4315	4420
10	2000	4348	4420
10	2200	4450	4420
10	2400	3621	3570
10	2600	4996	4990
15	1800	4251	4140
15	2000	4157	4140
15	2200	4315	4420
15	2400	3476	3570
15	2600	4747	4710
20	1800	4040	4140
20	2000	4011	4140
20	2200	4127	4140
20	2400	3290	3380
20	2600	4631	4710

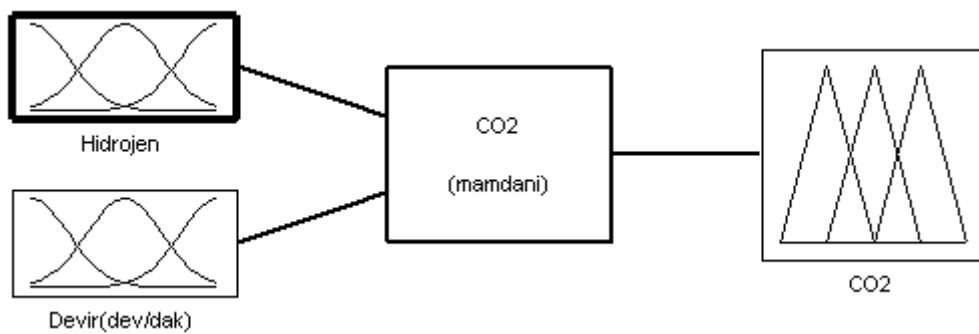
Deneysel veriler ile BUS'ta tahmin ettirilen veriler karşılaştırılıp korelasyon katsayısı belirlenmiştir. Korelasyon katsayısı $R^2 = 0.977$ olarak bulunmuş ve Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Bu korelasyon katsayısı sonucuna göre deneysel çalışmada yapılmamış olan CO emisyon miktarlarının BUS ile tahmin ettirilebileceği kanaatine varılmış.



Şekil 5.6. Deneysel (Murcak, 2003) ve BUS' daki verilerin korelasyon katsayısı

5.2.1.2. Dizel Motorunun CO₂ Emisyonunun BUS ile Modellenmesi

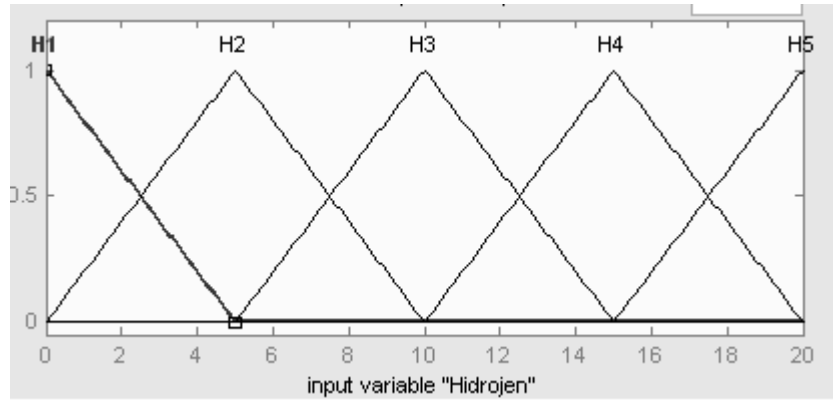
Bu çalışmada hidrojen oranı ile devir sayısı, CO₂ emisyon değerleri ise çıktı verileri olarak kullanılmış ve Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. CO₂ emisyonunun BUS ile modellenmesi

BUS'da modellenmesinde girdi verilerinden hidrojen miktarı 5 ayrı oranda verilmiştir. Bu oranlar 0, 5, 10, 15, 20 dir. Bunların derecelendirilmesinde 5 alt küme kullanılmış, bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

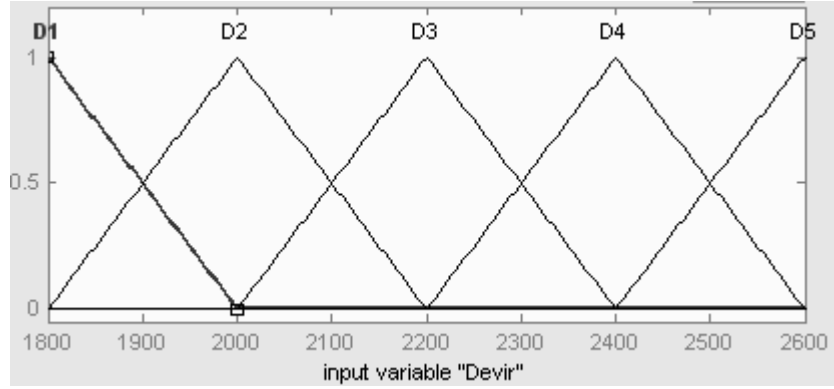
1. alt küme : -5 0 5
2. alt küme : 0 5 10
3. alt küme : 5 10 15
4. alt küme : 10 15 20
5. alt küme : 15 20 25



Şekil 5.8. Hidrojen miktarı

İkinci girdi olan devir sayısı 3 devirdir. Bunlar 1800, 2000, 2200, 2400 ve 2600 devirdir. Bunların alt kümelendirilmesinde 5 alt küme kullanılmış, bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

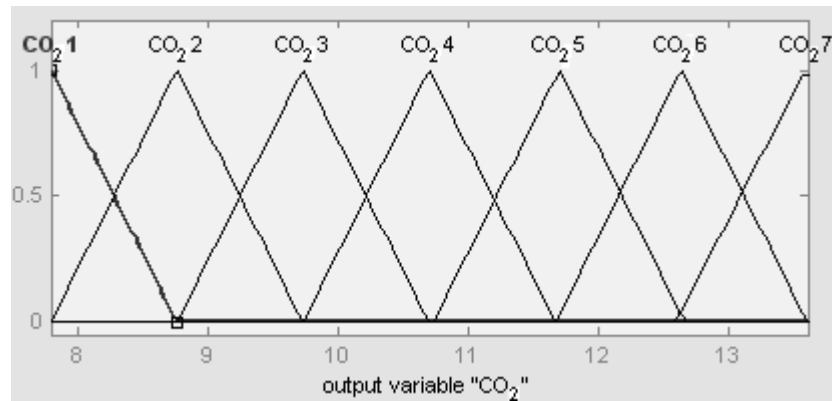
1. alt küme : 1600 1800 2000
2. alt küme : 1800 2000 2200
3. alt küme : 2000 2200 2400
4. alt küme : 2200 2400 2600
5. alt küme : 2400 2600 2800



Şekil 5.9. Devir sayısı

Çıktı verisi olarak CO_2 dir. Bu verinin minimum değeri 7.8 maksimum değeri 13.6 dır. CO_2 alt kümelendirilmesinde 7 alt küme kullanılmış, bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

1. alt küme : 6.833 7.8 8.767
2. alt küme : 7.8 8.767 9.733
3. alt küme : 8.767 9.733 10.7
4. alt küme : 9.733 10.7 11.67
5. alt küme : 10.7 11.67 12.63
6. alt küme : 11.67 12.63 13.6
7. alt küme: 12.63 13.6 14.57



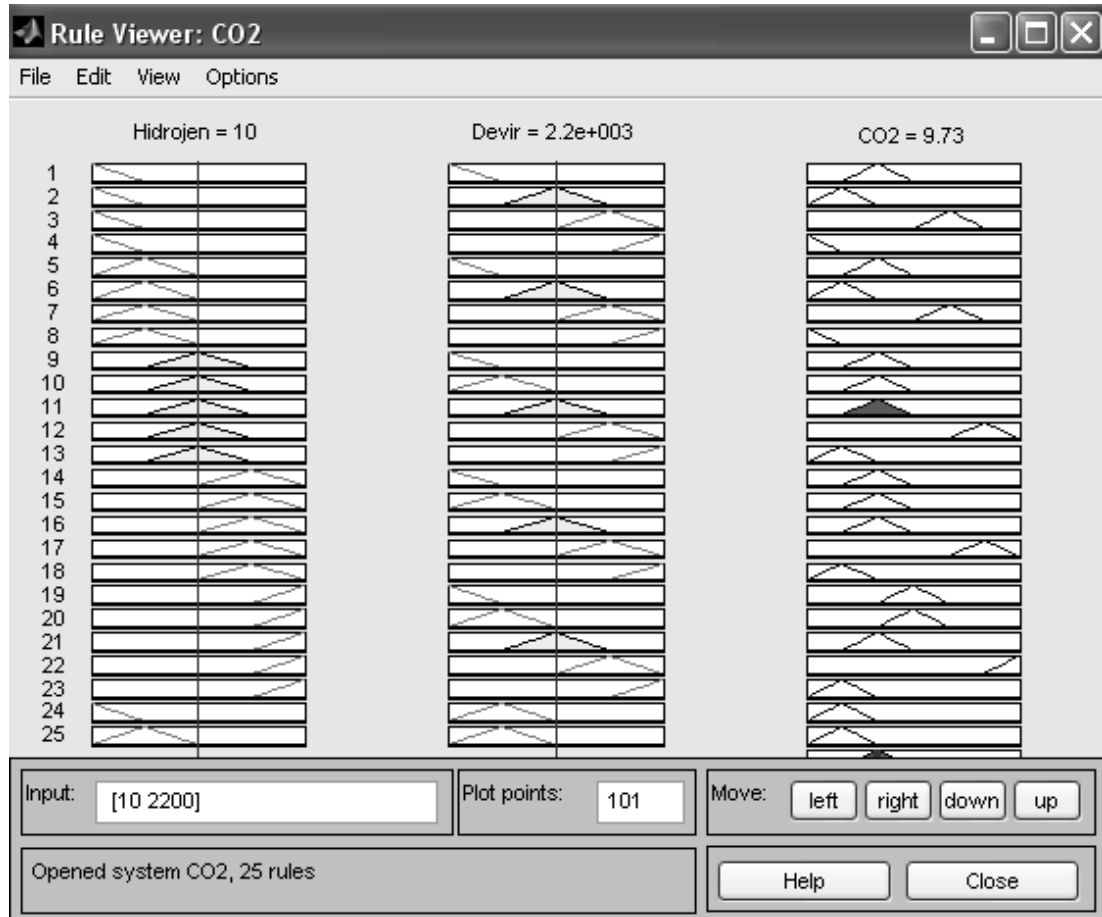
Şekil 5.10. CO_2 emisyon değeri

Girdi ve çıktı emisyon verileri alt kümelere ayrıldıktan sonra BUS'ta kurallar yazılmıştır. CO₂ emisyon değerleri için 25 tane kural yazılmış ve aşağıda bu kurallar sunulmuştur:

1. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO2 is CO23) (1)
2. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO2 is CO22) (1)
3. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO2 is CO22) (1)
4. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO2 is CO25) (1)
5. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO2 is CO21) (1)
6. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO2 is CO23) (1)
7. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO2 is CO22) (1)
8. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO2 is CO22) (1)
9. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO2 is CO25) (1)
10. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO2 is CO21) (1)
11. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO2 is CO23) (1)
12. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO2 is CO23) (1)
13. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO2 is CO23) (1)
14. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO2 is CO26) (1)
15. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO2 is CO22) (1)
16. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO2 is CO23) (1)
17. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO2 is CO23) (1)
18. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO2 is CO23) (1)
19. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO2 is CO26) (1)
20. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO2 is CO22) (1)
21. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (CO2 is CO24) (1)
22. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (CO2 is CO24) (1)
23. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (CO2 is CO23) (1)
24. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (CO2 is CO27) (1)
25. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (CO2 is CO22) (1)

CO₂ değeri için 25 tane kural yazılmış ve BUS ile tahmin değerleri hesaplatılmıştır. Değerler hesaplatılırken, sisteme önce hidrojen miktarı sonra devir

sayısı yazılarak değerler her miktar için belirlenmiştir. Bu hesaplamalar için örnek Şekil 5.11’de sunulmuştur. Şekil 5.11’de %10 hidrojen miktarı ve 2200 devir girdileri kullanılmıştır. Bu değerdeki CO₂ emisyon miktarı hesaplanmıştır ve emisyon miktarı 9,73 olarak bulunmuştur.



