

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRÜCÜ ETKİLEŞİMLİ TAŞIT SÜRÜŞ TEST VE EĞİTİM SİSTEMİNİN TASARIMI

İlker ÖZMEN

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Tezli Yüksek Lisans Programı

ŞUBAT 2022

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRÜCÜ ETKİLEŞİMLİ TAŞIT SÜRÜŞ TEST VE EĞİTİM SİSTEMİNİN TASARIMI

İlker ÖZMEN

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Tezli Yüksek Lisans Programı

ŞUBAT 2022

ONAY

İlker ÖZMEN tarafından hazırlanan “**Sürücü Etkileşimli Taşıt Sürüş Eğitim Sisteminin Tasarımı**” adlı tez çalışması 22/02/2022 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı’da YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Dr. Öğr. Üyesi, Cemil KÖZKURT

(Danışman)

Profesör, Mehmet TEKTAŞ

(Üye)

Dr. Öğr. Üyesi, Mücahit SOYASLAN

(Üye)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah YEŞİL

Enstitü Müdürü

BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Sürücü Etkileşimli Taşıt Sürüş Eğitim Sisteminin Tasarımı**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 22/02/2022



İlker ÖZMEN
İmza

ÖNSÖZ

Hayatımızın önemli bir parçası olan ulaşım sektörü ve bu sektörde yaşanan olumsuz gelişmeler incelenmiştir. Yapılan incelemelerde, güncel trafik kaza verileri ile doğru ve ekonomik araç kullanamamanın çevresel etkileri üzerine yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde doğru ve ekonomik araç kullanımının can ve mal kaybına etkilerinin fazla olduğu görülmüştür. Günümüz araç teknolojisine bağlı olarak gelişen yapıyı ve araç sensör ve algılayıcı sistemleri inceleyerek, tasarlanmak istenen sürücü denetim sistemlerine bu yapının entegrasyonunun sağlanabilmesi için bir simülasyon çalışması yapılmış ve başarılı sonuçlar veren bir sistem geliştirilmiştir. Simülasyon çalışmasında, sistemin karar verme ve analiz becerisi bulanık ve klasik mantık teorileri kullanılarak modellenmiştir. Bu teorilerinin kullanılmasındaki amaç karar verme yetisinin esnek ve geliştirmeye yatkın olmasıdır.

Simülasyon çalışması neticesinde araç kullanımının sürücü üzerindeki etkileri gözlemlenebilir, sürücünün denetimi sağlanabilir ve sürüş tecrübesi kazanabilir duruma gelmesi sağlanacaktır. Çalışmanın fayda sağlaması durumunda trafikte can ve mal kaybının azalmasının, ülkelerin ekonomik durumlarına olumlu etki etmesinin ve çevresel faktörlere katkı sağlamasının mümkün olabileceği öngörülmüştür. Bunların yanı sıra otomotiv ve yazılım sektöründe iş gücü yaratacak önemli bir proje gerçekleştirilmesi istenmektedir. Elde edilen sürücü denetim verileri kullanılarak oluşturulabilecek yapay bir sinir ağı denetçisi ile bu sistemin geliştirilmesi ve endüstriyel alanda büyük bir amaca hizmet etmesi söz konusu olacaktır.

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT'a şükranlarımı sunarım.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan annem Zübeyde ÖZMEN, babam Halil ÖZMEN, varlığı ile birer motivasyon kaynağı olan kardeşim Saliha ÖZMEN'e teşekkür ederim.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRÜCÜ ETKİLEŞİMLİ TAŞIT SÜRÜŞ TEST VE EĞİTİM SİSTEMİNİN TASARIMI

İlker ÖZMEN

Bandırma Onyedİ Eylöl Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT

Şubat 2022, 117 sayfa

İnsan yaşamının en temel ihtiyaçlarından biri olan araçlar, ulaşım sektörünün temel yapı taşlarından biridir. Trafik kazalarının yaklaşık %88'i sürücü kaynaklı hatalardan kaynaklanmaktadır ve kazaların yaklaşık %1,1'i ölümlle sonuçlanmaktadır. Bu çalışmada öncelikle trafikte doğru ve standart araç kullanımına yönelik koşullar incelenmiştir. Ardından trafikte sık kullanılan araçların sürüş denetimini kontrol edebilen sensör ve algılayıcı sistemler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda araç sürücüsünün kontrolünde bulanık ve klasik mantık ile karar verme problemini çözebilecek karmaşık bir sürücü denetim sistemi simülasyon modeli sunulmuştur. Trafikte insan kusurlarının azaltılması, sürücüye doğru, hızlı ve ekonomik araç kullanmanın öğretilerek istatistiksel kaza oranlarının azaltılması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Bulanık Mantık, Klasik Mantık, Sürücü Denetimi, Sürücü Kontrol Sistemi, Otonom Araçlar

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

DESIGN OF DRIVER-INTERACTIVE VEHICLE DRIVING TEST AND TRAINING SYSTEM

İlker ÖZMEN

Bandırma Onyedi Eylül University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Intelligent Transportation Systems and Technologies

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Cemil KÖZKURT

February 2022, 117 pages

Vehicles, one of the most basic needs of human life, are one of the basic building blocks of the transportation sector. Approximately 88% of traffic accidents are caused by driver-related errors and approximately 1.1% of accidents result in death. In this study, first of all, the conditions for correct and standard vehicle use in traffic were examined. Then, sensors and sensing systems that can control the driving control of frequently used vehicles in traffic have been investigated. As a result of the study, a complex driver control system simulation model is presented that can solve the decision problem with fuzzy and classical logic in the control of the vehicle driver. It is aimed to reduce human errors in traffic and to reduce statistical accident rates by teaching the driver to drive correctly, quickly and economically.

Keywords: Fuzzy Logic, Classical Logic, Driver Control, Driver Control System, Autonomous Vehicles

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
TABLO LİSTESİ.....	XII
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	5
2.1 BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC)	6
2.1.1 Bulanık Mantık Teorisi.....	7
2.1.2 MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.....	9
2.2 SÜRÜCÜ DESTEK SİSTEMLERİ.....	10
3. SİSTEM TASARIMI.....	12
3.1 ARAÇLARDA KULLANILAN SENSÖR VE ALGILAYICI SİSTEMLER.....	15
3.2 DENETİM SİSTEMİ TASARIMI	18
3.2.1 Klasik Mantık Denetim Sistemi	19
3.2.2 Bulanık Mantık Denetim Sistemi	22
3.2.2.1 Bulanık Mantık Modelleme.....	27
3.2.2.2 Bulanık Mantık Model Sonuçları	57
3.2.3 Bulanık ve Klasik Karar Sisteminin Simulink Modeli	63
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	94
5. KAYNAKLAR	97
6. EKLER	102
ÖZGEÇMİŞ	117

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2-1: Mamdani bulanık çıkarım yapısı.....	8
Şekil 2-2: Mamdani sonuç kümelemesi	8
Şekil 2-3: Mamdani alan merkezli durulaştırma yöntemi.....	9
Şekil 2-4: MATLAB bulanık mantık tasarımcı programına ait editörler	9
Şekil 2-5: MATLAB bulanık mantık canlı editör ile komut satırı derleyicisi	10
Şekil 2-6: V2V, V2I vb. sistemler haberleşme sistem şeması.....	11
Şekil 3-1: Sürücü Denetim Sistemi'nin Blok Şeması.....	18
Şekil 3-2: Kural 5c bulanık mantık modeli	28
Şekil 3-3: Kural 5c maddesinin S3 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	29
Şekil 3-4: Kural 5c maddesinin S13 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	29
Şekil 3-5: Kural 5c maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	30
Şekil 3-6: Kural 6e bulanık mantık modeli	31
Şekil 3-7: Kural 6e maddesinin S1 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	31
Şekil 3-8: Kural 6e maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	32
Şekil 3-9: Kural 6e maddesinin S8 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	32
Şekil 3-10: Kural 6e maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	33
Şekil 3-11: Kural 6ğ bulanık mantık modeli.....	34
Şekil 3-12: Kural 6ğ maddesinin S2 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	34
Şekil 3-13: Kural 6ğ maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	35
Şekil 3-14: Kural 6ğ maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	35
Şekil 3-15: Kural 6h bulanık mantık modeli.....	36

Şekil 3-16: Kural 6h maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.	37
Şekil 3-17: Kural 6h maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu	37
Şekil 3-18: Kural 6h maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.	38
Şekil 3-19: Kural 6h maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.	38
Şekil 3-20: Kural 7b bulanık mantık modeli.....	39
Şekil 3-21: Kural 7b maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.	40
Şekil 3-22: Kural 7b maddesinin S16 girişine ait üyelik fonksiyonu.	40
Şekil 3-23: Kural 7b maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.	41
Şekil 3-24: Kural 7ç bulanık mantık modeli.	42
Şekil 3-25: Kural 7ç maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	42
Şekil 3-26: Kural 7ç maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	43
Şekil 3-27: Kural 7ç maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	43
Şekil 3-28: Kural 8b bulanık mantık modeli.....	44
Şekil 3-29: Kural 8b maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu.	45
Şekil 3-30: Kural 8b maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.	45
Şekil 3-31: Kural 8b maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.	46
Şekil 3-32: Kural 8c bulanık mantık modeli.	47
Şekil 3-33: Kural 8c maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	47
Şekil 3-34: Kural 8c maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	48
Şekil 3-35: Kural 8c maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	48
Şekil 3-36: Kural 13e bulanık mantık modeli	49
Şekil 3-37: Kural 13e maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	50
Şekil 3-38: Kural 13e maddesinin S6 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	50
Şekil 3-39: Kural 13e maddesinin S16 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	51

Şekil 3-40: Kural 13e maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	51
Şekil 3-41: Kural 14a bulanık mantık modeli.....	52
Şekil 3-42: Kural 14a maddesinin S2 girişine ait üyelik fonksiyonu.	53
Şekil 3-43: Kural 14a maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.	53
Şekil 3-44: Kural 14a maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	54
Şekil 3-45: Kural 14c bulanık mantık modeli	55
Şekil 3-46: Kural 14c maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	55
Şekil 3-47: Kural 14c maddesinin S6 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	56
Şekil 3-48: Kural 14c maddesinin S16 girişine ait üyelik fonksiyonu.....	56
Şekil 3-49: Kural 14c maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.....	57
Şekil 3-50: S3 ve S13 sensör verilerinin 5c maddesinin sonucuna etkisi	58
Şekil 3-51: S1, S4 ve S8 sensör verilerinin 6e maddesinin sonucuna etkisi.....	58
Şekil 3-52: S2 ve S4 sensör verilerinin 6ğ maddesinin sonucuna etkisi.....	59
Şekil 3-53: S4, S9 ve S11 sensör verilerinin 6h maddesinin sonucuna etkisi	59
Şekil 3-54: S4 ve S16 sensör verilerinin 7b maddesinin sonucuna etkisi.....	60
Şekil 3-55: S9 ve S11 sensör verilerinin 7c maddesinin sonucuna etkisi	60
Şekil 3-56: S9 ve S11 sensör verilerinin 8b maddesinin sonucuna etkisi.....	61
Şekil 3-57: S9 ve S11 sensör verilerinin 8c maddesinin sonucuna etkisi	61
Şekil 3-58: S4, S6 ve S16 sensör verilerinin 13e maddesinin sonucuna etkisi.....	62
Şekil 3-59: S2 ve S4 sensör verilerinin 14a maddesinin sonucuna etkisi.....	62
Şekil 3-60: S4, S6 ve S16 sensör verilerinin 14c maddesinin sonucuna etkisi.....	63
Şekil 3-61: Simulink simülasyon modeli analog veri üretici	64
Şekil 3-62: Simulink simülasyon modeli dijital veri üretici	64
Şekil 3-63: Kural 3 simülasyon modeli	65

Şekil 3-64: Kural 5a simülasyon modeli	66
Şekil 3-65: Kural 5b simülasyon modeli	66
Şekil 3-66: Kural 5c simülasyon modeli	67
Şekil 3-67: Kural 6a simülasyon modeli	68
Şekil 3-68: Kural 6b simülasyon modeli	68
Şekil 3-69: Kural 6d simülasyon modeli	69
Şekil 3-70: Kural 6e simülasyon modeli	70
Şekil 3-71: Kural 6f simülasyon modeli	71
Şekil 3-72: Kural 6g simülasyon modeli	72
Şekil 3-73: Kural 6h simülasyon modeli	73
Şekil 3-74: Kural 7a simülasyon modeli	74
Şekil 3-75: Kural 7b simülasyon modeli	74
Şekil 3-76: Kural 7c simülasyon modeli	75
Şekil 3-77: Kural 7ç simülasyon modeli	76
Şekil 3-78: Kural 8b simülasyon modeli	77
Şekil 3-79: Kural 8c simülasyon modeli	78
Şekil 3-80: Kural 13e simülasyon modeli	79
Şekil 3-81: Kural 14a simülasyon modeli	80
Şekil 3-82: Kural 14c simülasyon modeli	81
Şekil 3-83: Kural 15c simülasyon modeli	81
Şekil 3-84: Kural 16d simülasyon modeli	82
Şekil 3-85: Kural 16g simülasyon modeli	83
Şekil 3-86: Kural 17a simülasyon modeli	83
Şekil 3-87: Kural 17b simülasyon modeli	84

Şekil 3-88: Kural 17ç simülasyon modeli	85
Şekil 3-89: Kural 17e simülasyon modeli	86
Şekil 3-90: Kural 18b simülasyon modeli	87
Şekil 3-91: Kural 18d simülasyon modeli	88
Şekil 3-92: Kural 18e simülasyon modeli	88
Şekil 3-93: Kural 19d simülasyon modeli	89
Şekil 3-94: Kural 19g simülasyon modeli	90
Şekil 3-95: Kural 20c simülasyon modeli	91
Şekil 3-96: Kural 20f simülasyon modeli	92
Şekil 3-97: Kural 20g simülasyon modeli	92
Şekil 3-98: Kural 20ğ simülasyon modeli	93

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1-1: 2020 yılı trafik kazası istatistikleri	1
Tablo 1-2: Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) 2020 yılı trafik kazalarına neden olan unsurlara ait veriler	1
Tablo 1-3: EGM 2020 yılı trafik kazalarına neden olan sürücü kusurlarına ait veriler	2
Tablo 3-1: Sürücü Davranışları, Sınav Değerlendirme Formu kısaltmaları ve kullanılacak algılama yöntemleri	13
Tablo 3-2: Sınav Değerlendirme Formu davranışlarıyla Sürücü Denetim Sistemi için gerekli sensörlerin eşleştirimi.	16
Tablo 3-3: Klasik mantık denetimi için oluşturulan sensör-kural eşleştirimi ve kural ikazı	19
Tablo 3-4: Sürücü Denetim Sistemi'nin bulanık modelinin çıkış değerleri ve çıkış fonksiyonları	26

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
σ_x	: Giriş x'e ait üyelik fonksiyonu derecesi
σ_y	: Giriş y'ye ait üyelik fonksiyonu derecesi
σ_z	: Çıkış üyelik fonksiyonu derecesi
$\cap$	: Kesişim
Z_i	: Bulanık çıkarım sonuç birleştirme fonksiyonu
σ_{Zi}	: Bulanık çıkarım sonuç birleştirme fonksiyonu üyelik derecesi
λ	: Üyelik fonksiyonu üyelik derecesi
$Z_{\text{çıkış}}$	: Sonuç birleştirme fonksiyonu toplam çıkarım alanı
i	: Başlangıç değeri
m	: Kural sayısı
$\sigma_{\text{ÇIKIŞ}}$	: Sonuç birleştirme fonksiyonu toplam çıkarım alanı sonuç değeri
C_{COA}	: Alan merkezli durulaştırma işlemi sonuç değeri
C_K	: Alan merkezi fonksiyonu minimum değeri
C_L	: Alan merkezi fonksiyonu maksimum değeri

Kısaltmalar	Açıklama
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
EGM	: Emniyet Genel Müdürlüğü
LIDAR	: Işın Algılama ve Mesafe Ölçme (Light Detection and Ranging)

GPS	: Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
SAE	: Otomotiv Mühendisleri Topluluęu (Society of Automotive Engineers)
COA	: Alan Merkezi (Centre Of Area)
MATLAB	: Matrix Laboratory
V2V	: Araçtan Araca (Vehicle to Vehicle)
V2I	: Araçtan Altyapıya (Vehicle to Infrastructure)
TCS	: Çekiş Kontrol Sistemi (Traction Control System)
ESP	: Elektronik Stabilite Programı (Electronic Stability Program)
V2P	: Araçtan Yolcuya (Vehicle to Passenger)
V2X	: Araçtan Nesneye (Vehicle to Everything)
V2N	: Araçtan Aęa (Vehicle to Network)
MOBESE	: Mobil Elektronik Sistem Entegrasyonu
MAP	: Manifold Mutlak Basınç Sensörü
CKP	: Krank Mili Devir Sensörü
TSS	: Türbin Mili Devir Sensörü
DSS	: Şanzıman Çıkış Mili Sensörü
EMB	: Elektromekanik Fren Sistemi Sensörleri
MAF	: Hava Akış Sensörü
SAS	: Direksiyon Açısı Sensörü
CPP	: Debriyaj Sensörü
BSA	: Yan Algılayıcılar
SBR	: Emniyet Kemerı Sensörü
APP	: Gaz Pedalı Konum Sensörü

1. GİRİŞ

Günümüzde ulaşım sektöründe akla ilk gelen unsur motorlu taşıtlardır. Motorlu taşıtlar maliyet, kısa mesafede sunduğu rahat ulaşım gibi avantajlardan dolayı tercih sebebi olmaktadır. Tercih sebebinin fazla olması nedeni ile de günümüz trafik akışında yoğunluğa ve insan kontrolüne olan ihtiyacı da artırmaktadır. Bu ihtiyaç ise ihmalleri, kazaları ve çevre kirliliğini beraberinde getirmektedir [1].