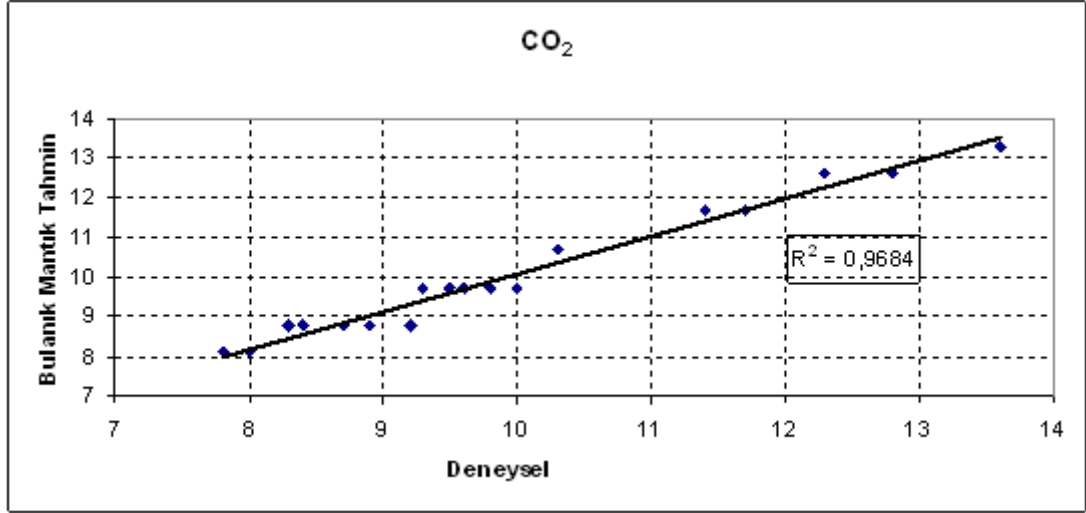
Şekil 5.11. %10 hidrojen ve 2200 devirdeki CO₂ emisyonunun miktarının BUS ile hesaplanması

Deneysel veriler ve BUS ile tahmin ettirilen değerler Çizelge 5.4. de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Deneysel veriler ve BUS ile tahmin ettirilen CO₂ emisyon miktarları

GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR	
		Deneysel (Murcak, 2003)	Tahmin (Bulanık Mantık)
Hidrojen (%)	Devir (d/d)	CO ₂	CO ₂
0	1800	9.6	9,73
0	2000	8.9	8,77
0	2200	8.4	8,77
0	2400	11.7	11.7
0	2600	7.8	8,12
5	1800	9.5	9,73
5	2000	9.2	8,77
5	2200	8.9	8,77
5	2400	11.4	11.7
5	2600	8.0	8,13
10	1800	9.6	9,73
10	2000	9.5	9,73
10	2200	9.3	9,73
10	2400	12.3	12.6
10	2600	8.3	8,77
15	1800	9.8	9,73
15	2000	10.0	9,73
15	2200	9.6	9,73
15	2400	12.8	12.6
15	2600	8.7	8,77
20	1800	10.3	10.7
20	2000	10.3	10.7
20	2200	10.0	9,73
20	2400	13.6	13.3
20	2600	8.9	8,77

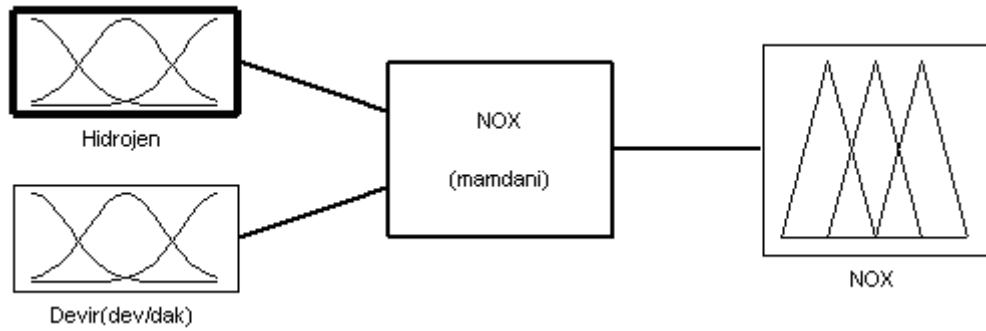
Deneysel veriler ile BUS'ta tahmin ettirilen veriler karşılaştırılıp korelasyon katsayısı belirlenmiştir. Korelasyon katsayısı $R^2 = 0.9684$ olarak belirlenmiş ve Şekil 5.12'de gösterilmiştir. Bu korelasyon katsayısı sonuçlarına göre deneysel çalışmada yapılmamış olan CO₂ emisyon miktarlarının BUS ile tahmin ettirilebileceği kanaatine varılmıştır.



Şekil 5.12. Deneysel (Murcak, 2003) ve BUS' daki verilerin korelasyon katsayısı

5.2.1.3. Dizel Motorunun NO_x Emisyonunun BUS ile Modellenmesi

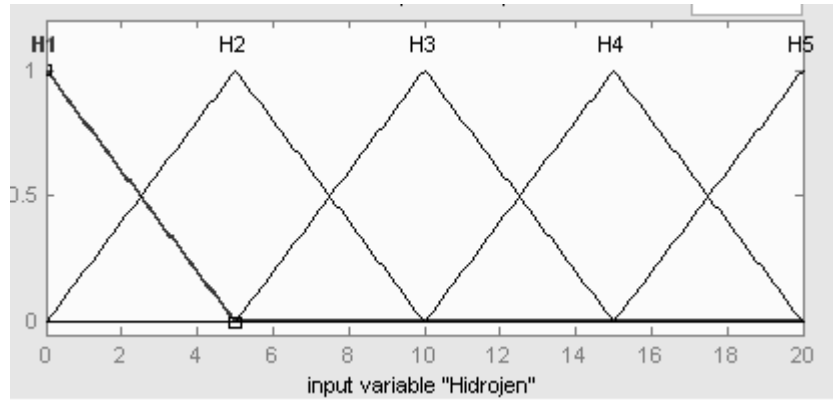
Bu çalışmada hidrojen oranı ve devir sayısı girişi, NO_x emisyon ise çıkış verileri olarak kullanılmış ve Şekil 5.13'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13. NO_x emisyonunun BUS ile modellenmesi

BUS'da modellenmesinde girdi verilerinden hidrojen miktarı 5 ayrı oranda verilmiştir. Bu oranlar 0, 5, 10, 15, 20 dir. Bunların derecelendirilmesinde 5 alt küme kullanılmış, bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuş ve Şekil 5.14'de gösterilmiştir.

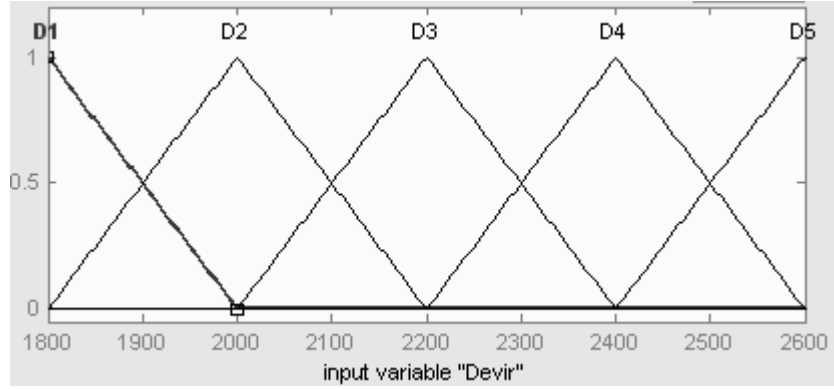
1. alt küme : -5 0 5
2. alt küme : 0 5 10
3. alt küme : 5 10 15
4. alt küme : 10 15 20
5. alt küme : 15 20 25



Şekil 5.14. Hidrojen miktarı

İkinci girdi olan devir sayısı 3 devirdir. Bunlar 1800, 2000, 2200, 2400 ve 2600 devirdir. Bunların alt kümelendirilmesinde 5 alt küme kullanılmış bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.15'de gösterilmiştir.

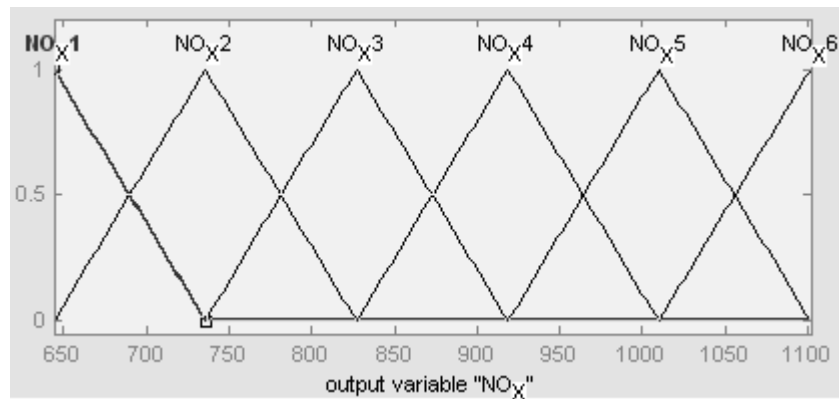
1. alt küme : 1600 1800 2000
2. alt küme : 1800 2000 2200
3. alt küme : 2000 2200 2400
4. alt küme : 2200 2400 2600
5. alt küme : 2400 2600 2800



Şekil 5.15. Devir sayısı

şeklinde alt kümelendirilmiştir. Çıktı verisi olarak NO_x dir. Bu verinin minimum değeri 644 PPM maksimum değeri 1102 PPM dir. NO_x alt kümelendirilmesinde 6 alt küme kullanılmış, bu alt kümelere ait sayısal değerler aşağıda sunulmuştur ve Şekil 5.16'da gösterilmiştir.

1. alt küme : 552.4 644 735.6
2. alt küme : 644 735.6 827.2
3. alt küme : 735.6 827.2 918.8
4. alt küme : 827.2 918.8 1010
5. alt küme : 918.8 1010 1102
6. alt küme : 1010 1102 1194

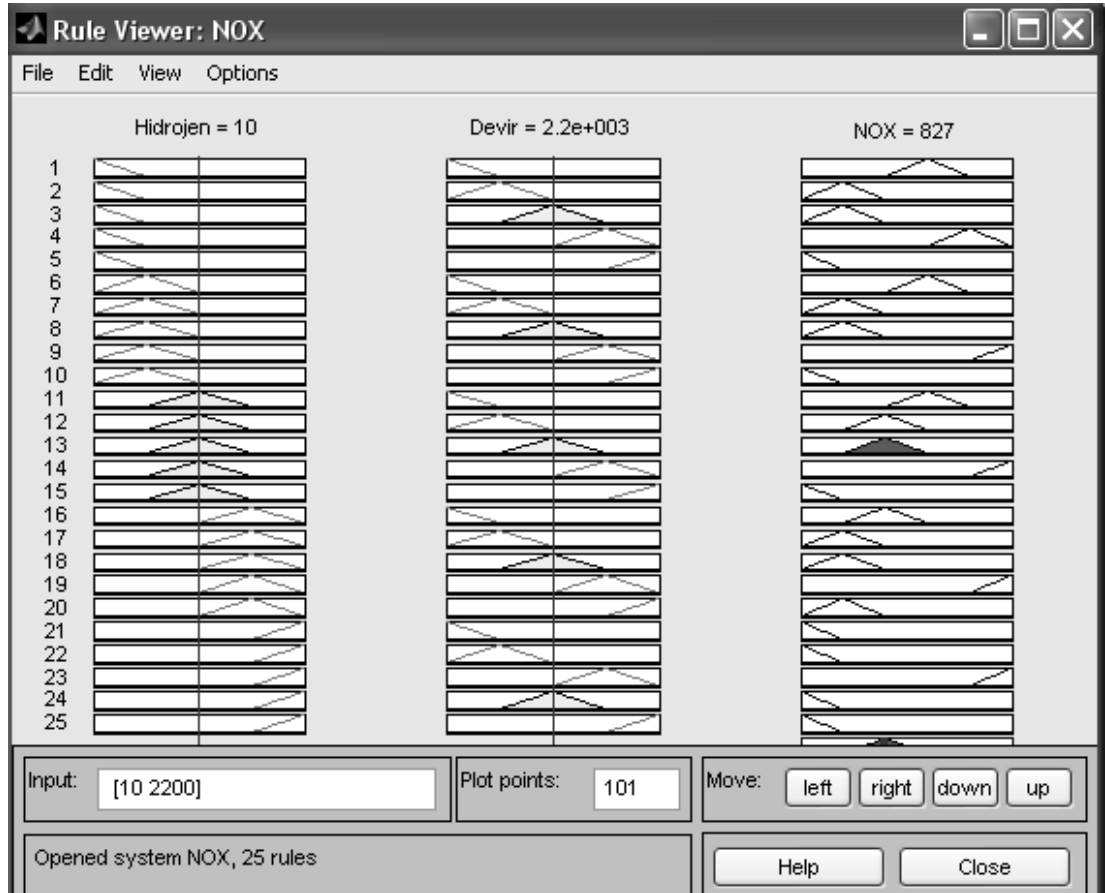


Şekil 5.16. NO_x emisyon değeri

Girdi ve çıktı emisyon verileri alt kümelere ayrıldıktan sonra BUS'ta kurallar yazılmıştır. NO_x emisyon değerleri için 25 tane kural yazılmış ve aşağıda bu kurallar sunulmuştur:

1. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (NOX is NOX4) (1)
2. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (NOX is NOX4) (1)
3. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (NOX is NOX2) (1)
4. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (NOX is NOX5) (1)
5. If (Hidrojen is H1) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (NOX is NOX1) (1)
6. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (NOX is NOX4) (1)
7. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (NOX is NOX2) (1)
8. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (NOX is NOX2) (1)
9. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (NOX is NOX6) (1)
10. If (Hidrojen is H2) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (NOX is NOX1) (1)
11. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (NOX is NOX4) (1)
12. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (NOX is NOX3) (1)
13. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (NOX is NOX3) (1)
14. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (NOX is NOX6) (1)
15. If (Hidrojen is H3) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (NOX is NOX1) (1)
16. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (NOX is NOX3) (1)
17. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (NOX is NOX2) (1)
18. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (NOX is NOX2) (1)
19. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (NOX is NOX6) (1)
20. If (Hidrojen is H4) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (NOX is NOX2) (1)
21. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev1) then (NOX is NOX1) (1)
22. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev2) then (NOX is NOX1) (1)
23. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev3) then (NOX is NOX2) (1)
24. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev4) then (NOX is NOX6) (1)
25. If (Hidrojen is H5) and (Devir(dev/dak) is Dev5) then (NOX is NOX2) (1)

NO_x emisyon değeri için 25 tane kural yazılmış ve BUS ile tahmin değerleri hesaplatılmıştır. Değerler hesaplanırken, sisteme önce hidrojen miktarı sonra devir sayısı yazılarak değerler her miktar için hesaplatılmıştır. Bu hesaplamalar için bir örnek Şekil 5.17’de sunulmuştur. Şekil 5.17’de %10 hidrojen miktarı ve 2200 devir girdileri kullanılmıştır. Bu değerdeki NO_x emisyon miktarı hesaplatılmış ve emisyon miktarı 827 PPM olarak bulunmuştur.



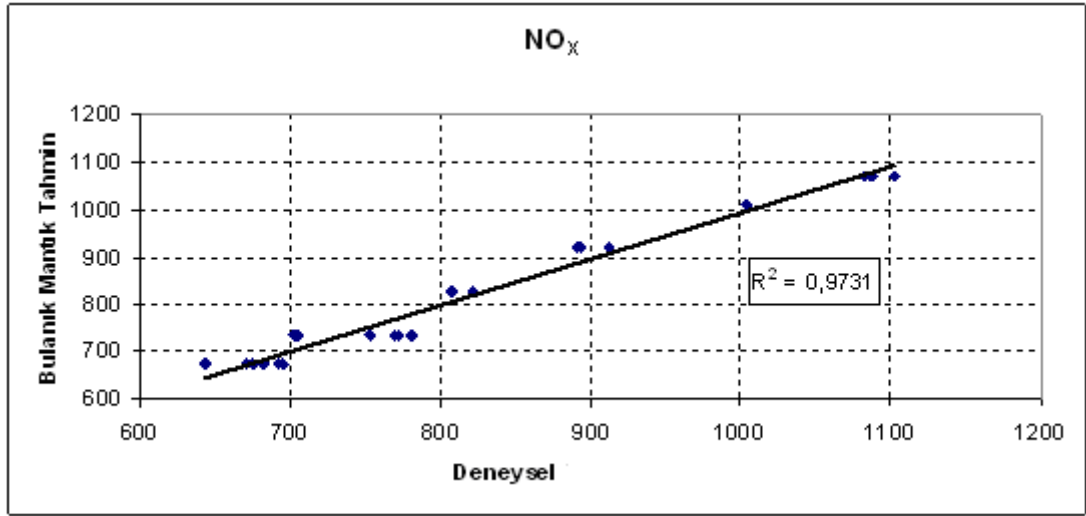
Şekil 5.17. %10 hidrojen ve 2200 devirde NO_x emisyonunun miktarının BUS ile hesaplanması

DeneySEL veriler ve BUS ile tahmin ettirilen değerler Çizelge 5.5. de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Deneysel veriler ve BUS ile tahmin ettirilen NO_x emisyon miktarları

GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR	
		Deneysel (Murcak, 2003)	Tahmin (Bulanık Mantık)
Hidrojen (%)	Devir (d/d)	NO _x (ppm)	NO _x (ppm)
0	1800	891	919
0	2000	753	736
0	2200	705	736
0	2400	1004	1010
0	2600	644	674
5	1800	912	919
5	2000	780	736
5	2200	782	736
5	2400	1087	1070
5	2600	675	676
10	1800	893	919
10	2000	808	827
10	2200	809	827
10	2400	1082	1070
10	2600	682	673
15	1800	822	816
15	2000	770	767
15	2200	772	767
15	2400	1102	1070
15	2600	703	736
20	1800	671	673
20	2000	681	674
20	2200	695	675
20	2400	1088	1070
20	2600	692	674

Deneysel veriler ile BUS'ta tahmin ettirilen veriler karşılaştırılıp korelasyon katsayısı belirlenmiştir. Korelasyon katsayısı $R^2 = 0.9731$ olarak belirlenmiş ve Şekil 5.18'de gösterilmiştir. Bu korelasyon sonuçlarına göre diğer miktarları yapmak için uygun olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.18. Deneysel (Murcak, 2003) veriler ile BUS'daki verilerin korelasyon katsayısı

6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TARTIŞMA

Bulanık mantık sistemleri ile yapılan çalışmalar sonucunda H₂ oranına bağlı olarak emisyon değerleri CO, CO₂, NO_x değişimleri aşağıda grafiklerle gösterilmiştir. Yapılan deney devirleri 1800, 2000, 2200, 2400ve 2600 d/d 'daki yapılmıştır.

6.1. CO Emisyon Değerleri

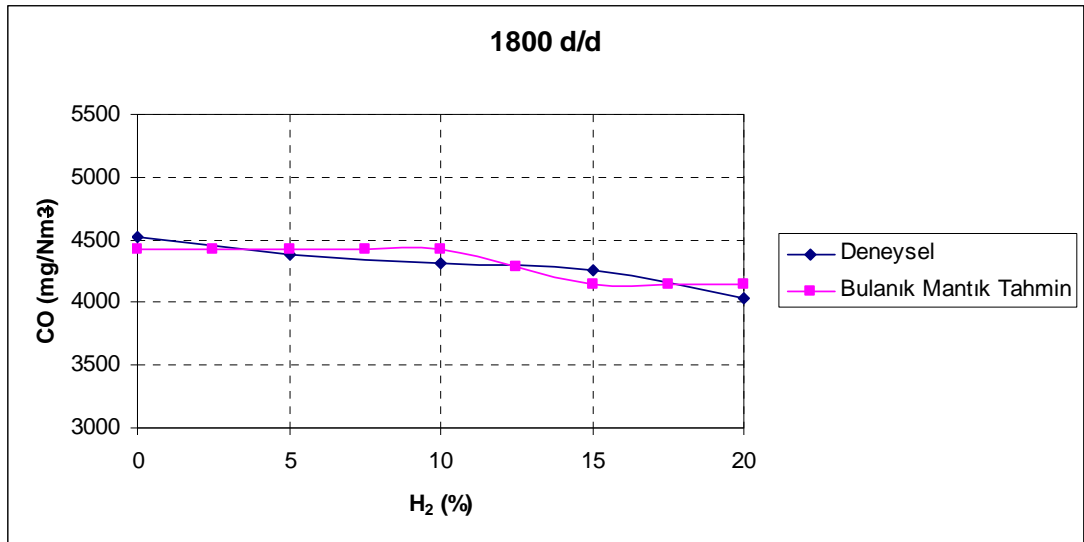
Tezin bu bölümünde farklı H₂ oranlarına göre değişen devir sayılarında CO emisyon miktarlarının bulanık mantık sistemleri ile modellenmesi üzerinde çalışılmıştır. Burada ilk 1800 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları Şekil 6.1'de verilmiştir. İkinci olarak 2000 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları Şekil 6.2.'de verilmiştir. Üçüncü olarak 2200 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları Şekil 6.3'de verilmiştir. Dördüncü olarak 2400 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları Şekil 6.4'de verilmiştir. Son olarak 2600 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları Şekil 6.5'de verilmiştir.

6.1.1. 1800 d/d'daki CO emisyonunun değişimi

Aşağıdaki Şekil 6.1' de CO emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Karbonmonoksit (CO), silindir içerisine alınan yakıtın yanma kalitesinin belirlenmektedir. Karbonmonoksit yakıtın tam yanmaması sonucu oluşmaktadır. Bu emisyon ürünü silindir içerisindeki hava ile yakıtın oranına bağlı olarak değişmektedir. Yeterli kadar hava olmayınca CO miktarı artar ve yeterli hava miktarına ulaşınca CO, CO₂'ye dönüşür.

Grafikte %0 hidrojendeki bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO değeri 4420 mg/Nm³ olarak belirlenmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için tahmin ettirilip sonuçlar deneysel verilerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 1800 d/d hidrojen ilavesi durumunda CO emisyon değerlerinde düşmeler meydana gelmiştir. 1800 d/d için CO tahmin değerlerinde 4420 mg/Nm³ den 4140 mg/Nm³ e düşmüştür buda hidrojen ilavesinin yanmanın kalitesinin iyileştirmekte ve CO miktarının azalmasına sebep olmaktadır.