Son dönemlerde gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde araç sayılarında ve trafik kazalarında artış görülmüştür. Bu kazalar can ve mal kaybı oluşturmakla birlikte devlet ekonomilerini olumsuz etkilemektedir [2]. Kazaların önüne geçerek can ve mal kaybını azaltmak amacıyla trafikte sürücü denetimleri yapılmakta fakat bu denetimler can ve mal kaybını azaltmakta yeterli olamamaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) açıklamış olduğu veriler can ve mal kayıplarına neden olan trafik kazalarının ne kadar fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Tablo 1-1' de 2020 yılına ait Türkiye genelindeki toplam trafik kazalarının türleri verilmiştir.

Tablo 1-1: 2020 yılı trafik kazası istatistikleri[3].

Toplam kaza sayısı	365005
Ölümlü veya yaralanmalı kaza sayısı	150005
Sadece maddi kayıp içeren kaza sayısı	215000

Türkiye' deki trafik kaza oranının yüksek olmasının nedeni artan araç sayısı ve araç sayısına bağlı olarak artış gösteren sürücü sayısıdır. Sürücü sayısının artması ile sürücü kaynaklı kaza sayısı artmakta, can ve mal kaybında da artış gözlemlenmektedir. Tablo 1-2' de Türkiye geneli 2020 yılına ait trafik kazalarına neden olan unsurlara ait veriler görülmektedir.

Tablo 1-2: Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) 2020 yılı trafik kazalarına neden olan unsurlara ait veriler [4].

Kusur Faktörleri	Kaza Sayısı
Sürücü	156825
Yaya	12489

Tablo 1-2 (Devam)

Araç	4728
Yol	895
Yolcu	2,577
Toplam	177514

Verilerden sürücü kusur faktörü ile gerçekleşen kazaların toplamın yaklaşık %88'ini oluşturduğu bu yüzden yapılan denetimlerin yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Sürücü denetiminin yetersiz kalmasından ve sürücü kaynaklı hata ve kazaları en aza indirmek için EGM Trafik Başkanlığı tarafından sürücü kusurlarının yer aldığı veriler Tablo 1-3' te paylaşılmıştır.

Tablo 1-3: EGM 2020 yılı trafik kazalarına neden olan sürücü kusurlarına ait veriler [4].

Sürücü Kusurları	Kaza Sayısı
Araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak.	61944
Kavşak, geçit ve kaplamanın dar olduğu yerlerde geçiş önceliğine uymamak.	22237
Şerit izleme ve değiştirme kurallarına uymamak.	14702
Arkadan çarpma.	12990
Doğrultu değiştirme (dönüş) kurallarına uymamak.	11287
Manevraları düzenleyen genel şartlara uymamak.	6399
Kırmızı ışık veya görevlinin dur işaretinde durmamak.	4117
Taşıt giremez trafik işareti bulunan yerlere girmek.	3984
Trafik güvenliği ile ilgili diğer kurallara uymamak.	3784
Yaya ve okul geçitlerinde yavaşlamamak, yayalara geçiş hakkı vermemek.	1487
Alkollü olarak araç kullanmak.	1870
Aşırı hızla araç kullanmak.	1606
Geçme yasağı olan yerlerden geçmek.	1057
Hatalı şekilde veya yasak olan yerlere park etmek.	869
Diğer	8492
Toplam	156825

Yukarıdaki tablolarda verilen istatistiksel veriler incelendiği zaman trafikte yaşanan can ve mal kayıplarının önüne geçebilmek adına teknolojinin yardımına ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüz

araç teknolojisinde LIDAR (Light Detection and Ranging), GPS (Global Positioning System), odometre, radar, sensör ve bilgisayar görüntüsü teknikleriyle normal bir sürücünün yolculuk sırasında yapacağı davranışları denetleyebilecek sistemler oluşturulmaktadır [5]. Society of Automotive Engineers (SAE) otonom araçların sınıflandırılması için 6 farklı seviye belirlemiştir. Bu seviyelere göre 0. seviye araçlar tamamen sürücü yönetimi ile kontrol edilirken, 5. seviye araçlar yolculuğunu sürücü müdahalesi olmadan tamamlamaktadırlar. 0. Seviye araçlar herhangi bir otonom araç teknolojisi barındırmamaktadır ve sürüş deneyimine ilişkin tüm kontroller sürücü tarafından gerçekleştirilmektedir. 1. Seviye araçlarda ise akıllı hız desteği veya şerit takip sistemi gibi sürücü destek sistemlerinden biri bulunmaktadır ayrıca bu sistemlerin kontrolü sürücü tarafından gerçekleştirilmektedir. 2. Seviye araçlarda akıllı hız desteği, şerit takip sistemi veya gelişmiş acil fren sistemi gibi sürücü destek sistemlerinden ikisi bulunmaktadır [6]. Kısmi otonominin bulunduğu araçlar 2. Seviye araçlardır. 3. Seviye araçlar günümüzde otonom sürüş teknolojisine geçiş olarak kabul edilen araç sınıfıdır. Standart şartlarda devam eden bir sürüş deneyiminde 3. Seviyedeki bir araç sürüş şartlarını denetleyerek sürüşü gerçekleştirebilmektedir. Sürücü ise uyarı halinde sürüş kontrolünü ele almak zorundadır. 4. Seviye araçlarda araç, sürüş esnasında olağanüstü koşullarda sürücüye kontrolü devralması için uyarı vermekte ve eğer sürücü kontrolü ele almak istemezse minimum risk koşullarında sürüş kontrolünü sağlamaktadır. 5. Seviye araçlar ise tam otonom araç olarak ifade edilen, her türlü koşulda, öngörülemeyen durumlarda sürüşü kendisi tamamlayan araç sınıfıdır. 5. Seviye araçlarda sürücü ihtiyacı bulunmadığından insan tamamen yolcu konumundadır [7]. Günümüz trafiğinde en fazla 2. ya da 3. seviye araçlar görülebilmektedir. 5. seviye araçlar özel şirketler tarafından trafiğe kapalı tesislerde geliştirilmektedir [8]. Bazı araştırmacılara göre 5. Seviye araçların tamamen trafiğe çıkabilmesi en erken 2050 yılında olması ön görülürken [9], bazıları 2070 yılına kadar bu sürecin devam edeceğini tahmin etmektedir [10]. Araç seviyelerinde bulunan seviye farklılıkları, karma trafikte bulunan sürücülü ve sürücüsüz taşıtlar arasındaki etkileşimin ne seviyede olacağı ve farklılıklara istinaden sürüş koşullarında sürücü denetiminin yapılarak incelenmesi son derece önemlidir. Tasarlanan sistemde 0. Seviye, 1. Seviye ve 2. Seviye araçların üst seviyedeki araçlar ile trafikte sürüş şartlarına olan uyumun sağlanabilmesi, araç sistemlerine uyum sağlanabilmesi ve sürücü davranışlarının denetlenerek ileri seviye araçların kullanımının yaygınlaştırılması istenmektedir. Mevcut sürücü denetim sistemlerinin gelecekte oluşması beklenen sistemler için hazır olduğundan emin olmak, meydana gelebilecek problemlerin önüne geçilebilmesi açısından son derece önemlidir. Yüksek seviyelerdeki otonom araçların algılama kabiliyeti, insanlara göre daha yüksek olduğu için bu araçların trafikteki payı arttıkça trafik kazalarında ve sıkışıklığında bir

azalma beklenmektedir [11]. Bunun yanı sıra, yolların kapasitelerinin artması, enerji ve yakıt tüketiminin azalması ve yolculuk sürelerinin kısalması gibi gelecekte benzeri çeşitli olumlu gelişmelerin gerçekleşeceği ön görülmektedir [12].



2. MATERYAL VE YÖNTEM

Donanımsal ve yazılımsal araç gereçlerin veya her ikisinin bir kombinasyonda farklı sistemlerde uygulanmasına olanak tanıyan, problem çözme yeteneği geliştirmek için tasarlanan kontrol sistemi metodolojisi olarak bulanık mantık ve klasik mantık teorileri doğmuştur [13].

Klasik kümeler ya verilen ögeyi tamamen içerir ya da ögeleri tamamen hariç tutar. Yani Boolean mantığında genelleştirme yapılırsa klasik mantıkta değerler 1 (doğru) ve 0 (yanlış) olarak standart mantıksal operatör değerleri neticesinde belirlenmektedir. Bulanık mantıkta, herhangi bir ifadenin doğruluğu, bir derece meselesi haline getirilir. Bulanık akıl yürütme, bize evet-hayır sorusuna evet-veya-hayır olmayan bir yanıtla cevap verme yeteneği verir. Bulanık mantıkta akıl yürütme, yalnızca bilinen Boolean mantığının geliştirilmesidir. Sayısal değeri 0,5 ile 1 arasında ise "doğru", sayısal değeri 0 ile 0,5 arası ise "yanlış" şeklinde yapılan tanımlamalara bulanık mantık izin vermektedir [14]. Bulanık mantık, çıkarım yöntemlerini kullanarak olayları yorumlamaya çalışır. Buradan bulanık kümelerin nesnel değil öznel olduğu çıkarımı yapılabilir. Bulanık kümedeki nesnenin üyelik derecesi, öznel olarak tanımlanmış üyelik fonksiyonu tarafından verilir. Bir nesnenin üyelik derecesi 0 ile 1 arasındadır. Burada 1 değeri tam üyeliği, 0'a yakın bir değer ise bulanık kümedeki nesne üyeliğinin zayıf olduğunu gösterir [15]. Bulanık küme çıkarım işlemleri VE, VEYA veya DEĞİL gibi mantıksal bağlaçlar tarafından gerçekleştirilir. En sık kullanılan mantıksal operatörler, minimum ve çarpım operatörleridir. Genellikle maksimum operatörü ayırma işlemi için kullanılır [16].

Tasarlanan sistemde araçlarda genellikle bulunan sensör ve algılayıcı sistemler belirlenerek alınan verilerin bulanık ve klasik mantık çerçevesinde ayrıntılı bir incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bulanık mantık çerçevesinde incelenen veriler MATLAB (Matrix Laboratory) yazılımı kullanılarak kurallar şeklinde karar mekanizması oluşturulmuştur. İlk aşamada sensör verileri ile üyelik fonksiyonları oluşturulmuş ve karar limit değerleri belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonlarının karar mekanizmasından geçirilmesi ile elde edilen sonuç grafikleri ve çıktı değerleri incelenerek tahmini sonuç değerleri elde edilmiştir. Karar mekanizması MATLAB Fuzzy Logic Toolbox ile hazırlanarak Simulink platformu ile ilişkilendirilmiştir. Elde edilen tahmini sonuç verileri Simulink modelleme platformunda oluşturulan klasik ve bulanık mantık karar verme modellerinde işlenerek sistemin kontrolü için gerekli simülasyon oluşturulup çıkışta karar sonuçlar elde edilmiş ve görsel bir sürücü ikaz mekanizması oluşturulmuştur.

2.1 BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC)

Bulanık mantık, yapay zekâ üzerine bir uygulama oluşturabilmek için temel bir fonksiyondur. Bulanık mantıkta amaç, istenilen olasılık değerine varabilmektir. Bu doğrultuda bulanık mantığın yapısını açıklayacak olursak, genel bir veri kümesi istenilen aralıklarda oluşturulan fonksiyonlardan geçirilerek bir veya birden fazla sonuç değeri elde etmektir [17].

Klasik denetim sistemlerine nazaran, sistemlerin matematiksel modelleme sistemine gerek duyulmadan, yalnızca istenilen sonucu verebilecek şekilde sistem girişi belirlendiğinde, bulanık mantık mekanizmasının çalışması istenilen denetimi sağlamış olur [18]. Neticede bulanık mantık ve bulanık küme işlemleri vasıtasıyla makine denetim sistemlerinin insan karar mekanizması yapısında doğru sonuçlar vermesi sağlanmaktadır [19]. Bulanık mantığın yapay sinir ağları veya genetik algoritmalarla entegrasyonu gibi çalışmaların alt yapısını hazırlar nitelikte olması sebebiyle nöral-bulanık (İngilizce literatürde bu alan “artificial neural networks and fuzzy logic”, “neuro-fuzzy” ve “neural fuzzy” terimleri kullanılarak ifade edilmektedir.) sistemler veya genetik-bulanık sistemlere ait çalışmalar literatüre yansımıştır. Böylelikle akıllı sistemlerde günümüz teknolojik çalışmalarında hızlı bir aşama kaydedilmiştir [20], [21].

Bulanık mantık denetim sistemlerinde en çok kullanılan iki yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler Mamdani ve Sugeno yöntemleridir [22]. Mamdani yöntemi, sonuca daha mantıksal hesaplama yöntemleriyle ulaşmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzmanlığı daha sezgisel, daha insani bir şekilde tanımlamamızı sağlar. Bununla birlikte, Mamdani metodu, önemli bir hesaplama yükü gerektirir. Öte yandan, Sugeno yöntemi hesaplama açısından verimlidir ve optimizasyon ve uyarlamalı tekniklerle iyi çalışır. Özellikle dinamik doğrusal olmayan sistemler için kontrol problemlerinde tercih edilir. Bu uyarlanabilir teknikler, üyelik fonksiyonlarını özelleştirmek için kullanılabilir. Böylece bulanık sistem verileri en iyi şekilde modellenenilmektedir [23].

Mamdani metodu ile Sugeno metodu arasındaki en temel fark, bulanık girdilerden net çıktının üretilme şeklidir. Mamdani metodu, bir bulanık çıktının durulaştırma tekniğini kullanırken, Sugeno metodu, net çıktıyı hesaplamak için ağırlıklı ortalama kullanır. Kural tabanının yorumlanabilir ve sezgisel doğası nedeniyle, Mamdani metodu, özellikle karar destek uygulaması için yaygın olarak kullanılmaktadır [24]. Diğer farklılıklar, Mamdani metodunun çıktı üyelik fonksiyonlarına sahip olması, Sugeno metodunun ise çıktı üyelik fonksiyonlarına sahip

olmamasıdır. Mamdani metodu, çıktıları optimize edilerek entegre edilebildiğinden, Sugeno metoduna kıyasla sistem tasarımında daha az esnektir [25].

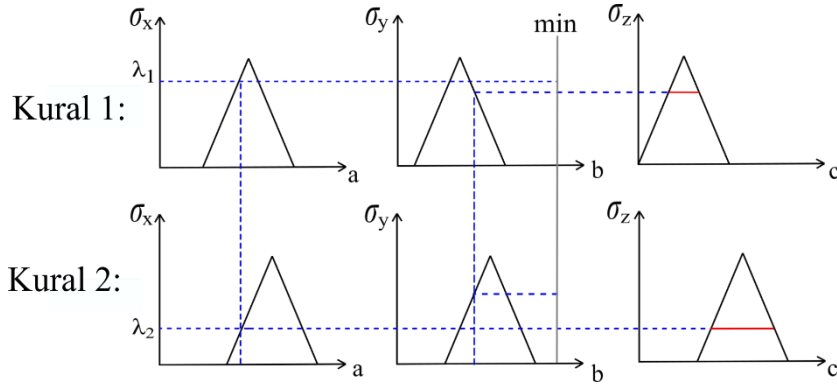
Tasarlanan sistemin bulanık mantık denetimi Mamdani metodu ile yapılmıştır. Bu metodun tercih edilmesinin sebebi mantıksal karar mekanizmasının daha kullanışlı olması ve kontrol sistemlerinde karar mekanizması uygunluğunun yanı sıra optimize edilebilen entegrasyon işlemlerinde sıklıkla kullanılmasıdır [26].