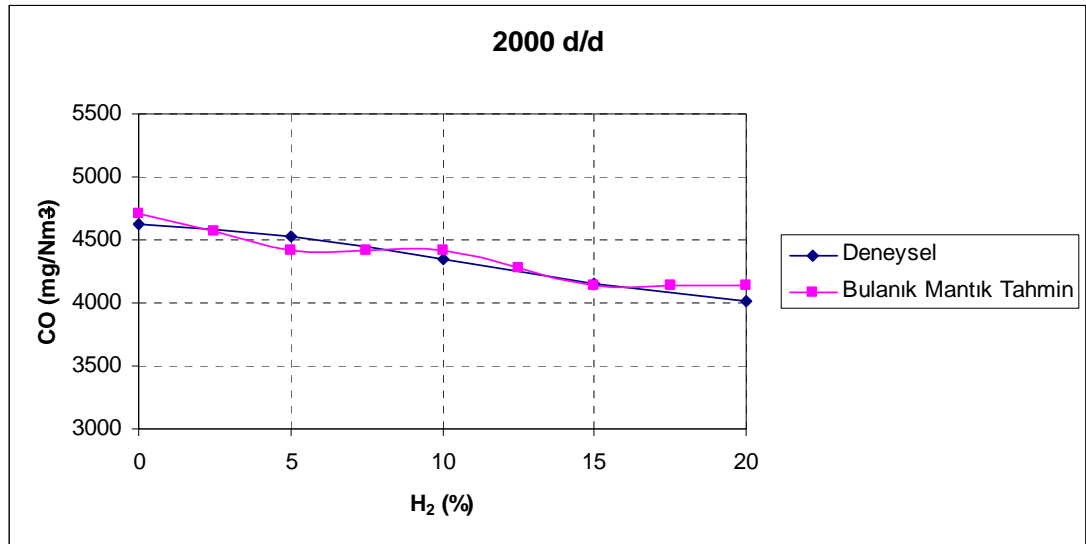


Şekil 6.1. 1800 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.1.2. 2000 d/d'daki CO emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.2' de CO emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojendeki bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO değeri 4710 mg/Nm³ olarak belirlenmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için tahmin ettirilip sonuçlar deneysel verilerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2000 d/d hidrojen ilavesi durumunda CO emisyon değerlerinde düşmeler meydana gelmiştir. 2000 d/d için CO tahmin değerlerinde 4710 mg/Nm³ den 4140 mg/Nm³ e düşmüştür buda hidrojen ilavesinin yanmanın kalitesinin iyileştirmekte ve CO miktarının azalmasına sebep olmaktadır.



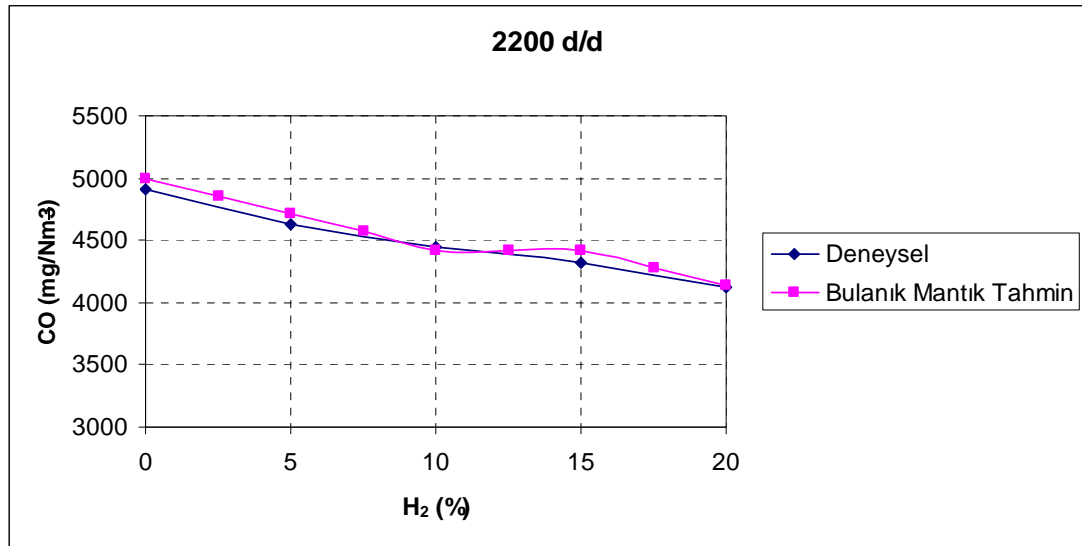
şekil 6.2. 2000 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.1.3. 2200 d/d'daki CO emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.3' de CO emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojendeki bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO değeri 4990 mg/Nm³ olarak belirlenmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5,

20 için tahmin ettirilip sonuçlar deneysel verilerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2200 d/d hidrojen ilavesi durumunda CO emisyon değerlerinde düşmeler meydana gelmiştir. 2200 d/d için CO tahmin değerlerinde 4990 mg/Nm³ den 4140 mg/Nm³ e düşmüştür buda hidrojen ilavesinin yanmanın kalitesinin iyileştirmekte ve CO miktarının azalmasına sebep olmaktadır.



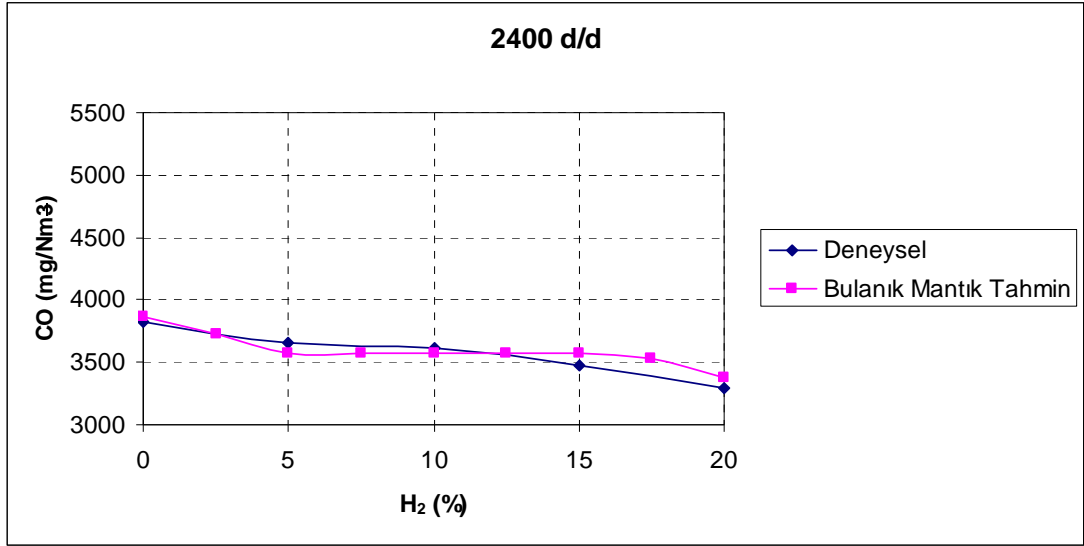
Şekil 6.3. 2200 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.1.4. 2400 d/d'daki CO emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.4' de CO emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojendeki bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO değeri 3860 mg/Nm³ olarak belirlenmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için tahmin ettirilip sonuçlar deneysel verilerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2400 d/d hidrojen ilavesi durumunda CO emisyon değerlerinde düşmeler meydana gelmiştir. 2400 d/d için CO tahmin değerlerinde 3860 mg/Nm³ den 33800 mg/Nm³ e düşmüştür buda hidrojen ilavesinin yanmanın kalitesinin iyileştirmekte ve CO miktarının azalmasına sebep olmaktadır. Grafikte hidrojen oranı 5 ile 15 arasında fazla düşme olmamaktadır bu yakıtın tamamının yakıldığını göstermektedir.

Hidrojen oranı 15 ile 20 arasında CO emisyon değerlerinin tekrar düşmesi hidrojenin volümetrik veriminin yüksek olmasından dolayı içeri gereken kadar yakıt alınamamasındandır.