2.1.1 Bulanık Mantık Teorisi

Bulanık mantıkla modelleme ilk olarak Lotfi Ali-asker Zadeh [27] tarafından önerilmiş ve o zamandan beri bilgi sistemleri, kontrol sistemleri ve optimizasyon gibi birçok alanda kullanılmıştır. Özellikle kontrol sistemlerinde bulanık mantığın yaygın kullanımı Mamdani [28] tarafından sağlanmıştır. Günümüzde otomotiv endüstrisinde kontrol tasarımlarında da kullanılmaktadır [29]. Sürücü Denetim Sistemi'nde bulanık mantık çıkarım mekanizması olarak Mamdani yöntemi kullanılmıştır. Bulanık sonuç alanı, Şekil 2-1'deki gibi kırpma (min-maks) yöntemi ile Mamdani bulanık çıkarım yapısındaki kuralların üyelik fonksiyonları incelenerek elde edilir. Alanlar Şekil 2-2'de toplanmıştır. Mamdani bulanık çıkarımının üyelik fonksiyonları ile ilgili denklem, Denklem 1'de verilmiştir [27].

$$Z_i = (\sigma_{xi}(a) \cap \sigma_{yi}(b)) \cap \sigma_{zi}(c) \quad (1)$$

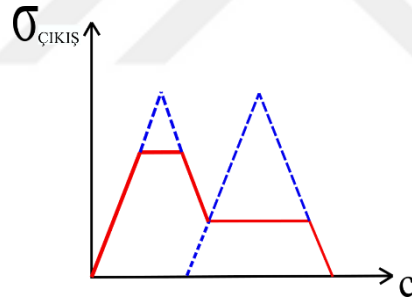
Denklemden σ_x ve σ_y üyelik fonksiyonlarının giriş parametrelerini, σ_z ise çıkış parametrelerini gösterir. Mamdani bulanık çıkarım yapısı, üyelik fonksiyonlarının üyelik seviyeleri λ olmak üzere Şekil 2-1'de verilmiştir.



Şekil 2-1: Mamdani bulanık çıkarım yapısı

Çıkarsama yapısında m kural varsa, toplam çıkarım alanı Denklem 2 ile elde edilir. Bulanık çıkarım sonucu birleştirme grafiği, Şekil 2-2'deki gibi iki kurallı bir bulanık sistemde elde edilir.

$$Z_{\text{çıkış}} = \bigcup_{i=1}^m (Z_i) \quad (2)$$

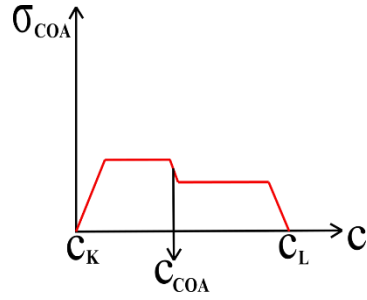


Şekil 2-2: Mamdani sonuç kümelemesi

Durulaştırma, bulanık sonuç grafiği ile gerçekleştirilir. Durulaştırma işlemi yapılırken alan merkezi (Centre Of Area - COA) yöntemi uygulanır. Bunun nedeni, COA yönteminin daha düşük bir hata payına sahip olması ve sonuç değerlerinin daha yakınsamasıdır [30]. Bu yöntem için iki denklem vardır. Bulanık çıkarım sonucu birleştirme grafiği iki ayrı alandan oluşuyorsa, Denk. 3 kullanılır.

$$C_{COA} = \frac{\sum_{i=K}^L (\lambda_i) (Z_i)}{\sum_{i=K}^L (\lambda_i)} \quad (3)$$

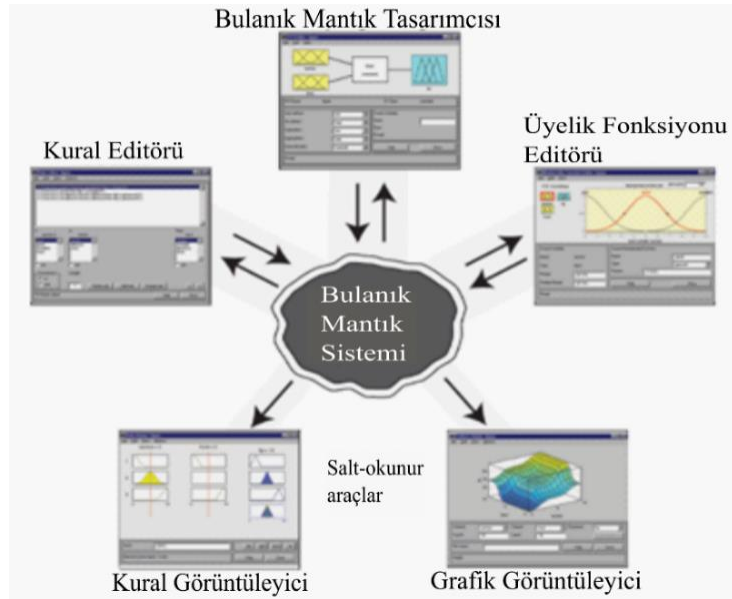
Şekil 2-3'te bir örneği gösteren en yakın değer COA durulaştırma yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 2-3: Mamdani alan merkezli durulaştırma yöntemi

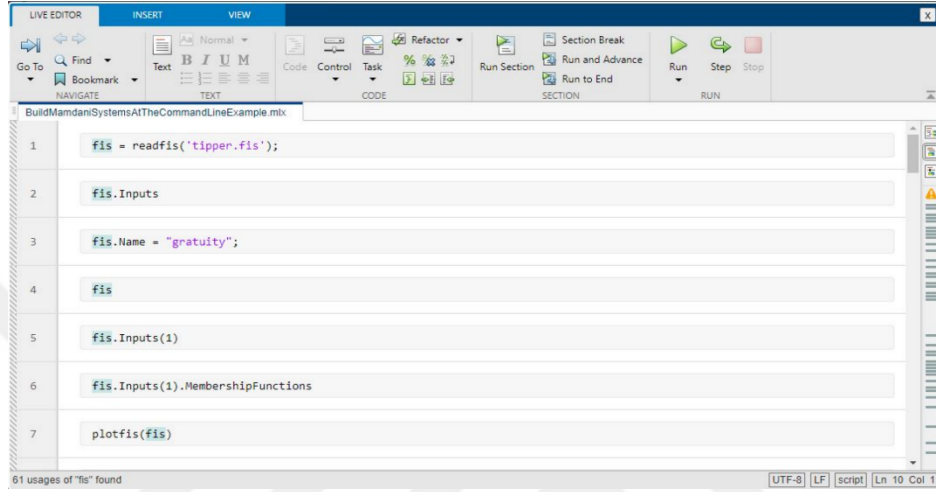
2.1.2 MATLAB Fuzzy Logic Toolbox

Denetim sistemi için gerekli olan bulanık mantık kural mekanizmasının oluşturulabilmesi için MATLAB adlı program tercih edilmiştir. Bulanık mantık çerçevesinde karar mekanizmasından geçirilecek olan sensör ve algılayıcılardan elde edilen verilerin kullanılabilmesi için bu programda iki ayrı yöntem bulunmaktadır. İlki bulanık mantık tasarımcısı (Fuzzy Logic Designer) kullanmak, ikincisi ise MATLAB komut satırında (Command Line) canlı derleyici (Live Editör) kullanarak tasarlamaktır [31].



Şekil 2-4: MATLAB bulanık mantık tasarımcı programına ait editörler [32]

Bulanık mantık tasarımcısı kullanmak hem görsel açıdan hem de oluşturulan kuralların anlık vereceği sonuçları takip etmek açısından kullanışlıdır [13]. Fakat tasarlanmak istenen denetim sisteminde fazla kural ve fazla fonksiyon oluşması sebebiyle canlı derleyici kullanılarak komut satırında kod yazarak ilerlemek tercih edilmiştir. Aşağıda MATLAB resmi sitesinde canlı editör kullanılarak hazırlanan örnek bulanık mantık komut satırı derleyicisi gösterilmiştir [33].



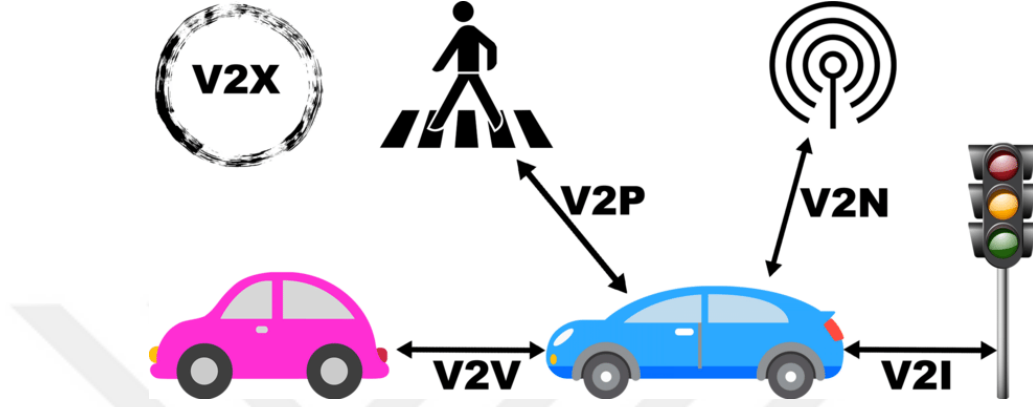
Şekil 2-5: MATLAB bulanık mantık canlı editör ile komut satırı derleyicisi [33].

2.2 SÜRÜCÜ DESTEK SİSTEMLERİ

Sürücü destek ve denetim sisteminin oluşturulabilmesi için araçlardaki uygun sensör, kamera, GPS, V2V (Vehicle to Vehicle), V2I (Vehicle to Infrastructure) vb. algılayıcı ve haberleşme sistemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Araçlarda farklı işlevlerde ve farklı amaçlar için kullanılan bu sistemler çevre uyarıcılarının tanımlanması, levha ve araç gereçlerin tespiti, sürücü denetimi, yol hâkimiyeti gibi çeşitli unsurların belirlenmesinde kullanılır [34].

Günümüz araçlarında bulunan mevcut sistemlerde sensör teknolojilerinin yardımıyla şerit takibi ve direksiyon hâkimiyeti gibi konular incelenerek aracı şerit içinde tutacak sürücü destek sistemleri mevcuttur [35]. Gelişmiş donanıma sahip araç yapıları incelendiğinde LIDAR, GPS, TCS (Traction Control System), ESP (Electronic Stability Program) gibi sistemler gerek güvenlik gerekse sürüş denetimi için kullanıldığından artık araçlar içerisinde standart donanım haline getirilmesi planlanmaktadır [36]. Sürücüsüz araçlar günümüz teknolojisinde sensör ve algılayıcı donanım seviyesi en üst seviyede olan araçlarıdır. Bu araçların standart sensör sistemlerine ek

olarak radar, bilgisayar görüşü, sonar, GPS, odometre ve atalet gibi algılayıcı sistemlere sahip olduğu ve V2V ile V2I gibi haberleşme sistemlerine de sahip olduğu bilinmektedir [37]. Çok az araç insan faktörü ile veya hiç insan faktörü olmadan karayollarında kullanılabilir. Aynı zamanda karayollarının çoğu konumda elverişsiz oluşu ve yüksek maliyet sebebiyle otonom araçların yaygınlaşma süresinin uzun olacağı tahmin edilmektedir [38].



Şekil 2-6: V2V, V2I vb. sistemler haberleşme sistem şeması [39].

Otonom araç seviyesine geçiş adımı olarak görülen elektrikli araçların avantajları göz önünde bulundurulduğunda, araç kapasitesinin daha iyi kullanılması, daha düşük enerji tüketimi ve elektrikli otomobillerin daha düşük işletme maliyetlerinin bulunması nedeniyle toplu taşıma hizmetlerinde tercih sebebi olmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmaların sürdürülebilir olması sürücü denetimine yönelik çalışmaların da önünü açacaktır [40].

Bu çalışmada her araç türünde bulunan standart sensör ve algılayıcı sistemler belirlenerek bu sistemlerin kullanımı üzerinden daha düşük maliyetli ve her araca uyarlanabilir bir sistem tasarımı gerçekleştirilmek istenmektedir. Ayrıca GPS, görüntü işleme gibi alanlarda çalışmalarında eklenebilir ve karar mekanizmasında yapılan çalışmanın ileri seviyelere taşınabilir olması hedeflenecektir. Yapılan çalışma, araçların teknoloji seviyeleri arasındaki geçişlerin kolaylaşması ve ön görülen olumlu gelişmelerin hızlanması bakımından önem arz etmektedir [41].

3. SİSTEM TASARIMI

Sürücülü/sürücüsüz (akıllı) taşıtlarda çeşitli algılayıcı (sensör) temel yardımcı cihazlar tercih edilmektedir. Bu cihazların birçoğu mesafe ölçümünde, hız ve devir bilgisinde, basınç ve sıcaklık bilgisinde ve algılanması gereken niceliğin var olup olmadığını belirlemek gibi nesnelerin fiziksel ayrıntılarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bunlara ek olarak incelenen verilerin değerlendirilmesi ve gerekli matematiksel işlem ve dönüşüm parametrelerinin hesaplanabilmesi için kullanılan bir yazılımsal denetleyici sistem ve aracın standart hareketlerini gerçekleştiren diğer donanımlar yer almaktadır [42].

Sistemin tasarımında öncelikle sürücü denetimini sağlayabilmek için bazı standart kuralların belirlenmesi gereklidir. Bu kurallar neticesinde sürücü davranışlarının denetimi için gerekli taşıtlarda bulunan temel algılayıcı ve sensör sistemlerinin kullanılarak yazılımsal denetim mekanizması oluşturulabilmektedir. Sistem tasarımı için gerekli kurallar Milli Eğitim Bakanlığı tarafından düzenlenen direksiyon eğitimi dersi uygulama sınavı için hazırlanan Sürücü Davranışları Sınav Değerlendirme Formu esas alınmıştır [43]. Bu formda bulunan tüm maddelerin standart bir taşıt bünyesinde bulunan sensör ve algılayıcı sistemler ile tespiti yapılamayacağından, denetim ve kural mekanizmasının düşük maliyetli ve daha çok çeşit araçta uygulanabilir olması nedeniyle denetimi mümkün olan maddeler belirlenerek sistemin tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'de sürücü eğitimleri Milli Eğitim Bakanlığına bağlı özel sürücü kursları ile verilmekte ve bu eğitimin sonunda yazılı ve uygulamalı iki sınav yapılmaktadır. Eğitimlerde trafik ve çevre kuralları, ilk yardım, araç tekniği ve trafik görgü kuralları gibi konular anlatılmakta ve sürücü adaylarının yazılı sınavda başarılı olmaları beklenmektedir. Deneme sınavını geçmeye hak kazanan adaylar, araç tekniği ile ilgili sorulara sözlü cevaplar vererek direksiyon sınavından geçerler. Belirli bir güzergâh üzerinde trafik ve çevre kurallarına uygun olarak sürücü muayenesinden geçen adaylar ehliyet almaya hak kazanırlar [44]. Test sürüşü muayenesi sırasında uyulması gereken sürüş kuralları, Bakanlık tarafından yayınlanan Motorlu Taşıt Sürücüleri Kursu Kılavuzu Sürücü Eğitimi Sınavı Değerlendirme Formu bölüm ve maddelerinde verilmiştir [43]. Günümüzde trafik kontrolü, Mobil Elektronik Sistem Entegrasyonu merkezlerinde (MOBESE) ve kontrol noktalarında kamera, radar gibi sistemlerden yapılan veri ve gözlemler doğrultusunda, Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından otonom sistemler veya personel tarafından yapılmaktadır [45].

Bu çalışmada, sürücüyü caydırmak için yasal kontrol sistemlerini destekleyebilecek ve sürüş testinde ölçülebilir bir test yöntemine katkıda bulunabilecek, otomobillerde sürüş becerilerini geliştirmeyi ve sürücü kusurlarından kaynaklanan trafik kazalarını azaltmayı amaçlayan bir sürücü denetim sistemi tasarımı önerilmiştir. 3. Sürücü davranışlarının tamamını elektronik sistemlerle tespit etmek mümkün olmasa da Sınav Değerlendirme Formunda [43] verilen sürücü davranışlarının önemli bir bölümünün sensör, kamera, navigasyon ve LIDAR sistemleri ile otomobillerde tespit edilebildiği görülmektedir. İleri teknoloji LIDAR, kamera ve navigasyon gibi maliyetli donanımlar yerine standart sensörler kullanılarak kontrol edilmesi amaçlanan sürücü davranışları ve bu davranışların kontrolde kullanılmasına yönelik mantık yapısı Tablo 3-1’de verilmiştir. Oluşturulan tüm kuralların denetiminde aracın düz şartlarında kullanıldığı kabul edilmiştir.

Tablo 3-1: Sürücü Davranışları, Sınav Değerlendirme Formu kısaltmaları ve kullanılacak algılama yöntemleri [43].

	Sınav Değerlendirme Formunda verilen sürücü davranışları	Sınav Değerlendirme Formu	Bulanık (B) Klasik (K)
1	Emniyet Kemerini Takmıyor	3	K
2	Aracı çalıştırmadan önce debriyaja basmıyor (Otomatik vitesli araçlar hariç) veya vitesi boşa almıyor.	5a	K
3	Aracı çalıştıramıyor.	5b	K
4	Araç çalıştığı halde kontak anahtarını marş kademesinde tutmaya devam ediyor.	5c	B
5	Aracı hareket ettirmeden önce el frenini indirmiyor.	6a	K
6	Kalkışı doğru vitesle yapmıyor, Otomatik vitesli araçlarda kalkış yaparken vitesi D pozisyonuna getirmiyor.	6b	K
7	Kalkış yaparken sinyal vermiyor.	6d	K
8	Kalkış yaparken aracı sarsıyor.	6e	B

Tablo 3-1 (Devam)

9	Kalkış yaparken motoru stop ettiriyor.	6f	K
10	Trafiği tehlikeye düşürecek şekilde hızlı ve kontrolsüz kalkış yapıyor.	6ğ	B
11	Kalkış yaptıktan sonra aracı doğru şeride konumlandıramıyor.	6h	B
12	Vites değiştirirken debriyaj pedalına tam basmıyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).	7a	K
13	Vites değiştirirken gaz pedalını doğru kullanamıyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).	7b	B
14	Vites değiştirirken doğru sıralamaya uymuyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).	7c	K
15	Vites değiştirirken aracın kontrolünü kaybediyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).	7ç	B
16	Aracı kontrol edemiyor, sağa sola savuruyor.	8b	B
17	Aracı şerit içinde gezdiriyor.	8c	B
18	Hızlanma ve yavaşlamalarda aracın hızını ayarlayamıyor.	13e	B
19	Aracı yüksek devirde kullanıyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).	14a	B
20	Duruş ve kalkışları ani yapıyor, aracı ekonomik kullanmıyor.	14c	B
21	Kalkış yaparken motoru stop ettiriyor.	15c	K
22	Aracı stop ettiriyor.	16d	K
23	Kalkış yaparken sinyal vermiyor.	16g	K
24	Ani fren yapıp aracı durduramıyor (Saatte 30 km hızla giderken).	17a	K

Tablo 3-1 (Devam)

25	Ani fren yaptığında aracı stop ettiriyor.	17b	K
26	Kalkış yapmadan önce sinyal vermiyor.	17ç	K
27	Kalkış yaparken motoru stop ettiriyor.	17e	K
28	Sağ şeritte durmadan veya kalkış yapmadan önce sinyal vermiyor.	18b	K
29	Aracı hareket ettirirken 50 cm'den fazla geri kaydırıyor.	18d	K
30	Kalkış yaparken motoru stop ettiriyor.	18e	K
31	Kalkış yaparken motoru stop ettiriyor.	19d	K
32	Park alanından çıkarken sinyal vermiyor.	19g	K
33	Duraklama veya park etmede sağ tarafa yanaşırken sinyal vermiyor.	20c	K
34	Aracı terketmeden önce el freni ile aracı sabitlemiyor.	20f	K
35	Aracı terketmeden önce motoru stop etmiyor.	20g	K
36	Otomatik vitesli araçlarda park esnasında aracı stop ettirmeden önce vitesi P pozisyonuna almıyor.	20ğ	K

Tabloda verilen 36 davranış bir senaryoya dayalı olarak ya da her sürüşte gerçekleşebilecek davranışlardır. Bu davranışların denetimi klasik mantık ya da bulanık mantık metotları ile yapılabilir. Çıkış değerleri sürekli bir aralıkta olan 11 davranışta karar verme kişiden kişiye değişebileceğinden bulanık mantık ile karar verme tercih edilmiştir. Kademeli ya da var-yok gibi değer çıkışı olan 25 davranışta ise klasik mantık ile karar verme kullanılmaktadır.

3.1 ARAÇLARDA KULLANILAN SENSÖR VE ALGILAYICI SİSTEMLER

Her araçta bulunan sensör ve algılayıcı sistemlerinin birbirinden farklı özellikte ve yapıda olmasından dolayı sürücü davranışlarının hepsinin denetimini yapan bir sistem oluşturmak

mümkün görünmemektedir. Fakat araçların genelinde standart olarak bulunan sensör ve algılayıcı sistemlerin kullanıldığında sürüş denetimi yapabilmek de mümkündür. Denetim sistemi için gerekli olan sensörlerin denetlenecek sürücü davranışlarında eşleştirmeli kullanımı Tablo 3-2’de verilmiştir. Buna göre bir simülasyon modelinde sensör bilgileri girdi olarak, denetlenen sürücü davranışları ise çıktı olarak belirlenmektedir.

Sınav Değerlendirme Forumu’nda verilen maddeler ile sensörlerin eşleştirimi yapılırken sürücü denetiminin LIDAR, kamera, GPS gibi elektronik cihazlar ile mümkün olan maddeler baz alınmamıştır. Bu ayrımın yapılması, ilerleyen çalışmalara öncülük etmesi açısından bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Sensör ve algılayıcı sistemlerden klasik ve bulanık mantık denetimine elverişli olan sistemler belirlenerek sürücü denetim sistemi oluşturulmuştur.

Tablo 3-2: Sınav Değerlendirme Formu davranışlarıyla Sürücü Denetim Sistemi için gerekli sensörlerin eşleştirimi.

Sensörler	S16	S15	S14	S13*	S12	S11	S10	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1
Kurallar	Gaz Pedalı Konum Sensörü (APP)	Sinyal Lamba Sensörü	El Freni Pozisyon Sensörü	Marş Motor Sensörü	Emniyet Kemer Sensörü (SBR)	Yan Algılayıcılar (Sensörler) (BSA)	Debrijaj Sensörü (Anahtar) (CPP)	Direksiyon Aç Sensörü (SAS)	Hava Akış (MAF) Sensörü	Elektro Mekanik Fren (EMB) Sistemi Sensörleri	Fren Pedal Hareket Mesafesi Sensörü	Vites Kolu Konum (TR) Sensörü	Şanzıman Çıkış Mili (DSS) Sensörü	Türbin Mili Devir (TSS) Sensörü	Krank Mili Devir (CKP) Sensörü	Manifold Mutlak Basıncı (MAP) Sensörü
3-K																
5a-K																
5b-K																
5c-B																
6a-K																
6b-K																
6d-K																
6e-B																
6f-K																
6g-B																
6h-B																
7a-K																
7b-B																

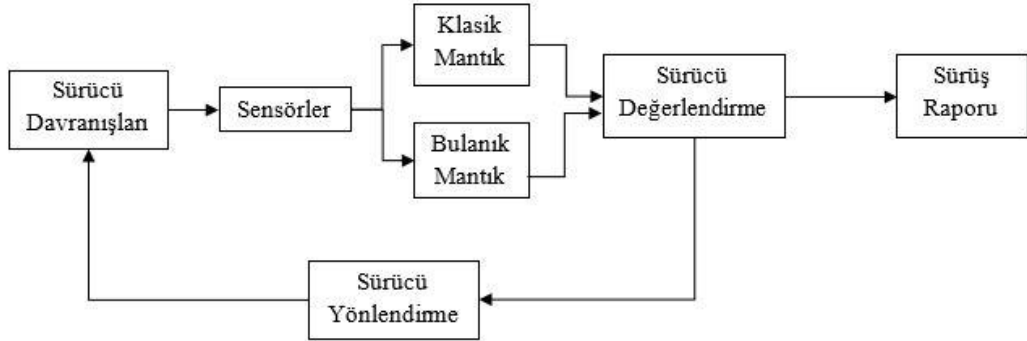
Tablo 3-2 (Devam)

7c-K																
7ç-B																
8b-B																
8c-B																
13e-B																
14a-B																
14c-B																
15c-K																
16d-K																
16g-K																
17a-K																
17b-K																
17ç-K																
17e-K																
18b-K																
18d-K																
18e-K																
19d-K																
19g-K																
20c-K																
20f-K																
20g-K																
20ğ-K																

■ : Mantıksal çıkışa sahip sensörler (Klasik Mantık İçin Uygun), ■ : Analog veya geniş ölçekli çıkışlı sensörler (Bulanık Mantık İçin Uygun), * S13 sensörünün, çıkışın açma/kapama zaman döngüsü aracılığıyla analog olduğu varsayılır.

3.2 DENETİM SİSTEMİ TASARIMI

Önerilen sürücü denetim sisteminde sürücü davranışları sensörler tarafından algılanmakta ve algılanan veriler karar verme alt sistemine iletilmekte ve klasik mantık ile bulanık mantık kullanılarak sürücü davranışı değerlendirme sonucu elde edilmektedir. Değerlendirmeye göre araç sürücüsü, ara yüz, ses veya titreşim gibi çıkış birimleri tarafından uyarılır veya yönlendirilir [46]. Bu yöntemle oluşturulan araç sürücüsünü içeren sürücü denetim sistemi blok şeması Şekil 3-1'de verilmiştir. 0/1 çıkışlı sensör verilerinin klasik mantık değerlendirmesi sonucunda sürücü denetim sisteminin tam modeli tamamlanabilir, ancak bu daha basit bir mühendislik çözümüdür. Bulanık mantık modeli ise problemin çözümü özgünlüğü açısından karmaşık bir süreç içerdiğinden bu çalışmanın önemli bir adımını oluşturmaktadır [47]. Sürücü davranış bilgileri sensörler vasıtası ile giriş bilgisi olarak kabul edilecektir. Ardından klasik mantık ve bulanık mantık verisi olarak iki ayrı grupta incelenerek karar mekanizmasından geçecektir. Karar mekanizması sonucunda elde edilen karar sürücü değerlendirmesi için ikaz ve yönlendirme sistemini aktif ederek sürücü davranışlarını düzenlemeye çalışacaktır. Bu durum sürücü davranışları düzeldikçe istatistiksel olarak verilere yansıtacaktır.



Şekil 3-1: Sürücü Denetim Sistemi'nin Blok Şeması.

Sürücü değerlendirmesi sonucunda ikaz sistemi ile yapılan sürücü yönlendirme işlemleri sayesinde sürücü yapılmaması gereken adımların farkına vararak kontrollü sürüş becerisi kazanmış olacaktır. Kazanılan sürüş becerileri sürücü davranışlarını olumlu etkileyerek sistem geri kazanımı sağlanmış olacaktır. Sürücü eğitim sisteminin geri kazanımı için gerçek ve eş zamanlı olarak sürüş deneyimine ait sürüş raporları öncelik ve sonralık sırasına göre kıyaslanarak tespit edilecektir.

3.2.1 Klasik Mantık Denetim Sistemi

Klasik mantık denetim sisteminde girdi olarak belirlenen sensör ve algılayıcı sistemlere ait veriler belirlenen kritere ya aittir ya da değildir. Başka bir deyişle mantıksal sıfırlar ve birlerden oluşur [48]. Tablo 3-2’de belirtilen sensör ve algılayıcı sistemlerin bazıları giriş verilerinin oluşturulması açısından hem klasik mantık hem de bulanık mantık denetimi için uygundur. Klasik mantık denetimi için ilgili sensörden sıfırdan farklı analog veri gelmesi veya doğrudan lojik 1 verisinin gelmesi yeterlidir. Elde edilen giriş verileri MATLAB yazılımına ait Simulink platformunda doğrudan, Tablo 3-2’de bulunan kurallar neticesinde mantıksal devre fonksiyonları oluşturularak sonuç değerleri elde edilmiştir [49]. Tablo 3-2’ de belirlenen kurallara ilişkin sadece klasik mantık, sadece bulanık mantık ve hem klasik hem de bulanık mantık şeklinde 3 farklı veri bazlı kural simülasyonu oluşturulması gerekmektedir. Bunun yerine kural bazlı simülasyon oluşturmak tercih edilmiştir ve her sonuca ait çıktı değerine göre ikaz oluşturmak daha mümkün kılınmıştır. Tablo 3-3’ te klasik mantık denetimi için oluşturulan sensör-kural eşleştirmesi verilmiştir.

Tablo 3-3: Klasik mantık denetimi için oluşturulan sensör-kural eşleştirmesi ve kural ikazı.

Kurallar	Girişler	Sensör Değeri	Çıkış Değeri	Kural İkazı
3	S12	1	1	Kural 3 sağlanmadı
	S5	1		
5a	S10	1	1	Kural 5a sağlanmadı
	S13	1		
5b	S3	0	0	Kural 5b ihlali
	S13	1		
6a	S4	0	0	Kural 6a ihlali
	S14	0		
6b	S4	1	1	Kural 6b sağlanmadı
	S5	1		

Tablo 3-3 (Devam)

6d	S4	1	1	Kural 6d sağlanmadı
	S5	1		
	S10	1		
	S14	1		
6f	S2	1	1	Kural 6f sağlanmadı
	S4	1		
	S5	1		
7a	S5	1	1	Kural 7a sağlanmadı
	S10	1		
7c	S5	1	1	Kural 7c sağlanmadı
15c	S2	1	1	Kural 15c sağlanmadı
	S4	1		
	S5	1		
16d	S2	1	1	Kural 16d sağlanmadı
	S4	1		
	S5	1		
16g	S4	1	1	Kural 16g sağlanmadı
	S6	1		
	S15	1		
17a	S4	1	1	Kural 17a sağlanmadı
	S6	1		
17b	S2	1	1	Kural 17b sağlanmadı
	S4	1		
	S6	1		
17ç	S4	1	1	Kural 17ç sağlanmadı
	S5	1		
	S15	1		
17e	S2	1	1	Kural 17e sağlanmadı
	S4	1		
	S5	1		

Tablo 3-3 (Devam)

18b	S4	1	1	Kural 18b sağlanmadı
	S6	1		
	S15	1		
	S16	1		
18d	S4	1	1	Kural 18d sağlanmadı
	S5	1		
	S7	1		
18e	S2	1	1	Kural 18e sağlanmadı
	S4	1		
	S5	1		
19d	S2	1	1	Kural 19d sağlanmadı
	S4	1		
	S5	1		
19g	S4	1	1	Kural 19g sağlanmadı
	S5	1		
	S11	1		
	S15	1		
20c	S5	1	1	Kural 20c sağlanmadı
	S6	1		
	S11	1		
	S15	1		
20f	S2	1	1	Kural 20f sağlanmadı
	S4	1		
	S14	1		
20g	S2	1	1	Kural 20g sağlanmadı
	S4	1		
	S13	1		
20ğ	S2	1	1	Kural 20ğ sağlanmadı
	S5	1		
	S13	1		

Oluşturulan klasik mantık denetim sisteminde ilgili kurala ait sensörlerden alınan sinyaller doğrudan lojik veri üretememektedir. Simülasyon aşamasında kullanılmak üzere sensörlerden alınan sinyal bilgilerinin lojik olduğu kabul edilerek sensörün sinyal üretme durumu lojik olarak 1, sinyal üretmeme durumu lojik olarak 0 değerine karşılık geldiği varsayılmıştır. Klasik mantık denetim sisteminde ilgili kural denetimi için sadece ilgili sensörlerden lojik 1 sinyali gelmesi durumunda Tablo 3-1’de verilen Sınav Değerlendirme Formunda bulunan ilgili maddenin ihlali durumu egale edilmiş olacaktır. İlgili maddeye ait ilgili sensör grubundan en az birinin lojik 0 olması durumunda kural ihlali gerçekleşmiş olacak ve sürücü ikazı sağlanacaktır. Örneğin, Tablo 3-3’te verilen 5a maddesi için S5, S10, S13 sensörlerinden lojik 1 sinyali elde edildiği zaman sürüş şartları sağlanmış olup 5a maddesine uyulduğu için “Kural 5a sağlanmadı” ikazı elde edilecektir. Fakat 5b ve 6a maddesi incelendiğinde giriş olarak belirlenen sensör verilerinden en az biri (5b maddesi için S3 ve S13, 6a maddesi için S4 ve S14) lojik 0 sinyali üretmesi durumunda sürüş şartları sağlanmamış olup 5b ve 6a maddeleri ihlal edildiği için “Kural 5b ihlali” ve “Kural 6a ihlali” ikazları elde edilecektir.

3.2.2 Bulanık Mantık Denetim Sistemi

Sürücü denetim sisteminde bulanık mantık kullanmanın nedeni, bazı belirsiz karar verme aralıklarının olmasıdır. Örneğin, zorlu bir kalkışla kesin bir değeri ayırmak, insani karar verme sürecinden uzak olabilir. Bu nedenle klasik mantığın yetersiz kaldığı durumlarda bulanık mantık teorisi kullanılabilir. Bulanık mantık yapısına göre belirlenen bir kritere ait veriler, başka bir kritere ait farklı bir değeri de niteleyebilir. Bulanık mantık, esnek sınıflandırma yapısı nedeniyle klasik mantık yapısından farklıdır [50].