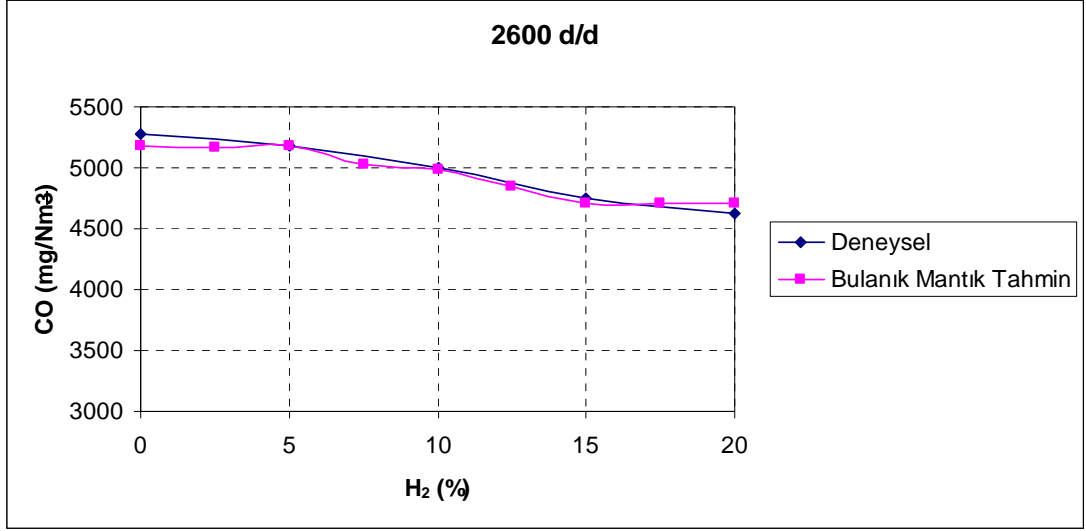


Şekil 6.4. 2400 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

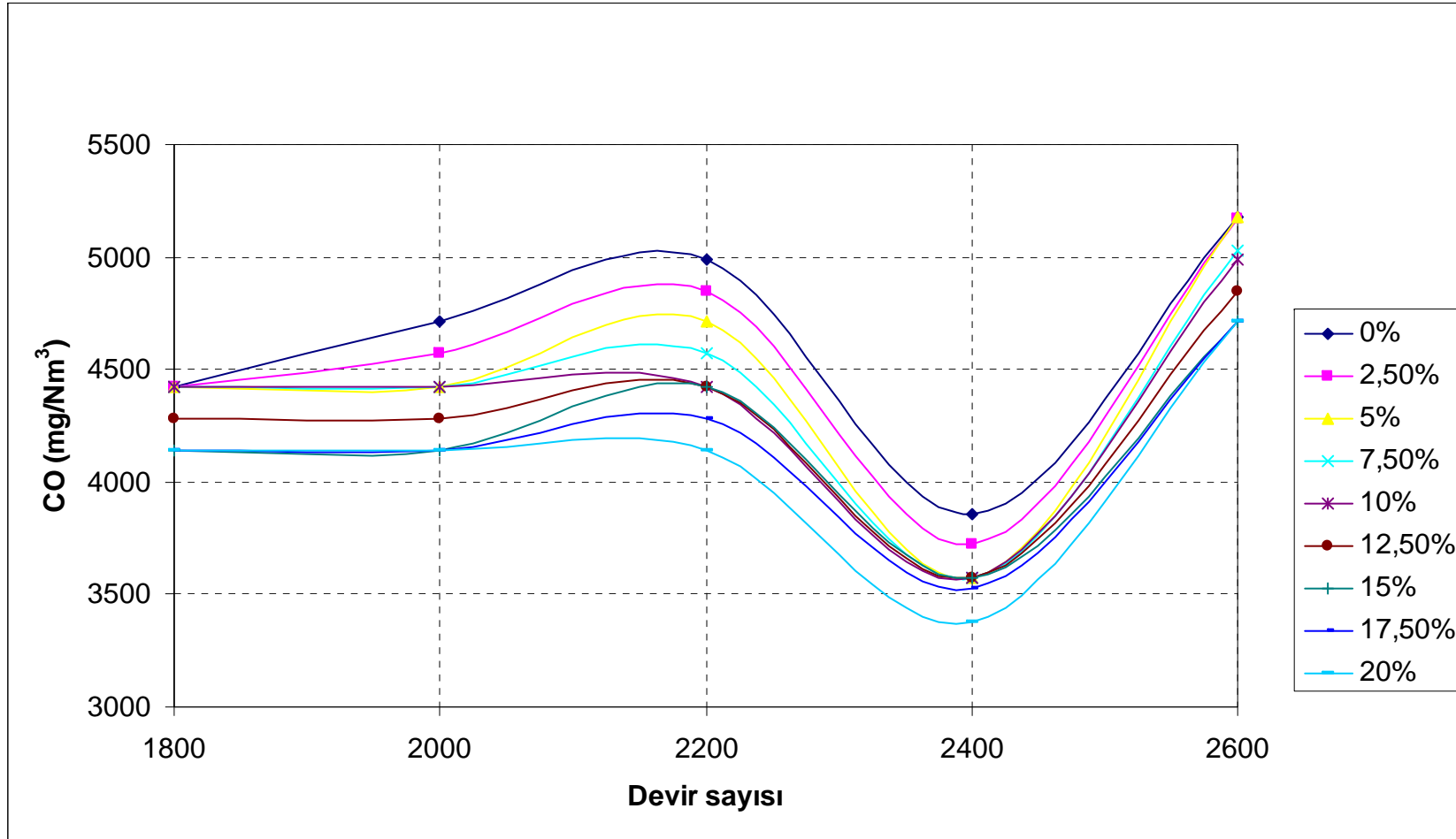
6.1.5. 2600 d/d'daki CO emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.5' de CO emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojendeki bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO değeri 5180 mg/Nm³ olarak belirlenmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için tahmin ettirilip sonuçlar deneysel verilerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2600 d/d hidrojen ilavesi durumunda CO emisyon değerlerinde düşmeler meydana gelmiştir. 2600 d/d için CO tahmin değerlerinde 5180 mg/Nm³ den 4710 mg/Nm³ e düşmüştür buda hidrojen ilavesinin yanmanın kalitesinin iyileştirmekte ve CO miktarının azalmasına sebep olmaktadır.



Şekil 6.5. 2600 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini



Şekil 6.6. CO emisyonlarının devir sayılarına göre farklı hidrojen miktarlarındaki değişimi

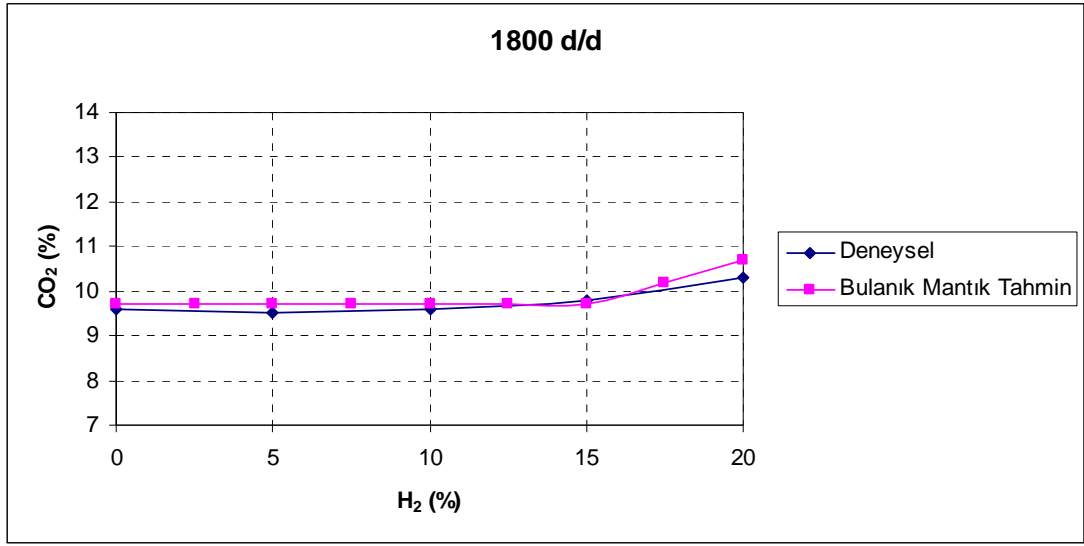
6.2. CO₂ Emisyon Değerleri

Tezin bu bölümünde farklı H₂ oranlarına göre değişen devir sayılarında CO₂ emisyon miktarlarının bulanık mantık sistemleri ile modellenmesi üzerinde çalışılmıştır. Burada ilk 1800 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO₂ emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. İkinci olarak 2000 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO₂ emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. Üçüncü olarak 2200 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO₂ emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. Dördüncü olarak 2400 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO₂ emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. Son olarak 2600 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen CO₂ emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir.

6.2.1. 1800 d/d'daki CO₂ emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.7' de CO₂ emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

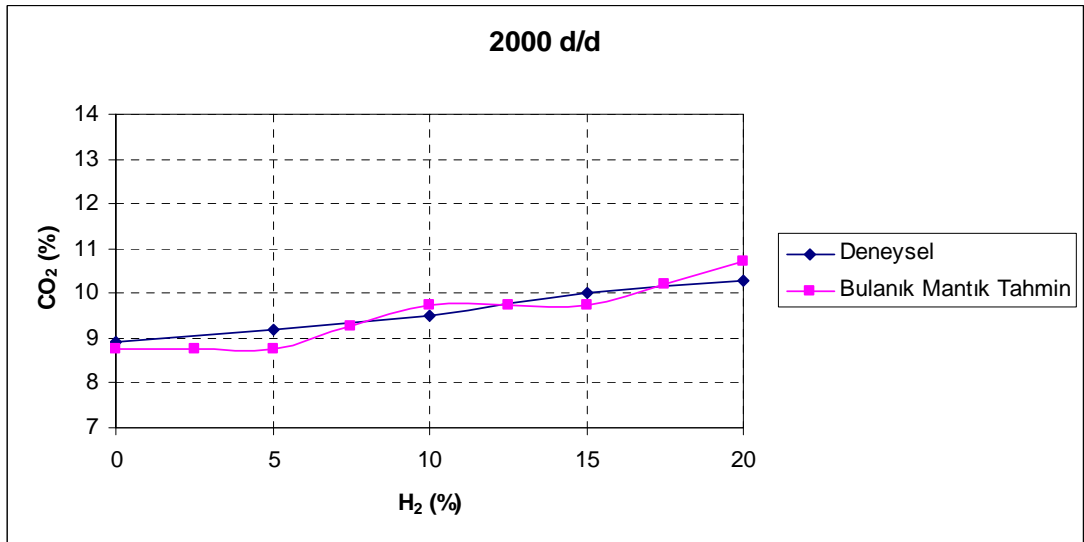
Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO₂ değeri 9,73 olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 1800 d/d için normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden yüksek çıkmıştır. CO₂ emisyonlarını 9,73 den 10.7 artmıştır. CO₂ emisyonlarının artması yanma veriminin artması ve yanmanın iyileşmesi sonucudur.



Şekil 6.7. 1800 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.2.2. 2000 d/d'daki CO₂ emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.8' de CO₂ emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.



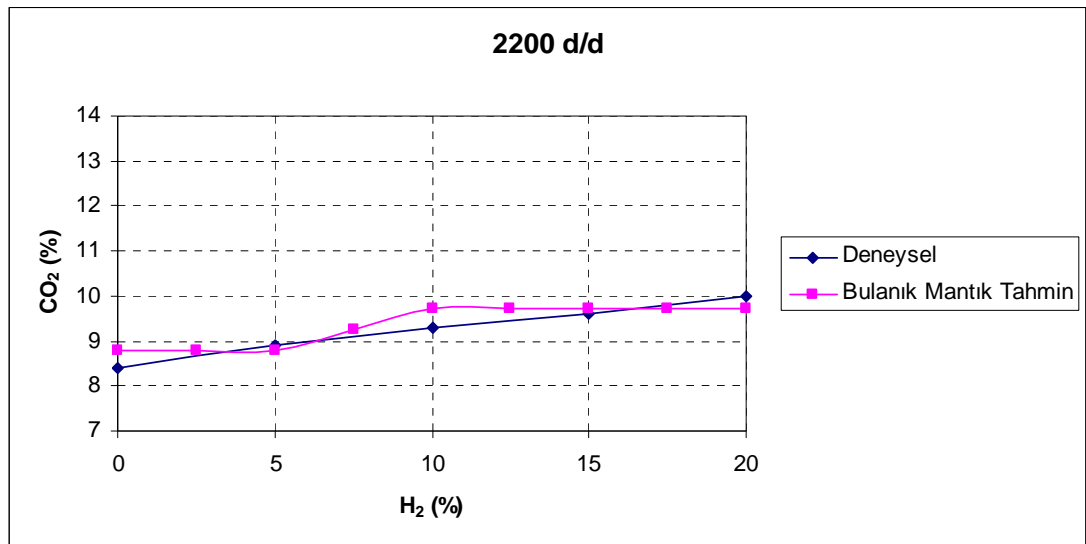
Şekil 6.8. 2000 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO₂ değeri 8,77 olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2000 d/d için normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden yüksek çıkmıştır. CO₂ emisyonlarını 8,77 den 10.7 artmıştır. CO₂ emisyonlarının artması yanma veriminin artması ve yanmanın iyileşmesi sonucudur.

6.2.3. 2200 d/d'daki CO₂ emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.9' de CO₂ emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO₂ değeri 8,77 olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2200 d/d için normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden yüksek çıkmıştır. CO₂ emisyonlarını 8,77 den 9,73 artmıştır. CO₂ emisyonlarının artması yanma veriminin artması ve yanmanın iyileşmesi sonucudur.

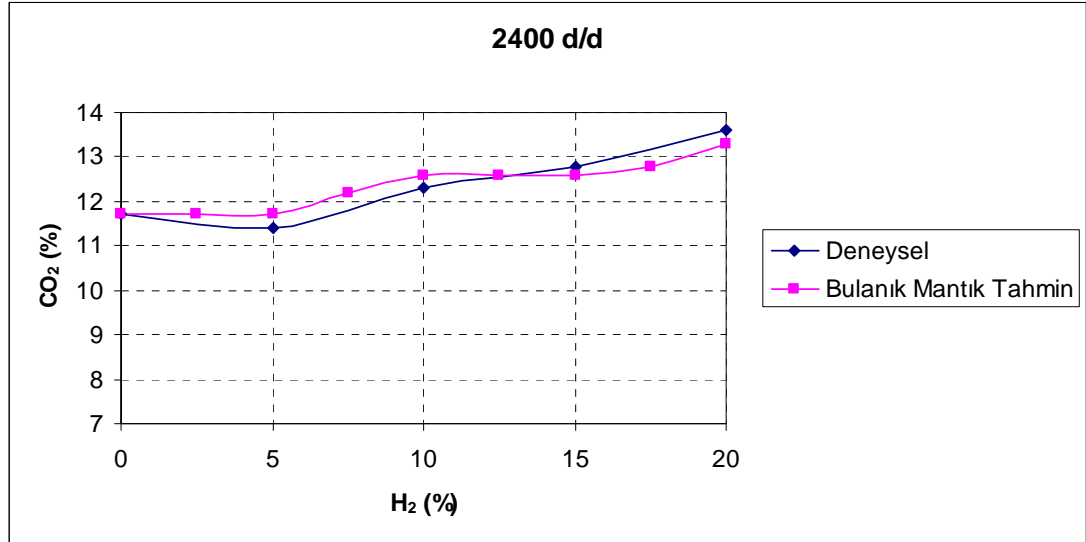


Şekil 6.9. 2200 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.2.2. 2400 d/d'daki CO₂ emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.10' de CO₂ emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO₂ değeri 11.7 olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2400 d/d için normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden yüksek çıkmıştır. CO₂ emisyonlarını 11.7 den 13.3 artmıştır. CO₂ emisyonlarının artması yanma veriminin artması ve yanmanın iyileşmesi sonucudur.