Klasik mantık yapısında bir verinin belirlenen kritere aitlik durumundan klasik mantık denetim sisteminde bahsedilmiştir. Bulanık mantıkta, 0 ile 1 arasındaki sonsuz değerler arasında üyelik fonksiyonunun değeri 1'e yaklaştıkça üyelik seviyesi artar, 0'a yaklaştıkça üyelik seviyesi azalır. Bulanık mantıkta fonksiyonların esnek yapısı ve verilerin kısmi üyeliği nedeniyle, her verinin belirtilen işlevler üzerinde bir üyelik derecesi vardır [51].

Tablo 3-1 çerçevesinde belirlenen denetim maddelerinin Tablo 3-2’de belirlenen bulanık mantık – sensör yapısı neticesinde incelenmesi uygun görülen kurallar aşağıda verilmiştir.

- 5c - Araç çalıştığı halde kontak anahtarını marş kademesinde tutmaya devam ediyor.
 - S3 ve S13 birlikte kısa süre sinyal gönderiyor ise “Motor Çalıştı”
 - S3 ve S13 birlikte uzun süre sinyal gönderiyor ise “Marş Zorlandı”
 - S3 kısa ve S13 uzun süre sinyal gönderiyor ise “Marş Zorlandı”
 - S3 uzun ve S13 kısa süre sinyal gönderiyor ise “Motor Çalıştı”
- 6e - Kalkış yaparken aracı sarsıyor.
 - S1 düşük, S4 düşük ve S8 düşük ise “Sarsmadı”
 - S1 yüksek, S4 yüksek ve S8 yüksek ise “Sarstı”
 - S1 düşük, S4 yüksek ve S8 yüksek ise “Sarsmadı”
 - S1 düşük, S4 yüksek ve S8 düşük ise “Sarsmadı”
 - S1 düşük, S4 düşük ve S8 yüksek ise “Sarsmadı”
 - S1 yüksek, S4 düşük ve S8 düşük ise “Sarsmadı”
 - S1 yüksek, S4 düşük ve S8 yüksek ise “Sarsmadı”
 - S1 yüksek, S4 yüksek ve S8 düşük ise “Sarsmadı”
- 6ğ - Trafiği tehlikeye düşürecek şekilde hızlı ve kontrolsüz kalkış yapıyor.
 - S2, S4 düşük ise “Kontrollü Kalktı”
 - S2, S4 yüksek ise “Kontrolsüz Kalktı”
 - S2 düşük, S4 yüksek ise “Kontrolsüz Kalktı”
 - S2 yüksek, S4 düşük ise “Kontrolsüz Kalktı”
- 6h - Kalkış yaptıktan sonra aracı doğru şeride konumlandıramıyor.
 - S4 yüksek, S9 düşük, S11 yüksek ise “Şeride Konumlandırdı”
 - S4 düşük, S9 düşük S11 yüksek ise “Şeride Konumlandırdı”
 - S4 düşük, S9 yüksek S11 yüksek ise “Şeride Konumlandırdı”
 - S4 yüksek, S9 yüksek, S11 yüksek ise “Şeride Konumlandıramadı”

- S4 düşük, S9 düşük, S11 düşük ise “Şeride Konumlandıramadı”
- S4 yüksek, S9 düşük, S11 düşük ise “Şeride Konumlandıramadı”
- S4 düşük, S9 yüksek, S11 düşük ise “Şeride Konumlandıramadı”
- S4 yüksek, S9 yüksek, S11 düşük ise “Şeride Konumlandıramadı”
- 7b - Vites değiştirirken gaz pedalını doğru kullanamıyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).
 - S4 düşük ve S16 düşük ise “Gaz Pedalı Doğru Kullanıldı”
 - S4 yüksek ve S16 yüksek ise “Gaz Pedalı Doğru Kullanılmadı”
 - S4 düşük ve S16 yüksek ise “Gaz Pedalı Doğru Kullanılmadı”
 - S4 yüksek ve S16 düşük ise “Gaz Pedalı Doğru Kullanılmadı”
- 7ç - Vites değiştirirken aracın kontrolünü kaybediyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).
 - S9 düşük, S11 yüksek ise “Aracın Kontrolü Sağlandı”
 - S9 yüksek, S11 düşük ise “Aracın Kontrolü Sağlanamadı”
 - S9 düşük, S11 düşük ise “Aracın Kontrolü Sağlanamadı”
 - S9 yüksek, S11 yüksek ise “Aracın Kontrolü Sağlandı”
- 8b - Aracı kontrol edemiyor, sağa sola savuruyor.
 - S9 düşük, S11 yüksek ise “Aracın Kontrolü Sağlandı”
 - S9 yüksek, S11 düşük ise “Aracın Kontrolü Sağlanamadı”
 - S9 düşük, S11 düşük ise “Aracın Kontrolü Sağlanamadı”
 - S9 yüksek, S11 yüksek ise “Aracın Kontrolü Sağlandı”
- 8c - Aracı şerit içinde gezdiriyor.
 - S9 düşük, S11 yüksek ise “Araç Şerit İçerisinde Düzgün İlerliyor”
 - S9 yüksek, S11 düşük ise “Araç Şerit İçerisinde Düzgün İlerlemiyor”
 - S9 düşük, S11 düşük ise “Araç Şerit İçerisinde Düzgün İlerlemiyor”
 - S9 yüksek, S11 yüksek ise “Araç Şerit İçerisinde Düzgün İlerliyor”

- 13e - Hızlanma ve yavaşlamalarda aracın hızını ayarlayamıyor.
 - S4 düşük, S6 yüksek, S16 düşük ise “Araç Hızı Ayarlandı”
 - S4 yüksek, S6 düşük, S16 yüksek ise “Araç Hızı Ayarlandı”
 - S4 düşük, S6 düşük, S16 düşük ise “Araç Hızı Ayarlandı”
 - S4 yüksek, S6 düşük, S16 düşük ise “Araç Hızı Ayarlandı”
 - S4 düşük, S6 düşük, S16 yüksek ise “Araç Hızı Ayarlanamadı”
 - S4 yüksek S6 yüksek, S16 düşük ise “Araç Hızı Ayarlanamadı”
 - S4 düşük, S6 yüksek, S16 yüksek ise “Araç Hızı Ayarlanamadı”
 - S4 yüksek S6 yüksek, S16 yüksek ise “Araç Hızı Ayarlanamadı”
- 14a - Aracı yüksek devirde kullanıyor (Otomatik vitesli araçlar hariç).
 - S2 düşük, S4 düşük ise “Araç Normal Devirde Kullanılıyor”
 - S2 düşük, S4 yüksek ise “Araç Normal Devirde Kullanılıyor”
 - S2 yüksek, S4 düşük ise “Araç Yüksek Devirde Kullanılıyor”
 - S2 yüksek, S4 yüksek ise “Araç Yüksek Devirde Kullanılıyor”
- 14c - Duruş ve kalkışları ani yapıyor, aracı ekonomik kullanmıyor.
 - S4 düşük, S6 düşük, S16 düşük ise “Araç Ekonomik Kullanılıyor”
 - S4 düşük, S6 yüksek, S16 düşük ise “Araç Ekonomik Kullanılıyor”
 - S4 düşük, S6 düşük, S16 yüksek ise “Araç Ekonomik Kullanılıyor”
 - S4 düşük, S6 yüksek, S16 yüksek ise “Araç Ekonomik Kullanılmıyor”
 - S4 yüksek, S6 düşük, S16 düşük ise “Araç Ekonomik Kullanılmıyor”
 - S4 yüksek, S6 yüksek, S16 düşük ise “Araç Ekonomik Kullanılıyor”
 - S4 yüksek, S6 düşük, S16 yüksek ise “Araç Ekonomik Kullanılmıyor”
 - S4 yüksek, S6 yüksek, S16 yüksek ise “Araç Ekonomik Kullanılmıyor”

Sürücü Denetim Sistemi'nde kullanılan bulanık mantık teorisinin temel yapısı, sensörlerden alınan giriş değerleri ile yukarıda verilen kurallara göre oluşturulmuştur. Sonuç grafikleri elde etmek için, belirsiz karar sistemi, belirlenen kural zincirinin sensörlerinden girilir. Sensör değerleri 0 ile 1 arasında normalleştirilir ve her kural için farklı olabilir. Ancak çıkış değerlerinin belirlenen kurallara göre farklılık göstereceğini belirtmek için simülasyon deneyinde tüm sensör değerleri 0.75 olarak uygulanmıştır [52]. Bu değer, "yüksek" grafiğin, yani bulanık mantığın, üyelik fonksiyonlarında sensörden gelen değeri yüksek bir değer olarak belirlemesini sağlayacaktır. Belirlenen kurallara göre yapılan bulanık karardan sonra bir çıkış (sonuç) değeri elde edilir ve bu değerler Tablo 3-4'de gösterilmiştir. Bu değerlerin temsil ettiği fonksiyon sistemin karar mekanizmasında yapılması gereken yorumu belirlemek adına önemlidir. Tablo 3-4'de tüm maddeler için verilen girdi ve çıktı değerleri incelendiğinde elde edilen sonuçların "Bulanık Mantık Model Sonuçları" kısmında verilen çıktı grafikleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 3-4: Sürücü Denetim Sistemi'nin bulanık modelinin çıkış değerleri ve çıkış fonksiyonları.

Kurallar	Girişler	Sensör Değeri	Fonksiyon	Çıkış Değeri	Çıkış Fonksiyonu
5c	S3	0.75	long time	0.75	zorlandı
	S13	0.75	long time		
6e	S1	0.75	high	0.75	sarsıldı
	S4	0.75	high		
	S8	0.75	high		
6ğ	S2	0.75	high	0.75	kontROLSÜZ kalktı
	S4	0.75	high		
6h	S4	0.75	high	0.75	konumlandırılmadı
	S9	0.75	high		
	S11	0.75	high		
7b	S4	0.75	high	0.75	doğru kullanılmadı
	S16	0.75	high		
7ç	S9	0.75	high	0.25	kontrol sağlandı
	S11	0.75	high		

Tablo 3-5 (Devam)

8b	S9	0.75	high	0.25	kontrol sağlandı
	S11	0.75	high		
8c	S9	0.75	high	0.25	kontrollü sürüş
	S11	0.75	high		
13e	S4	0.75	high	0.75	hız ayarlanmadı
	S6	0.75	high		
	S16	0.75	high		
14a	S2	0.75	high	0.75	yüksek devir
	S4	0.75	high		
14c	S4	0.75	high	0.75	ekonomik kullanılmadı
	S6	0.75	high		
	S16	0.75	high		

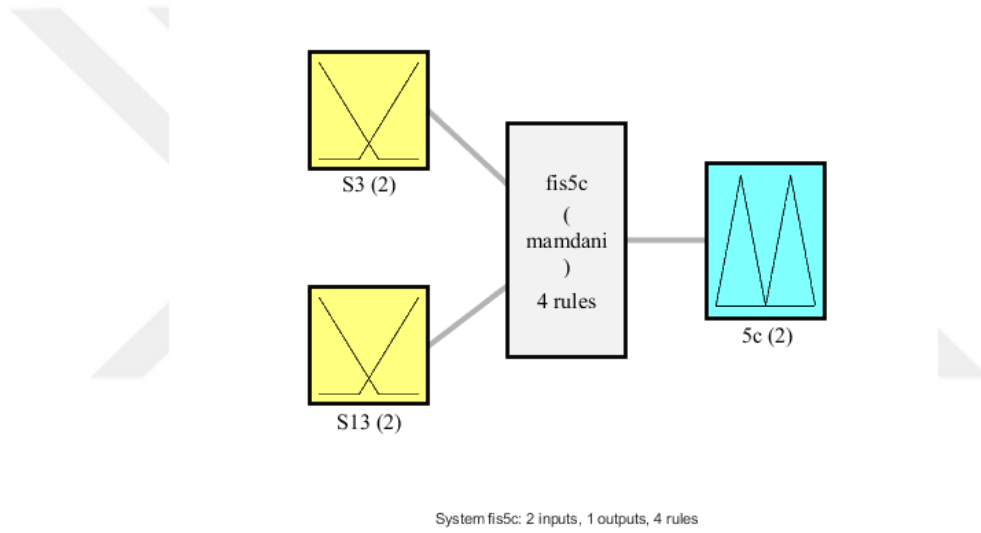
Denetim sistemi karar mekanizması çerçevesinde bu kuralların oluşturulması bulanık mantık teorisi ile MATLAB Fuzzy Logic Toolbox yazılımı kullanılarak modellenmesi için oldukça önemlidir [53]. Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması ve karar mekanizmasının yazılıma dönüştürülebilmesi için her kural adına Tablo 3-2'deki uygun algoritmalar oluşturulmuştur. Bu algoritmalar daha sonra oluşturulan Simulink modelinde kullanılarak sistemin canlı modellemesi yapılmıştır. Tasarlanan simülasyonda bulanık mantık karar mekanizmasına ait giriş değerleri entegre edilerek çıkış değerlerinin doğruluğu görülmüş ve bu çıkış değerleri kullanılarak sürücü ikaz sisteminde nasıl kullanılabileceği görülmüştür [54].

3.2.2.1 Bulanık Mantık Modelleme

Tasarlanan denetim sisteminde uygulanan bulanık mantık yöntemi, sensörlerden gerekli girdilerden alınarak 0 ile 1 arasında değişken değerler olarak belirlenir. Belirlenen bir kuralı bulanık mantıkla inceleyebilmek için sensörlerden alınan verilerin her koşulda belirli bir sonuca ulaşması gerekir. Bulanık mantık ile kontrol edilecek tüm kuralların önce MATLAB modeli, ardından Simulink simülasyon modeli incelenecektir. 5c modelini kurmak için 2 sensör girişi, 4 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 5c kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

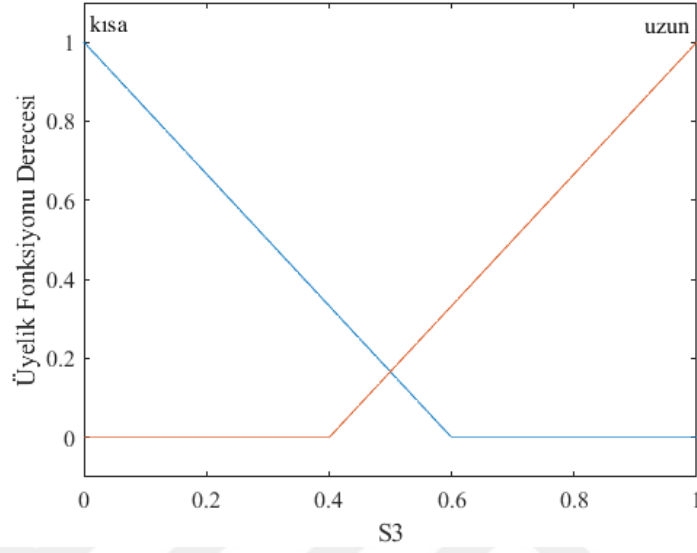
- Marş motoru uzun süre çalışıyorsa marş zorlanır, marş motoru kısa süreli sinyal gönderirse motor çalışır. Türbin mil hız sensöründen kısa süreli veya uzun süreli sinyal alındığında motorun çalıştığı anlaşılır. Motor çalıştığından itibaren marş motorundan gelen sinyal belirtilen değerden yüksekse marş motoru zorlanacak ve bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo3-1'deki kurallardan 5c maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 5c ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

5c kuralında, 2 adet giriş değeri olarak S3 ve S13 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 4 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 5c kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-2’de verilmiştir.

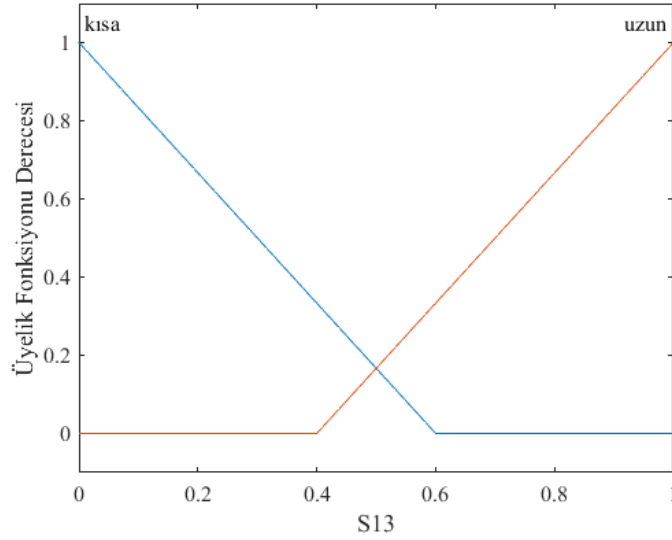


Şekil 3-2: Kural 5c bulanık mantık modeli

Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6'dan küçük ise “kısa”, 0.4'ten büyük ise “uzun” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 5c kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-3 ve Şekil 3-4'te verilmiştir.