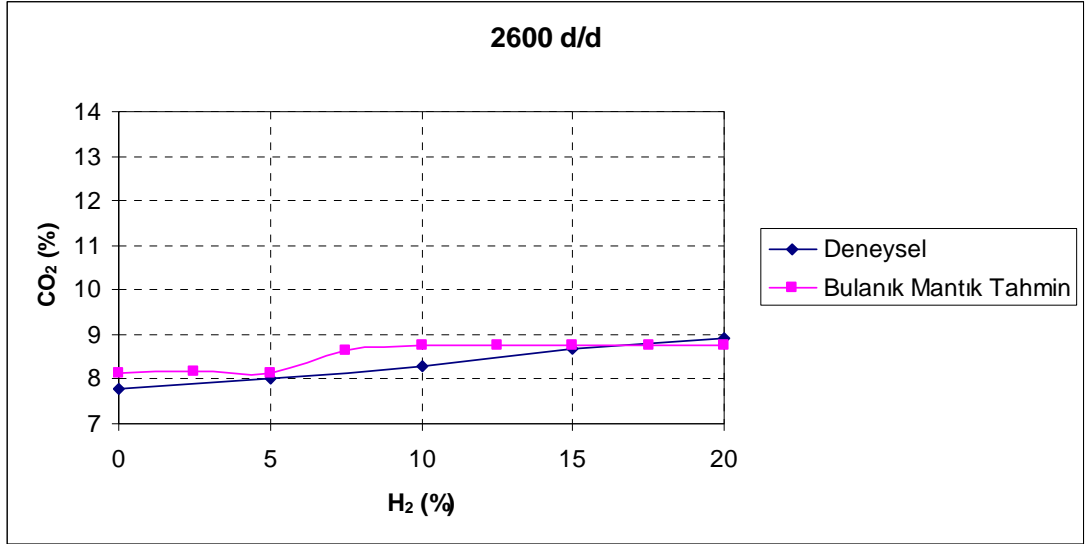
şekil 6.10. 2400 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.2.3. 2600 d/d'daki CO₂ emisyonunun değişimi

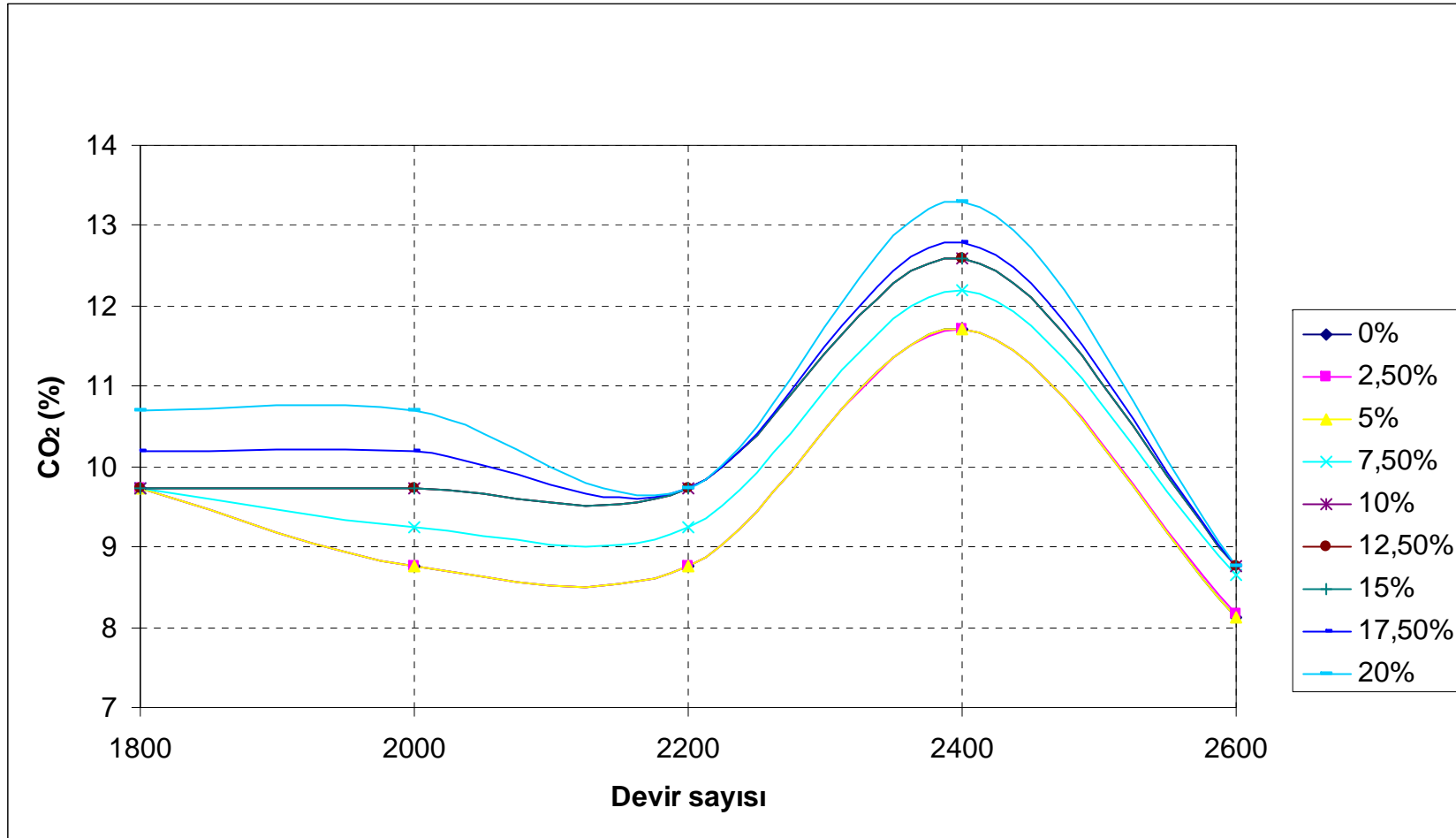
Aşağıdaki şekil 6.11' de CO₂ emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan CO₂ değeri 8,12 olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için

değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2600 d/d için normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden yüksek çıkmıştır. CO₂ emisyonlarını 8,12 den 8,77 artmıştır. CO₂ emisyonlarının artması yanma veriminin artması ve yanmanın iyileşmesi sonucudur.



Şekil 6.11. 2600 d/d farklı H₂ oranlarındaki CO₂ değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini



Şekil 6.12. CO₂ emisyonlarının devir sayılarına göre farklı hidrojen miktarlarındaki değişimi

6.3. NO_x Emisyon Değerleri

Tezin bu bölümünde farklı H₂ oranlarına göre değişen devir sayılarında NO_x emisyon miktarlarının bulanık mantık sistemleri ile modellenmesi üzerinde çalışılmıştır. Burada ilk 1800 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen NO_x emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. İkinci olarak 2000 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen NO_x emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. Üçüncü olarak 2200 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen NO_x emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. Dördüncü olarak 2400 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen NO_x emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir. Son olarak 2600 d/d'daki hidrojen %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %12.5, %15, %17.5, %20 miktarlarındaki BUS ile tahmin ettirilen NO_x emisyonlarının değeri ile deneysel çalışma sonuçları şekil halinde verilmiştir.

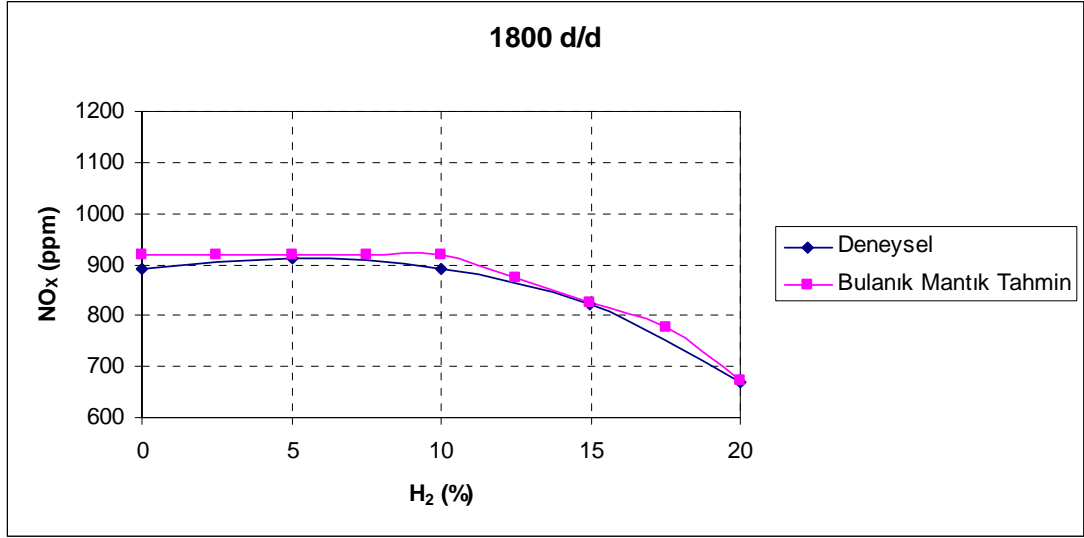
6.3.1. 1800 d/d'daki NO_x emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.13' de NO_x emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Motorda yanma sonunda ulaşılan yüksek sıcaklıklarda havanın içindeki azotun oksijen ile reaksiyona girerek azot oksitler meydana gelir. Azot oksitlerin oluşumu silindir içerisindeki sıcaklık ile orantılıdır. Sıcaklık arttıkça azot oksit oluşumu artar.

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan NO_x değeri 919 ppm olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 1800 d/d için

normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden düşük çıkmıştır. NO_x emisyonlarını 919 ppm den 673 ppm'e kadar azalmıştır

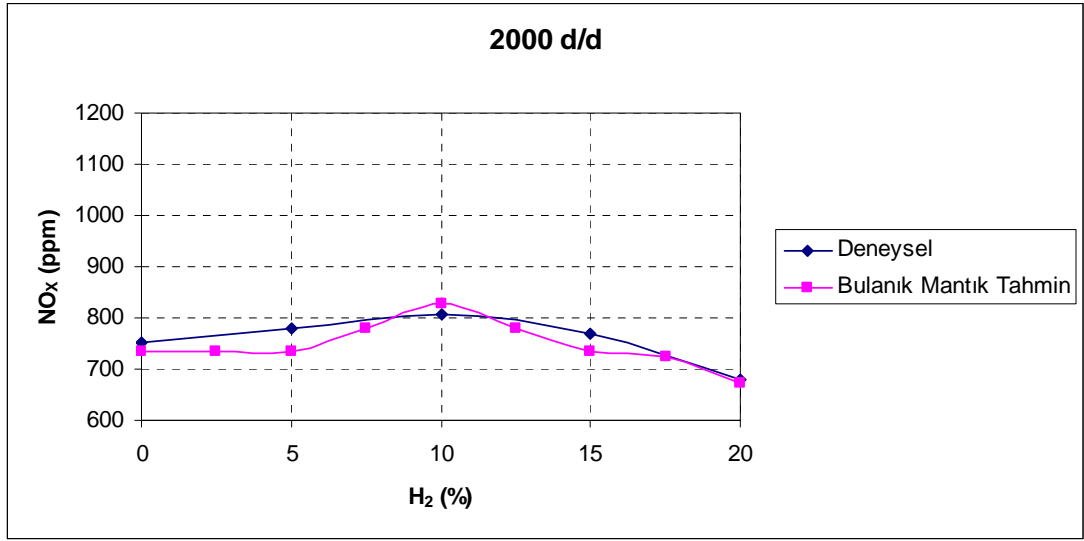


Şekil 6.13. 1800 d/d farklı H₂ oranlarındaki NO_x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.3.2. 2000 d/d'daki NO_x emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.14' de NO_x emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