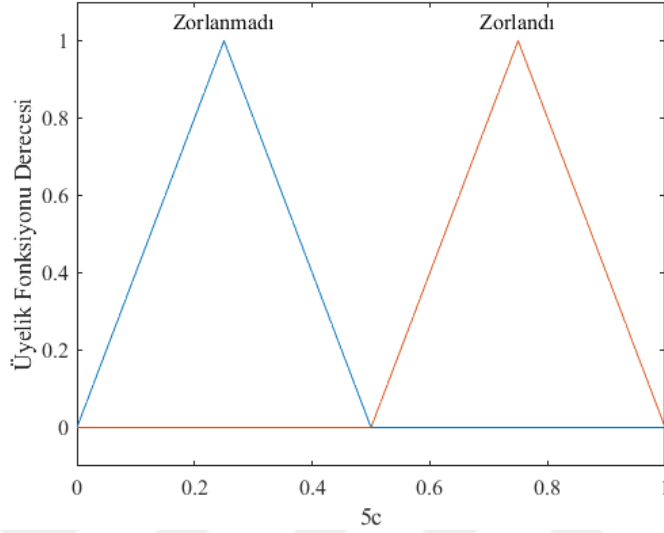


Şekil 3-3: Kural 5c maddesinin S3 girişine ait üyelik fonksiyonu



Şekil 3-4: Kural 5c maddesinin S13 girişine ait üyelik fonksiyonu

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “zorlanmadı”, 0.5'ten büyük ise “zorlandı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 5c kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-5'te verilmiştir.

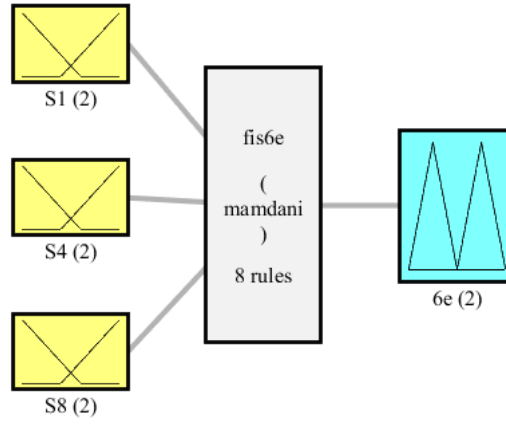


Şekil 3-5: Kural 5c maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

6e modelini kurmak için 3 sensör girişi, 8 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 6e kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Kalkış esnasında eğer araç şanzıman çıkış mili devri yüksek, manifold mutlak basınç sensör değeri yüksek ve hava akış sensörü değeri yüksek ise motor zorlanır bu duruma bağlı olarak da araç sarsılır. Araç kalkışa geçtiği andan itibaren sensörlerden gelen sinyaller belirtilen değerlerden yüksekse araç sarsılacak ve bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo3-1'deki kurallardan 6e maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 6e ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

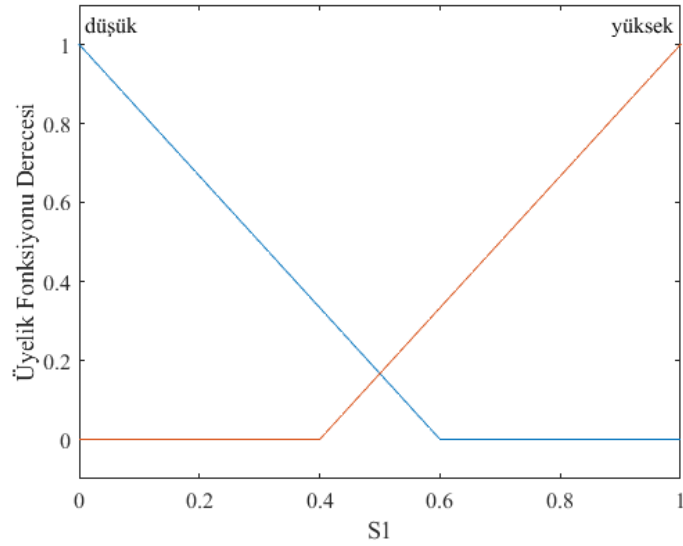
6e kuralında, 3 adet giriş değeri olarak S1, S4 ve S8 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 8 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 6e kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-6'da verilmiştir.



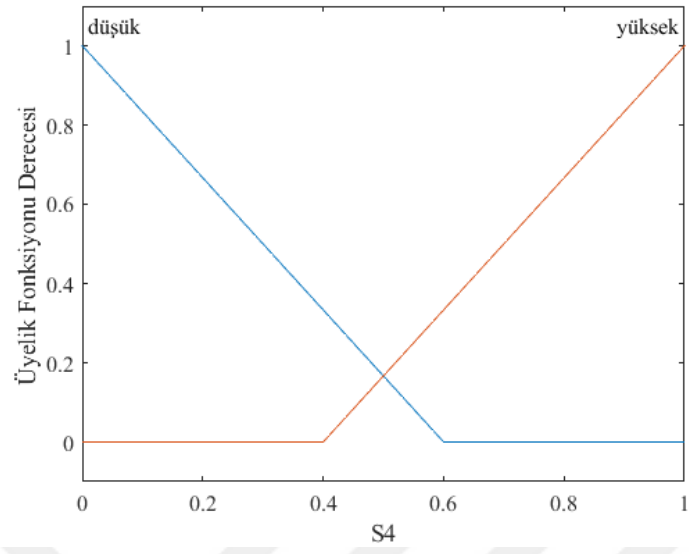
System fis6e: 3 inputs, 1 outputs, 8 rules

Şekil 3-6: Kural 6e bulanık mantık modeli

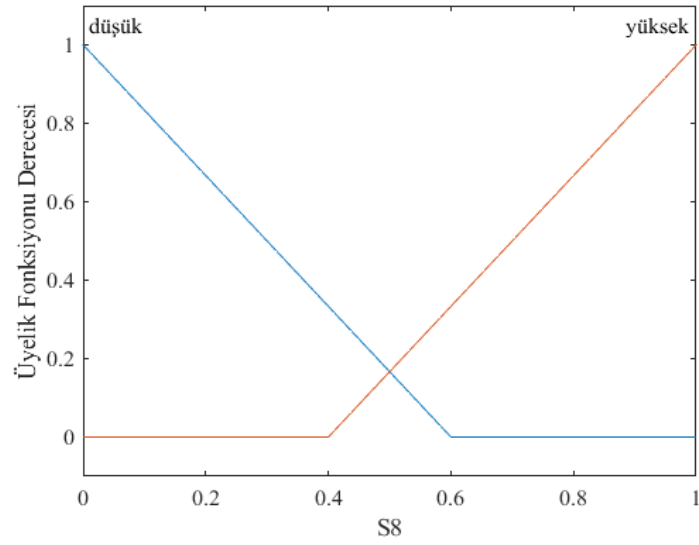
Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6'dan küçük ise “düşük”, 0.4'ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 6e kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-7, Şekil 3-8 ve Şekil 3-9'da verilmiştir.



Şekil 3-7: Kural 6e maddesinin S1 girişine ait üyelik fonksiyonu

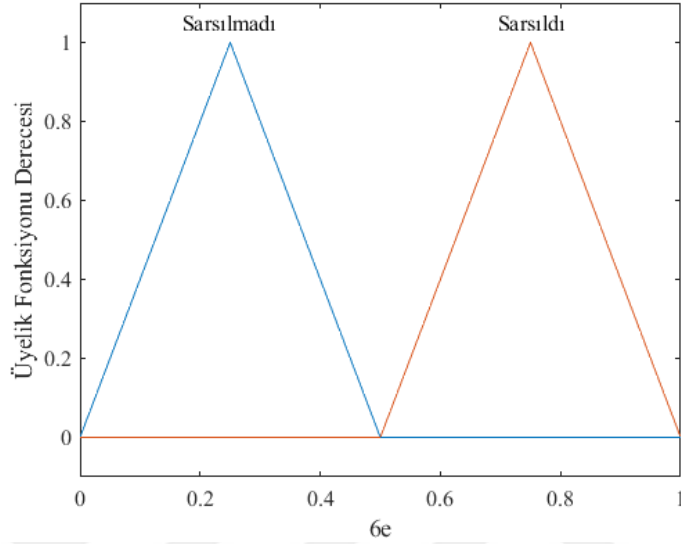


Şekil 3-8: Kural 6e maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu



Şekil 3-9: Kural 6e maddesinin S8 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “sarsılmadı”, 0.5'ten büyük ise “sarsıldı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 6e kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-10'da verilmiştir.

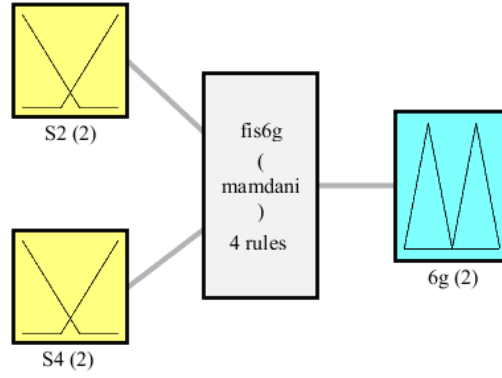


Şekil 3-10: Kural 6e maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

6ğ modelini kurmak için 2 sensör girişi, 4 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 6ğ kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Kalkış esnasında eğer araç krank mili devri ve şanzıman mili devri yüksek ise araç hızlı ve kontrolsüz bir kalkış yapmış olur. Araç kalkışa geçerken sensörlerden gelen sinyaller belirtilen değerlerden yüksek ise araç kontrolü sağlanamayacak ve hızlı bir kalkış gerçekleşmiş olacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo3-1'deki kurallardan 6ğ maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 6ğ ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

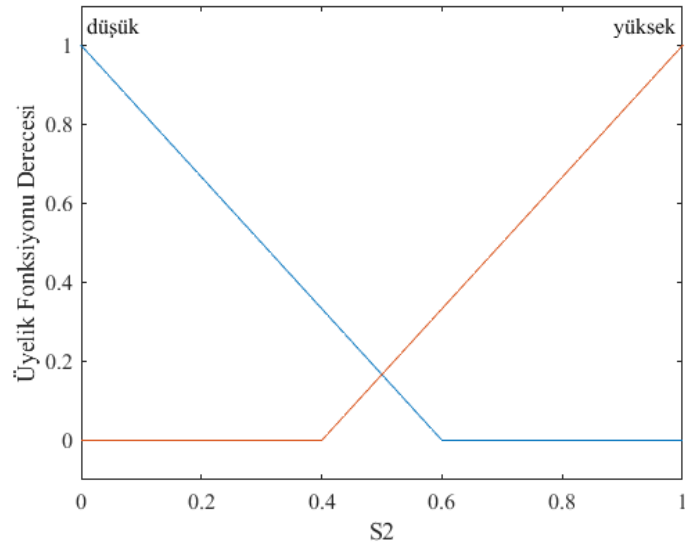
6ğ kuralında, 3 adet giriş değeri olarak S2 ve S4 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 4 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 6ğ kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-11'de verilmiştir.



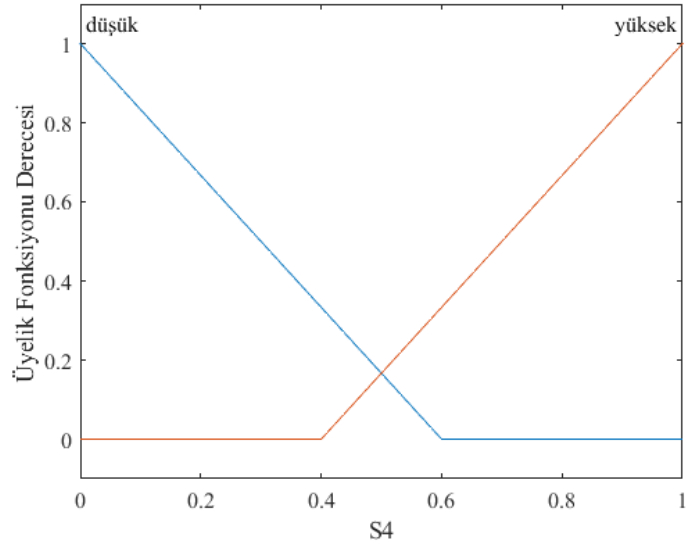
System fis6g: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

Şekil 3-11: Kural 6ğ bulanık mantık modeli.

Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6'dan küçük ise “düşük”, 0.4'ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 6ğ kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-12 ve Şekil 3-13'te verilmiştir.

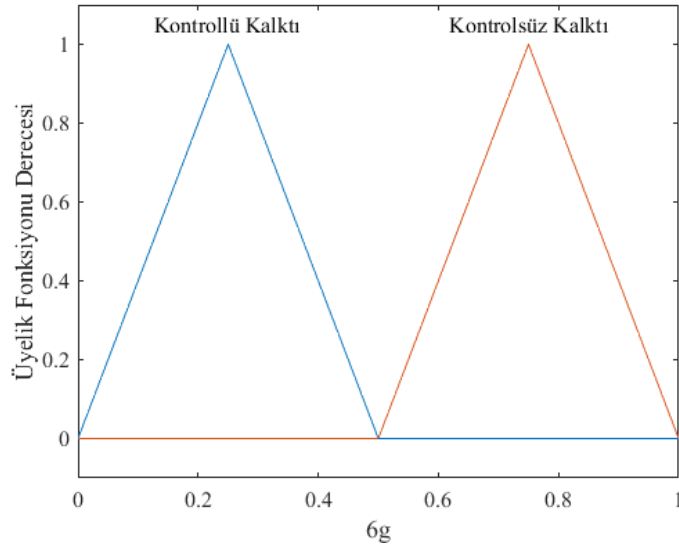


Şekil 3-12: Kural 6ğ maddesinin S2 girişine ait üyelik fonksiyonu.



Şekil 3-13: Kural 6ğ maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “kontrollü kalktı”, 0.5'ten büyük ise “kontROLSÜZ kalktı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 6ğ kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-14’te verilmiştir.

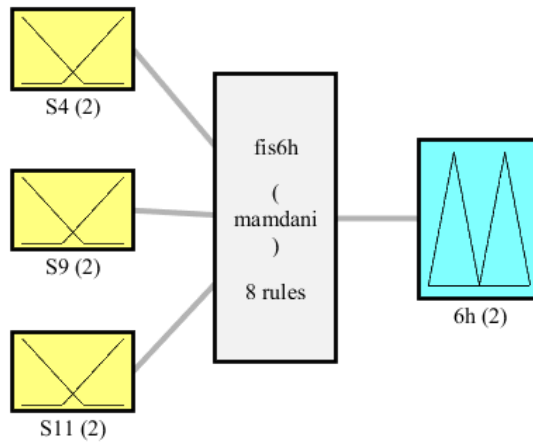


Şekil 3-14: Kural 6ğ maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

6h modelini kurmak için 3 sensör girişi, 8 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 6h kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Kalkış işlemi gerçekleştikten sonra araç uygun devirde doğru direksiyon kontrolü sağlanarak belirlenen şerit çizgileri arasında yol kat edemiyorsa trafik kurallarına uygun bir sürüş gerçekleştirilememiş olur. Araç kalkışa geçtikten sonra sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında değil ise aracın şerit içerisindeki konumu korunamayacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo3-1’deki kurallardan 6h maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 6h ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

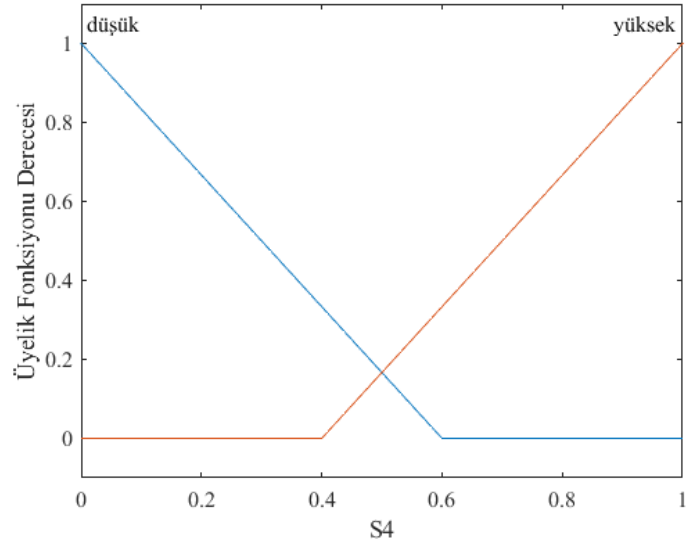
6h kuralında, 3 adet giriş değeri olarak S4, S9 ve S11 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 8 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 6h kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-15’te verilmiştir.



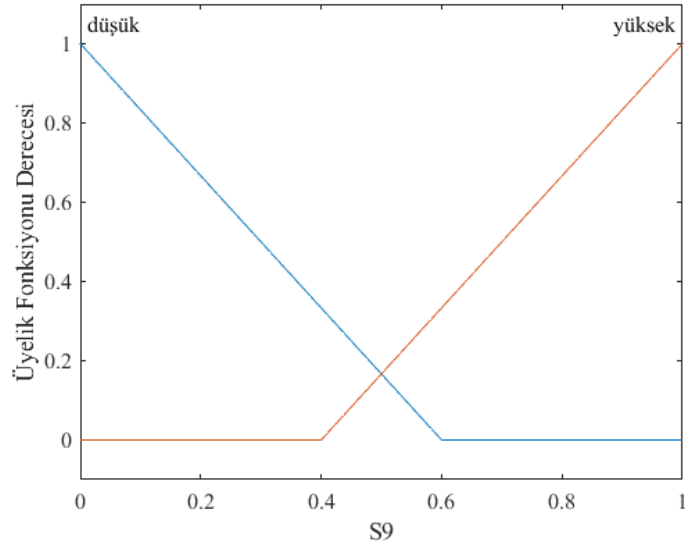
System fis6h: 3 inputs, 1 outputs, 8 rules

Şekil 3-15: Kural 6h bulanık mantık modeli

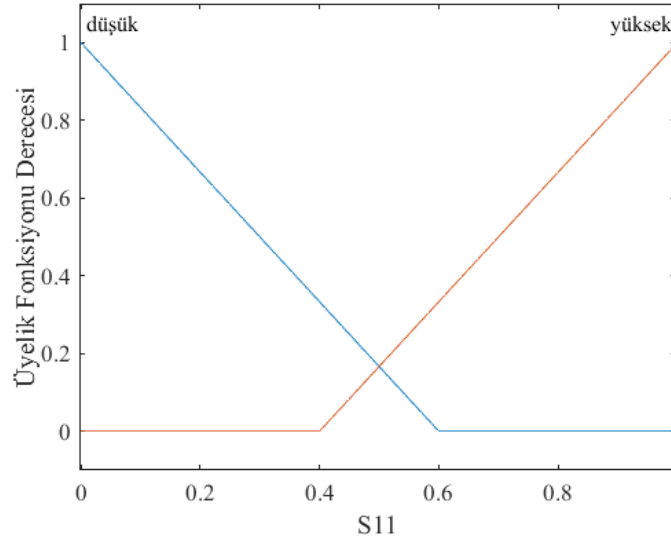
Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6’dan küçük ise “düşük”, 0.4’ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 6h kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-16, Şekil 3-17 ve Şekil 3-18’de verilmiştir.



Şekil 3-16: Kural 6h maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.

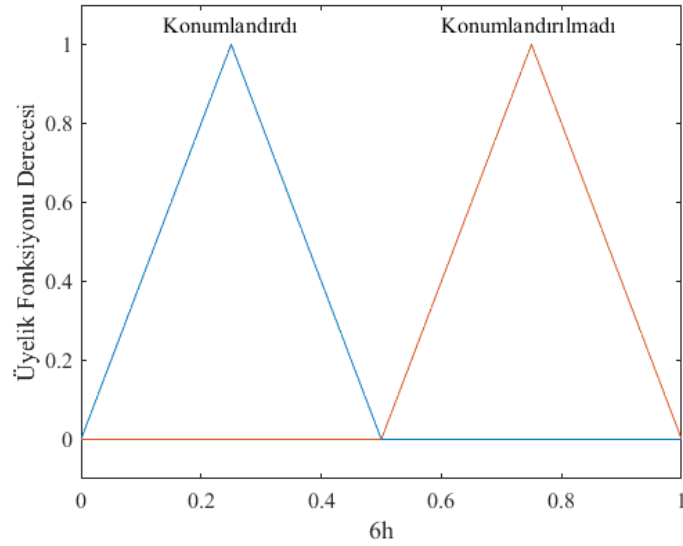


Şekil 3-17: Kural 6h maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu



Şekil 3-18: Kural 6h maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “konumlandırdı”, 0.5'ten büyük ise “konumlandırılmadı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 6h kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-19’da verilmiştir.

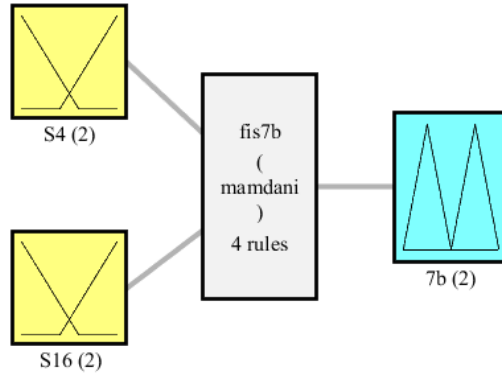


Şekil 3-19: Kural 6h maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

7b modelini kurmak için 2 sensör girişi, 4 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 7b kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Vites değiştirme esnasında araç devrinin düşük ve gaz pedalına yavaş bir şekilde basılması gerekmektedir. Araç devrinin yüksek veya gaz pedalına fazla basılması durumlarında trafik kurallarına uygun bir sürüş gerçekleştirilmemiş olunacaktır. Vites değiştirme esnasında sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında değil ise aracın gaz pedalı kullanımı uygun şekilde yapılmamış olacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo3-1'deki kurallardan 7b maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 7b ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

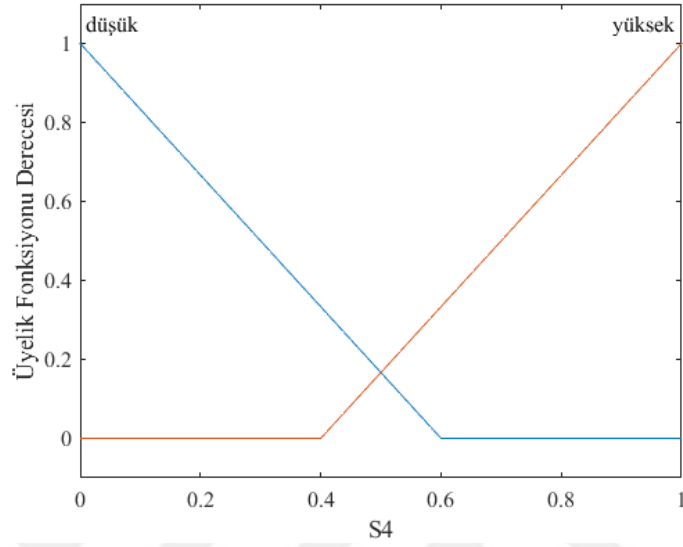
7b kuralında, 2 adet giriş değeri olarak S4 ve S16 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 4 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 7b kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-20’de verilmiştir.



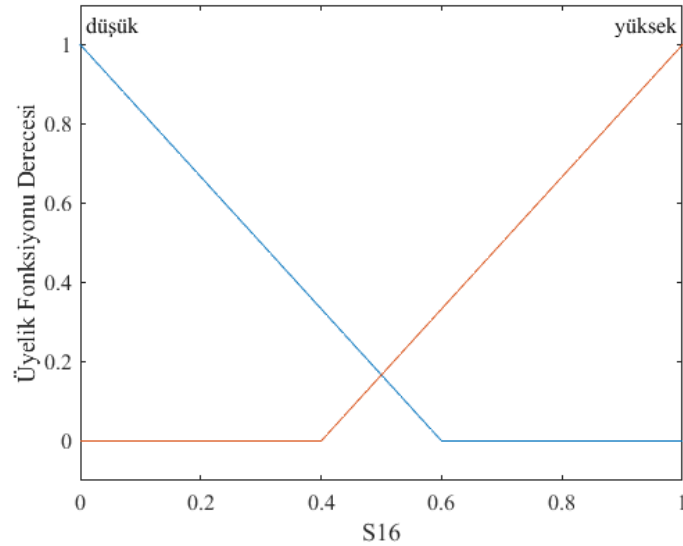
System fis7b: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

Şekil 3-20: Kural 7b bulanık mantık modeli.

Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6'dan küçük ise “düşük”, 0.4'ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 7b kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-21 ve Şekil 3-22’de verilmiştir.

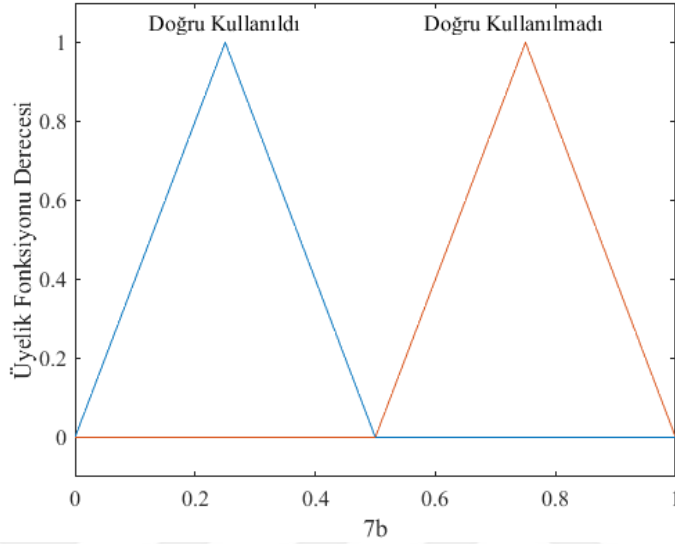


Şekil 3-21: Kural 7b maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.



Şekil 3-22: Kural 7b maddesinin S16 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “doğru kullanıldı”, 0.5'ten büyük ise “doğru kullanılmadı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 7b kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-23'te verilmiştir.

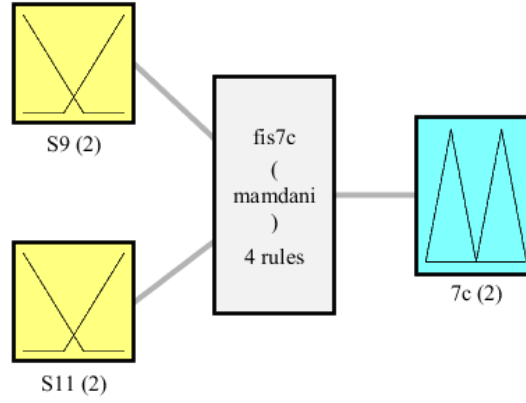


Şekil 3-23: Kural 7b maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

7ç modelini kurmak için 2 sensör girişi, 4 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 7ç kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

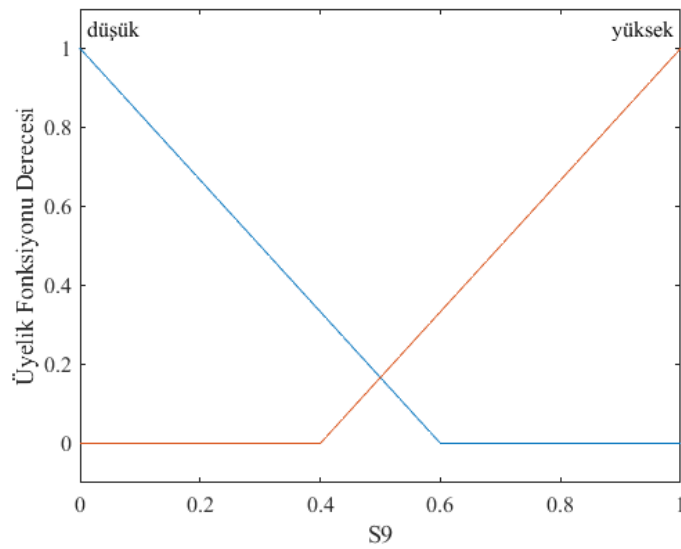
- Vites değiştirme esnasında aracın kontrolü şerit çizgilerine olan mesafesi belirlenerek yapılabilir. Aracın şerit çizgilerine olan mesafesi yakın veya kısa zamanlı olarak değişkenlik gösteriyor ise trafik kurallarına uygun kontrollü bir sürüş sağlanamıyor demektir. Araç sürüş esnasında sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında değil ise aracın kontrolü sağlanamamış olacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo 3-1'deki kurallardan 7ç maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 7ç ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

7ç kuralında, 2 adet giriş değeri olarak S4 ve S16 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 4 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 7ç kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-23’de verilmiştir.

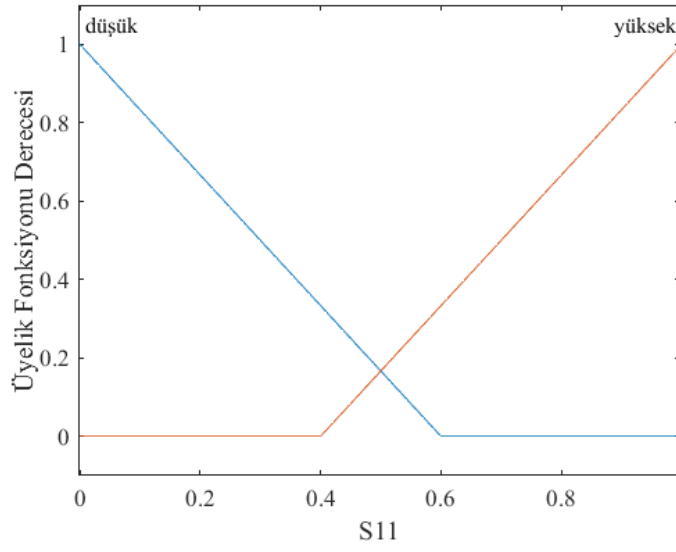


Şekil 3-24: Kural 7ç bulanık mantık modeli.

Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6’dan küçük ise “düşük”, 0.4’ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 7ç kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-25 ve Şekil 3-26’da verilmiştir.

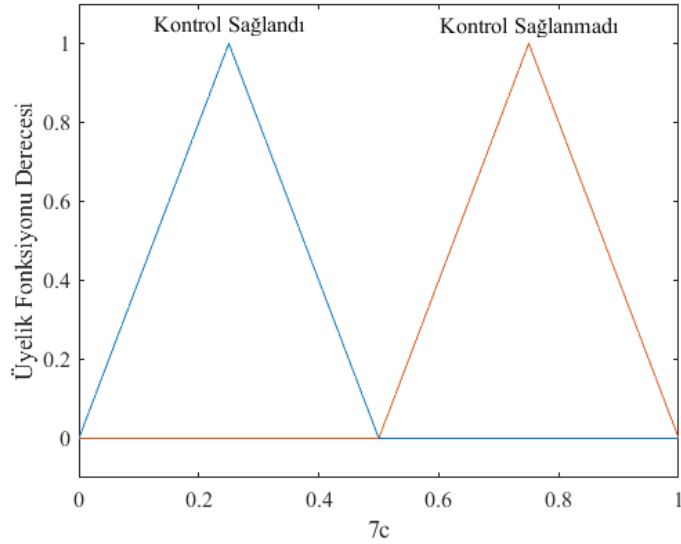


Şekil 3-25: Kural 7ç maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu



Şekil 3-26: Kural 7ç maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “kontrol ihlali”, 0.5'ten büyük ise “kontrol sağlanmadı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 7ç kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-27’da verilmiştir.

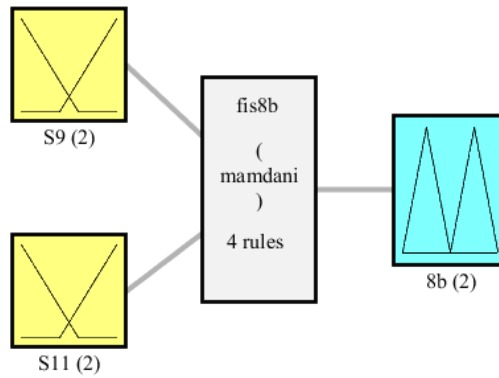


Şekil 3-27: Kural 7ç maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

8b modelini kurmak için 2 sensör girişi, 4 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 8b kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Araç kullanımı esnasında aracın kontrolü şerit çizgilerine olan mesafesi belirlenerek yapılabilmektedir. Aracın şerit çizgilerine olan mesafesi yakın veya kısa zamanlı olarak değişkenlik gösteriyor ise trafik kurallarına uygun kontrollü bir sürüş sağlanamıyor demektir. Araç sürüş esnasında sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında değil ise aracın kontrolü sağlanamamış olacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo 3-1'deki kurallardan 8b maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 8b ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

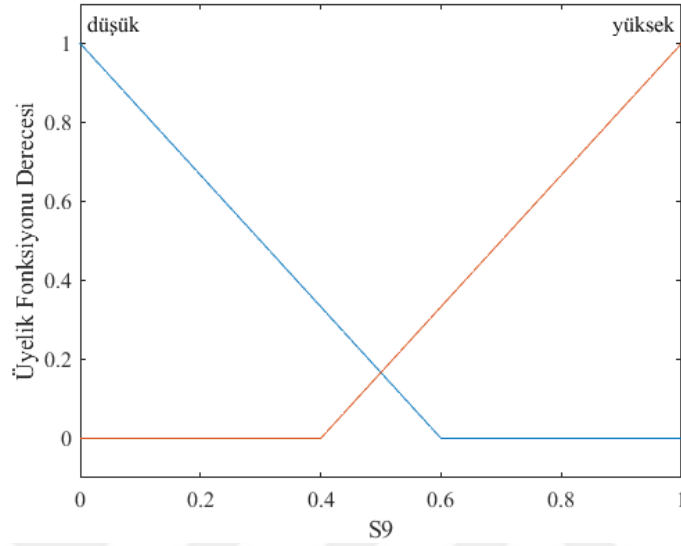
8b kuralında, 2 adet giriş değeri olarak S9 ve S11 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 4 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 8b kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-28’de verilmiştir.