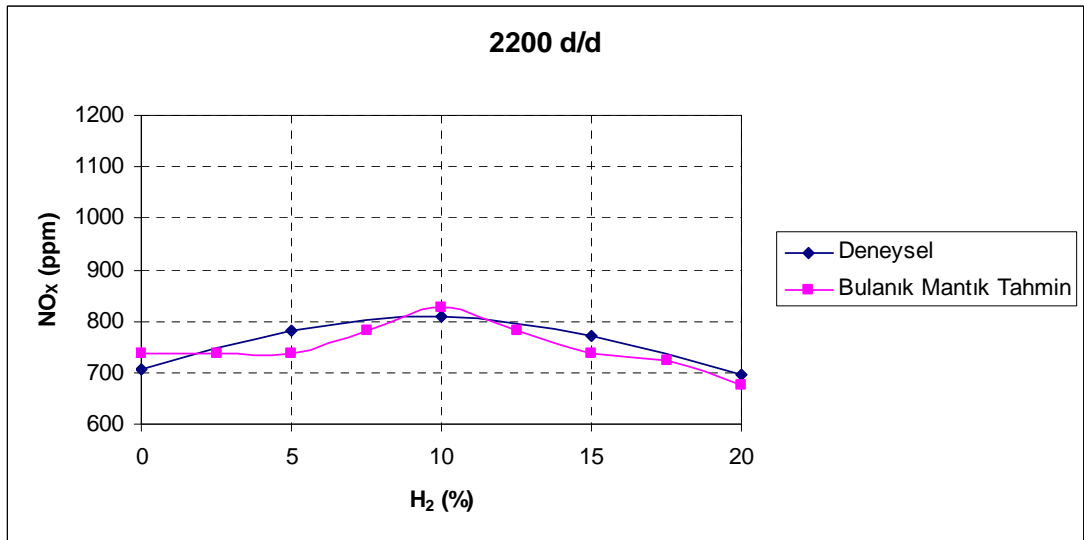
Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan NO_x değeri 736 ppm olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç da 2000 d/d için NO_x emisyonlarının değeri hidrojen miktarı %10'a kadar artmış daha sonra emisyon değeri düşmüştür. Bu artışa silindir içindeki sıcaklığın artması sebep olmuştur. Sıcaklık artınca NO_x miktarı da artmıştır.



Şekil 6.14. 2000 d/d farklı H₂ oranlarındaki NO_x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

6.3.3. 2200 d/d'daki NO_x emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.15' de NO_x emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.



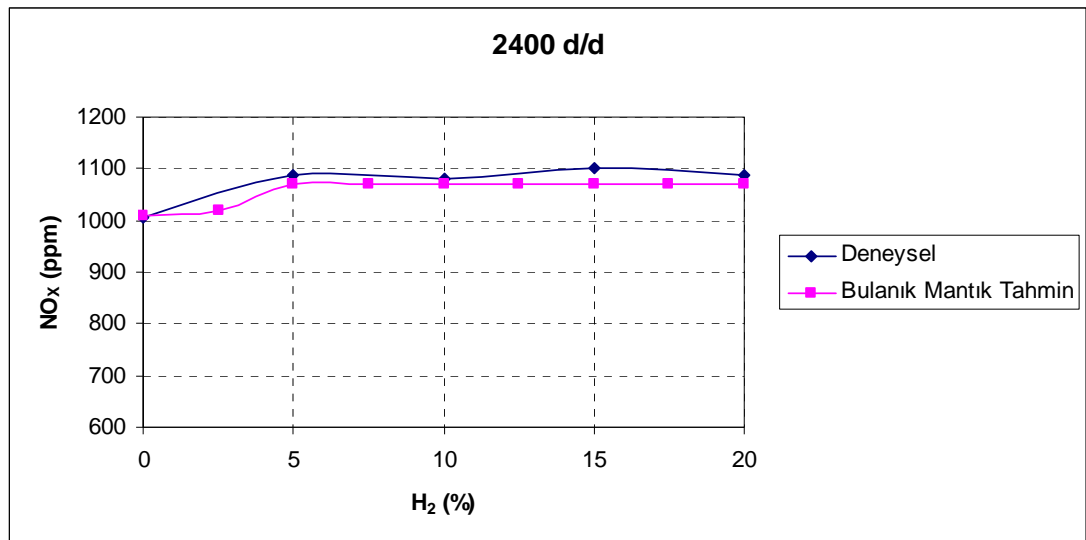
Şekil 6.15. 2200 d/d farklı H₂ oranlarındaki NO_x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan NO_x değeri 736 ppm olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç da 2200 d/d için NO_x emisyonlarının değeri hidrojen miktarı %10'a kadar artmış daha sonra emisyon değeri düşmüştür. Bu artışa silindir içindeki sıcaklığın artması sebep olmuştur. Sıcaklık artınca NO_x miktarı da artmıştır.

6.3.4. 2400 d/d'daki NO_x emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.16' de NO_x emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan NO_x değeri 1010 ppm olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2400 d/d için normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden yüksek çıkmıştır. NO_x emisyonlarını 1010 ppm den 1070 ppm'e kadar artmıştır. Buda silindir içerisindeki sıcaklığın arttığını belirtmektedir.

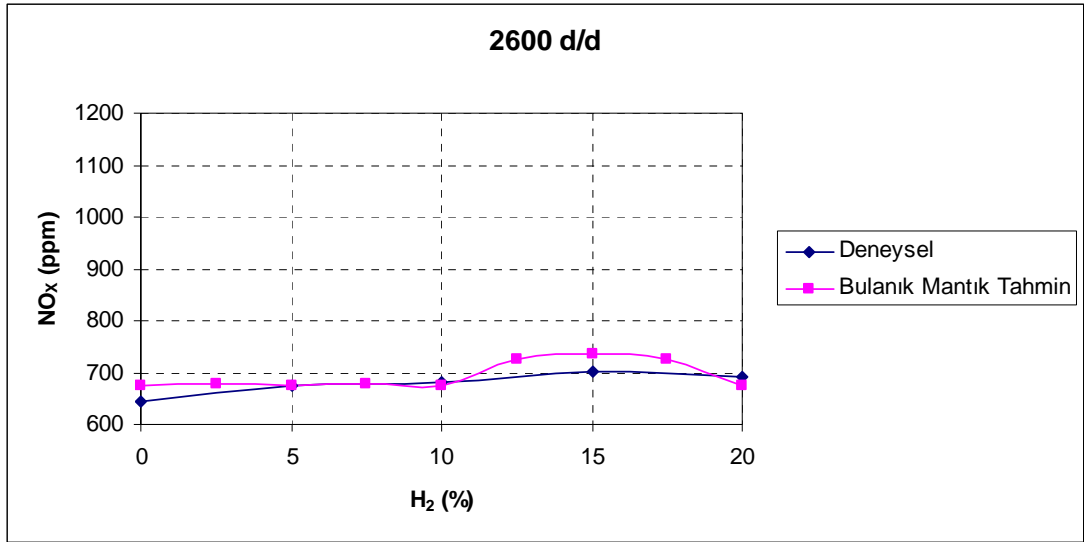


Şekil 6.16. 2400 d/d farklı H₂ oranlarındaki NO_x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini

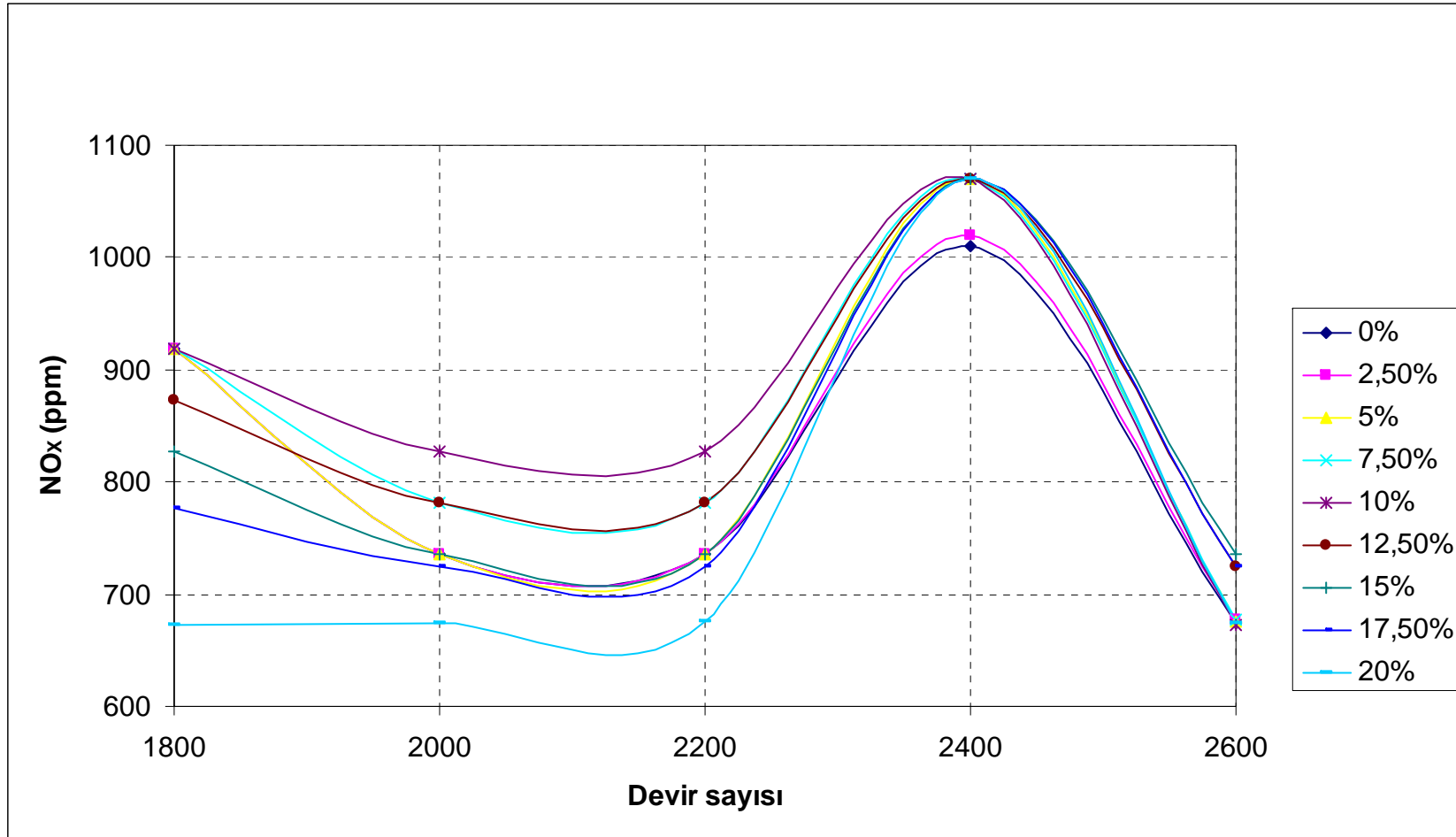
6.3.5. 2600 d/d'daki NO_x emisyonunun değişimi

Aşağıdaki şekil 6.17' de NO_x emisyonunun hidrojen oranlarına göre değişimi gösterilmektedir.

Grafikte %0 hidrojen bulanık mantık ile tahmin ettirilmiş olan NO_x değeri 674 ppm olarak tespit edilmiştir. Hidrojen oranı 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 için değerler tahmin ettirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda 2600 d/d için normal dizel yakıtı ile elde edilen verilerden birbirlerine çok yakın çıkmıştır.



şekil 6.17. 2600 d/d farklı H₂ oranlarındaki NO_x değişiminin bulanık mantık sistemleri ile tahmini



Şekil 6.18. NO_x emisyonlarının devir sayılarına göre farklı hidrojen miktarındaki değişimi

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hidrojen uzun yıllardır enerji kaynağı olarak bilinmesine karşın petrol kökenli enerji kaynaklarının ucuz ve bol olmasından dolayı hidrojenin kullanımını engellemiştir. 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi ve daha sonra yaşanan petrol temininde problemlerle karşılaşılması bilim adamlarını alternatif enerji kaynakları alanında çalışmaya sevk etmiştir. Bu alternatif enerji kaynaklarından bir tanesi de doğada bol miktarda bulunan hidrojendir.

Hidrojenin içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımını alanında yapılan çalışmalar performans ve emisyon bakımından olumlu sonuçlar vermiştir. Petrol üretimi yönünden büyük oranda yurtdışına bağımlı olan ülkemiz için yenilenebilir enerji kaynağı olan hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada bir dizel motorunda farklı devir sayılarında ve farklı hidrojen miktarlarındaki egzoz emisyonları Bulanık Uzman Sistem (BUS) ile belirlenmiştir. Temel olarak iki girişli tek çıkışlı 3 tane BUS modellenmiştir. Birincide hidrojen miktarı ve devir sayıları girdi verileri, çıktı verileri olarak CO emisyon miktarı kullanılmıştır. Bu modelde elde edilen değerler ile deneysel çalışmadaki verilerin istatistiksel karşılaştırıp deney sonuçlarını %97,7 temsil ettiği belirlenmiştir. Deneysel çalışmada yapılamayan farklı hidrojen miktarları için CO emisyon miktarlarının belirlenmesi için uygun olduğuna karar verilmiştir. İkinci çalışmada hidrojen miktarı ve devir sayıları girdi verileri, çıktı verileri olarak CO₂ emisyon miktarı kullanılmıştır. Bu modelde elde edilen değerler ile deneysel çalışmadaki verilerin istatistiksel karşılaştırıp deney sonuçlarını %96,84 temsil ettiği belirlenmiştir. Deneysel çalışmada yapılamayan farklı hidrojen miktarları için CO₂ emisyon miktarlarının belirlenmesi için uygun olduğuna karar verilmiştir. Üçüncü çalışmada ise hidrojen miktarı ve devir sayıları girdi verileri, çıktı verileri olarak

NO_x emisyon miktarı kullanılmıştır. Bu modelde elde edilen değerler ile deneysel çalışmadaki verilerin istatistiksel karşılaştırıp deney sonuçlarını %97,31 temsil ettiği belirlenmiştir. Deneysel çalışmada yapılamayan farklı hidrojen miktarları için NO_x emisyon miktarlarının belirlenmesi için uygun olduğuna karar verilmiştir.

Tasarlanan modellerin uygun olduğuna karar verildikten sonra aynı devir sayılarında farklı hidrojen miktarları (%2.5, %7.5, %12.5, %17.5) için egzoz emisyonları belirlenmiştir.

Motorda eksik yanma sonucu oluşan CO emisyonu incelendiğinde CO emisyon miktarının tüm hidrojen ilavesi miktarlarında normal dizel yakıtı ile elde edilen CO emisyon miktarlarından daha az düzeyde olduğu belirlenmiştir.

NO_x emisyonu incelendiğinde 1800 d/d'da %10'a kadar fazla bir değişiklik olmamış NO_x miktarlarında %10 ve %20 miktarları arasında ise NO_x miktarları azalmıştır. 2000 d/d'da %10'a hidrojen miktarına kadar artmış buda yanmanın iyileşmesi sonucu silindir içerisindeki sıcaklığın artması sonucudur. Sonra tekrar azalmıştır. 2200 d/d'da %10'a hidrojen miktarına kadar artmış yanma iyileşmiş ve silindir içerisindeki sıcaklık artmıştır sonra tekrar azalmıştır. 2400 d/d'da %5'e kadar artmış sonra sabit kalmıştır. 2600 d/d'da tüm hidrojen ilavelerinde artmıştır.

Elde edilen grafiklerden de kolayca anlaşılacağı gibi BUS dan elde edilen sonuçlarla deneysel veriler uyum göstermektedir. Bazı grafiklerin tam bir uyum sağlayamaması deneysel verilerin az oluşundan ve kullanılan BUS modelinin bazı değerler için tam bir yaklaşıklık sağlayamamasındandır.

Sonuç olarak bu çalışma motorlarda bulanık uzman sistem kullanımı ile modelleme yapılabildiğini göstermektedir. Deneysel verilerin daha çok olması durumunda gerçek değerlere daha yakın çıktılar elde edilebilir. Dolayısıyla yeterli deneysel veriler varsa bulanık uzman sistem çalışılmayan ara değerler için çok gerçekçi sonuçlar verebilir.

Bu çalışmada sadece egzoz emisyonları üzerinde durulmuş ve hidrojen yüzdelерinin ara değerleri için çalışma yapılmıştır. Yeterli deneysel veriler olduğu

takdirde motor performansı için de benzer bir çalışma yapılabilir. Ayrıca ara devir sayıları için de bir BUS geliştirilebilir.

Deneysel sonuçlardan yararlanarak ara değerlerle sonuçlar elde etmek için geliştirilen mantıksal çözümlerden yapay sinir ağı (YSA) bu çalışmada denenmiş ancak BUS ile elde edilen sonuçlar kadar tatmin edici olmamıştır. Ara değerlerin hesaplanmasında BUS daha iyi sonuçlar vermiştir. YSA da eğitime ve sınama verileri az olduğundan daha iyi ve yaklaşık çıktılar elde edilememiştir. Bu nedenle bu çalışmada BUS mantıksal çözüm metodu tercih edilmiştir. Buna rağmen daha çok deneysel çıktılarla YSA kullanılarak mükemmel sonuçlar elde edilebileceği benzer çalışmalardan anlaşılmaktadır.

8. KAYNAKLAR

Al-Baghdadi, M.A.S., Improvement of Performance and Reduction of Pollutant Emission of A Four Stroke Spark İngition Engine Fueled With Hyrogen-Gasoline Fuel Mixture, Energy Conversion & Manegement 41 (77-91), 2000

Al-Baghdadi, M.A.S., Hydrogen-ethanol Blending As An Alternative Fuel of Spark Ingition Engine, Renewable Energy 28 (1471-1478), 2003

Akansu, S.O., Dulger, Z., Kahraman, N., Veziroğlu, T.N., Internal Combustion Engine Fueled by Naturel Gas-Hydrogen Mixture, International Journal of Hydrogen Energy 29 (1527-1539), 2004

Allahverdi, N., Uzman Sitemler Bir Yapay Zeka Uygulaması, Atlas Yayınları, İstanbul, 2002

Arcaklioğlu, E., Çelikten, İ., A Diesel Engine's Performance and Exhaust Emissions, Applied Energy 80 (11-22), 2005

Ateş, A., İçten Yanmalı Motorlarda Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanılması ve Depolanma Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1985

Batmaz, İ., Buji Ateşlemeli Motorlarda Yakıtta Hidrojen İlavesinin Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt:22 No:1 (137-147), 2007

Baykal, N., Beyan, T., Bulanık Mantık İlke Ve Temelleri, Bıçaklar Kitabevi Yayın No:9, Ankara, 2004

Ceviz, M. A., Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen Benzin Karışımlarının Benzin Motorlarında Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000

Choi, G.H., Chung, Y.J., Han, S.B., Performance and Emissions Characteristics of A Hydrogen Enriched LPG Internal Combustion Engine at 1400 rpm, International Journal of Hydrogen Energy 30 (77-82), 2005

Dipioğlu, İ. , Hidrojenin Taşıt Üzerinde Üretimi ve Petrol Kökenli Yakıtlar İle Birlikte İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1998

Elmas, Ç., Bulanık Mantık Denetleyicileri, Seçkin Yayınları, Ankara, 2003

Haşimoğlu, C., Ciniviz, M., Uçar, G., Günümüzde içten yanmalı motorlarda hidrojen yakıtının kullanılması, Selçuk Üniversitesi On-Line Dergisi, 1-2, 2000

<http://farabi.selcuk.edu.tr/egitim> (12.04.2008)

Murcak, A., Dizel motorlarda hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003

Nagendra, S.M., Khare, M., Artificial Neural Network Approach for Modelling Nitrogen Dioxide Dispersion from Vehicular Exhaust Emissions, Ecological Modelling 190 (99-115), 2006

Parlak, A., Islamoglu; Y., Yaşar, H., Egrisogut, A., Application of Artificial Neural Network to Predict Specific Fuel Consumption and Exhaust Temperature for A Diesel Engine, Applied Thermal Engineering 26 (824-828), 2006

Salman, M. S. , Batmaz, İ., Yıldırım, H M., Buji ile ateşlemeli motorlarda hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel analizi, 2. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu Ve Sergisi, 26-27-28 Mayıs S. 538-547, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2004

Saravanan, N., Nagajavan, G., An Experimental Investigation of Hydrogen-Enriched Air İnduction in A Diesel Engine System, International Journal of Hydrogen Energy 33 (1769-1775), 2008

Sayin, C., Ertuna, H.M., Hosoz, M., Kilicaslan, I., Canakci, M., Performance and Exhaust Emissions of A Gasoline Engine Using Artifical Neural Network, Applied Thermal Engineering 27 (46-54), 2007

Soruşbay, C., Arslan, E., Hidrojen yakıtlı içten yanmalı motorlarda yanma performansı, Mühendis Ve Makine Dergisi, Cilt:29, Sayı:339, Nisan, 1988

Şahin, M., Hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanımının getireceği avantajlar ve karşılaşılan problemler, 3. Ulusal Hidrojen Enerjisi Kongresi, 17 Temmuz, İstanbul, 2006

Şen, Z., Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık İle Modelleme Prensipleri, Su Vakfi Yayınları, İstanbul, 2004

Taşdemir, Ş., Benzinli bir motorun performans ve emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi için bulanık uzman sistem tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2004

Taşdemir, Ş., Sarıtaş, İ., Ciniviz, M., Çınar, C., Allahverdi, N., Benzinli bir motor performansının belirlenmesinde yapay sinir ağı uygulaması, 4. Uluslararası İleri Teknoloji Sempozyumu, 28-30 Eylül, Konya

Temelci, F.E., Taşıtlarda Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000

Veziroğlu, T.N., 21st Century's Energy: Hydrogen Energy System, 1. Ege Sempozyumu ve sergisi, Denizli, 2003

www.bumat.itu.tr (07.01.2008)

www.obitet.gazi.edu.tr (10.10.2007)

www.yapay-zeka.org (20.12.2007)

ÖZGEÇMİŞ

Talip AKBIYIK

1981 yılında Kayseri ilinin Kocasinan ilçesinde doğdu. İlkokulu Mithatpaşa İlköğretim okulunda tamamladı. Ortaokulu Sümer Ortaokulunda tamamladı. Lise öğrenimini Merkez Endüstri Meslek Lisesi Motor bölümünde yaptı. 2000 yılında Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv Öğretmenliği Bölümü'ne girdi. 2004 yılında Otomotiv Öğretmenliği bölümünü bitirdi. 2004 yılının bahar döneminde Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı Otomotiv Öğretmenliği Programı Bilim Dalı'nı kazandı. Halen bu programda öğrenimi sürdürmektedir