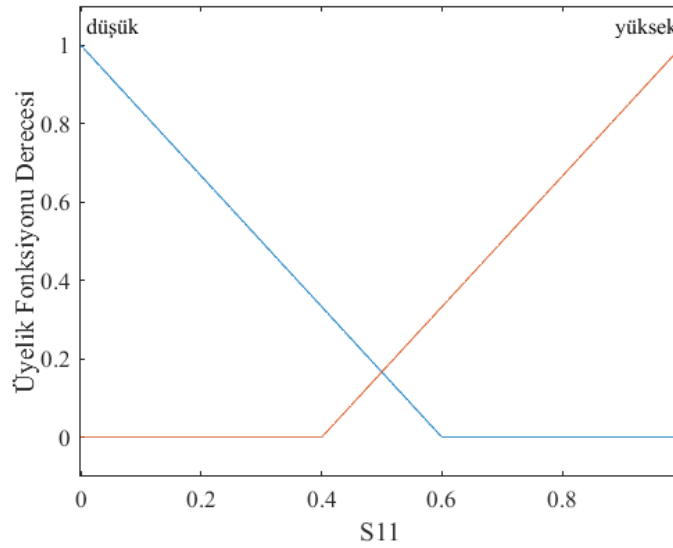
System fis8b: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

Şekil 3-28: Kural 8b bulanık mantık modeli.

Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6'dan küçük ise “düşük”, 0.4'ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 8b kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-29 ve Şekil 3-30'da verilmiştir.

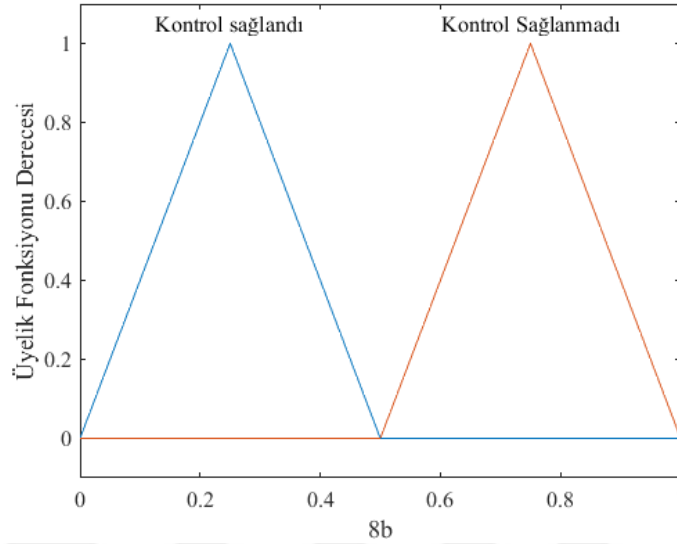


Şekil 3-29: Kural 8b maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu.



Şekil 3-30: Kural 8b maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “kontrol ihlali”, 0.5'ten büyük ise “kontrol sağlanmadı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 8b kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-31’de verilmiştir.

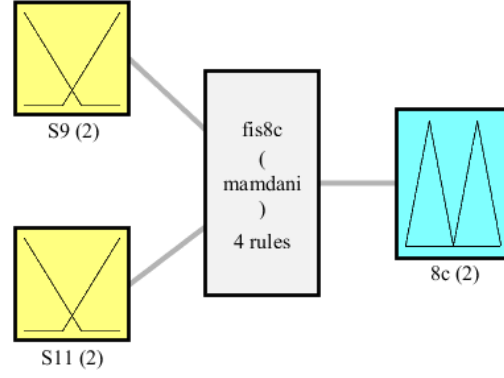


Şekil 3-31: Kural 8b maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

8c modelini kurmak için 2 sensör girişi, 4 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 8c kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Araç kullanımı esnasında aracın kontrolü şerit çizgilerine olan mesafesi belirlenerek yapılabilmektedir. Aracın şerit çizgilerine olan mesafesi kısa zaman aralıklarında yakın ve uzak olarak değişkenlik gösteriyor ise trafik kurallarına uygun kontrollü bir sürüş sağlanamıyor demektir. Araç sürüş esnasında sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında değil ise aracın kontrolü sağlanamamış olacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo 3-1’deki kurallardan 8c maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 8c ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

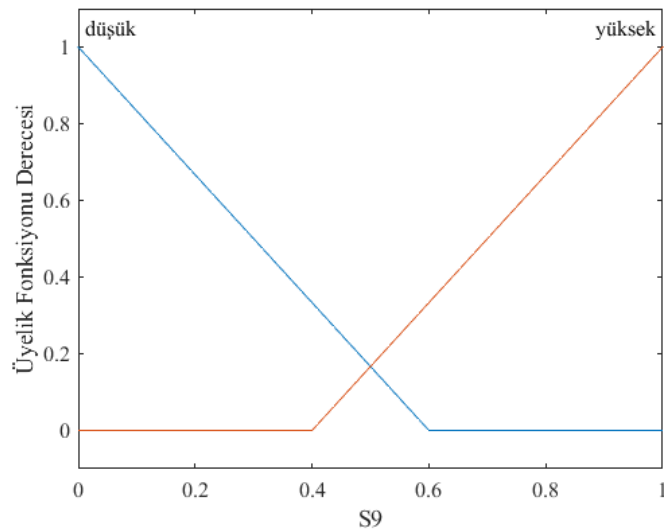
8c kuralında, 2 adet giriş değeri olarak S9 ve S11 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 4 adet kural süzgecinde geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 8c kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-32’de verilmiştir.



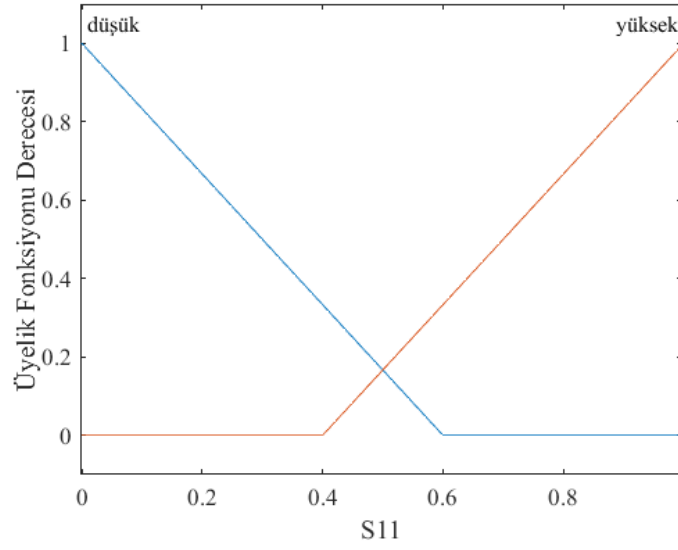
System fis8c: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

Şekil 3-32: Kural 8c bulanık mantık modeli.

Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6’dan küçük ise “düşük”, 0.4’ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 8c kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-33 ve Şekil 3-34’te verilmiştir.

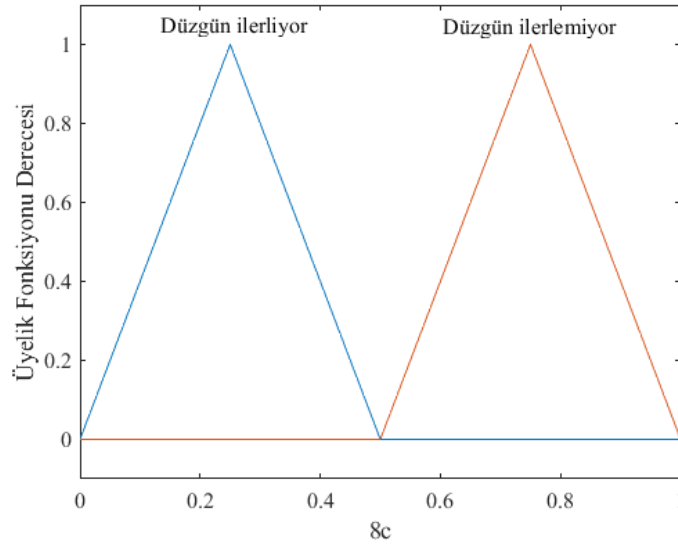


Şekil 3-33: Kural 8c maddesinin S9 girişine ait üyelik fonksiyonu.



Şekil 3-34: Kural 8c maddesinin S11 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “düzgün ilerliyor”, 0.5'ten büyük ise “düzgün ilerlemiyor” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 8c kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-35’de verilmiştir.

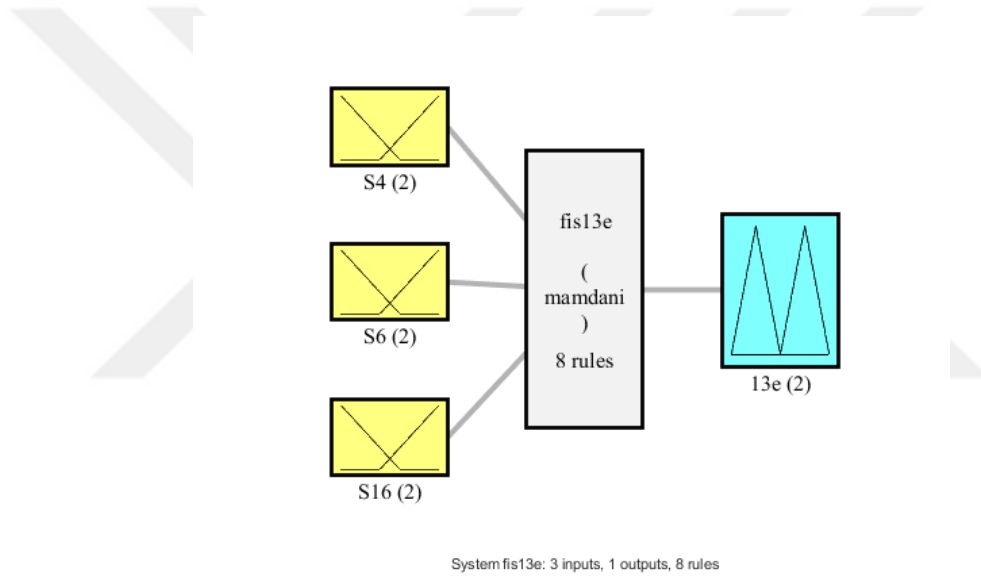


Şekil 3-35: Kural 8c maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

13e modelini kurmak için 3 sensör girişi, 8 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 13e kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

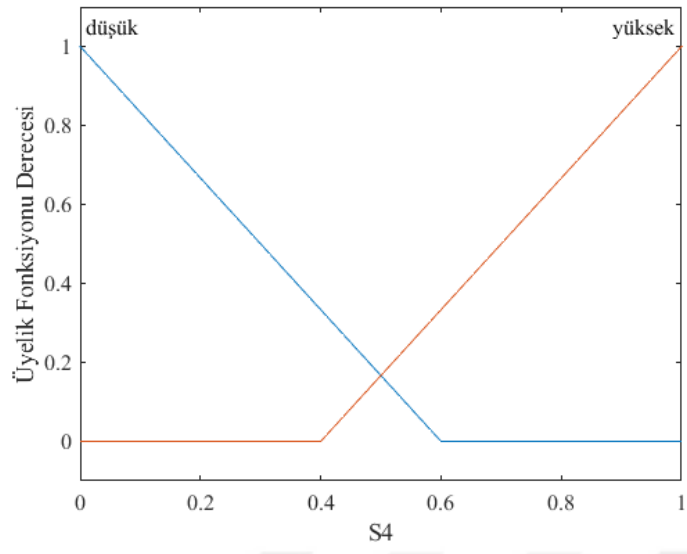
- Araç, hızlanma ve yavaşlama esnasında devir kontrolü, fren kontrolü ve gaz pedalı kontrolü önemli etken olarak belirlenmiştir. Hızlanma ve yavaşlama esnasında sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında değil ise aracın hızı ayarlanmamış olacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo3-1’deki kurallardan 13e maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 13e ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

13e kuralında, 3 adet giriş değeri olarak S4, S6 ve S16 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 8 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 13e kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-36’da verilmiştir.

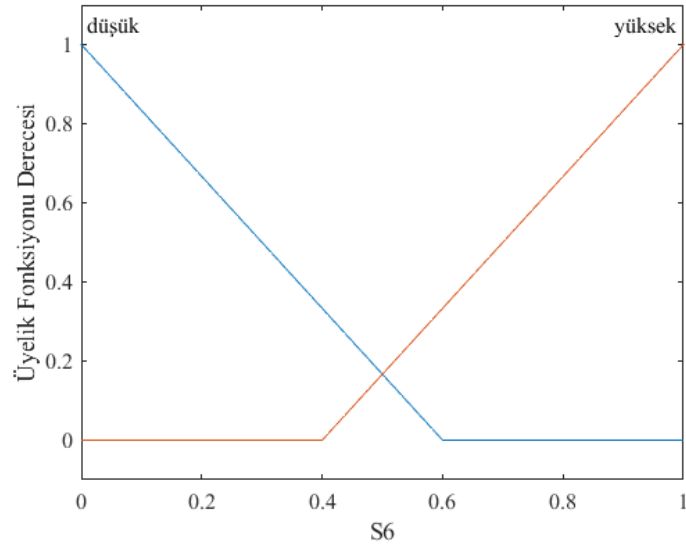


Şekil 3-36: Kural 13e bulanık mantık modeli

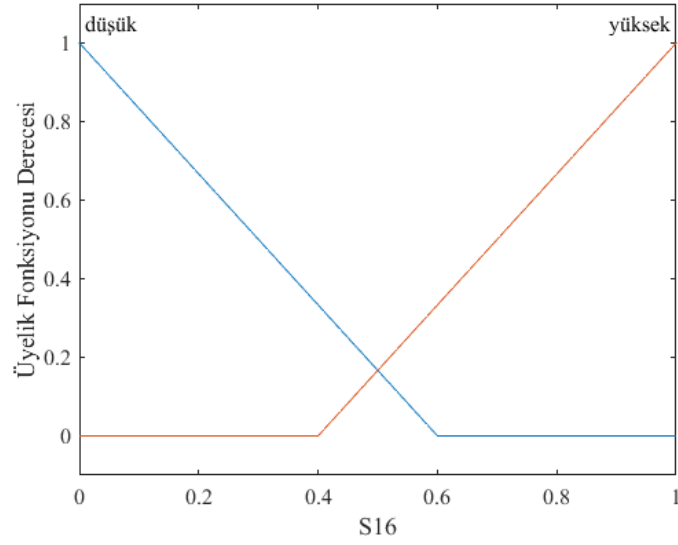
Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6’dan küçük ise “düşük”, 0.4’ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 13e kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-37, Şekil 3-38 ve Şekil 3-39’da verilmiştir.



Şekil 3-37: Kural 13e maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.

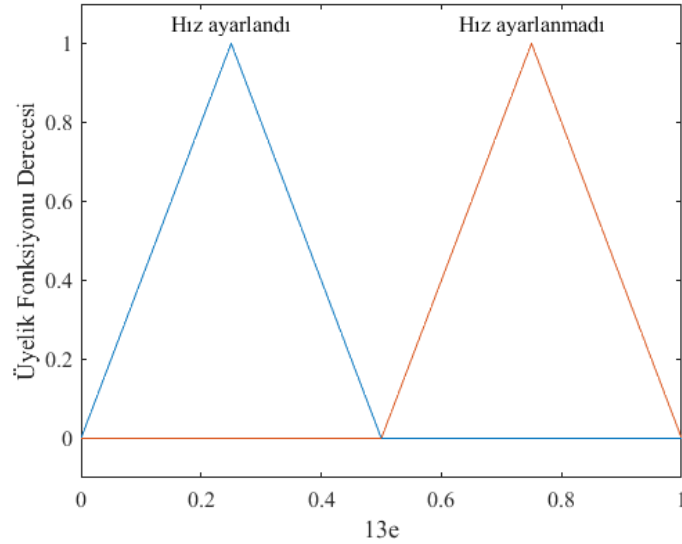


Şekil 3-38: Kural 13e maddesinin S6 girişine ait üyelik fonksiyonu.



Şekil 3-39: Kural 13e maddesinin S16 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “hız ayarlandı”, 0.5'ten büyük ise “hız ayarlanmadı” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 13e kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-40'da verilmiştir.

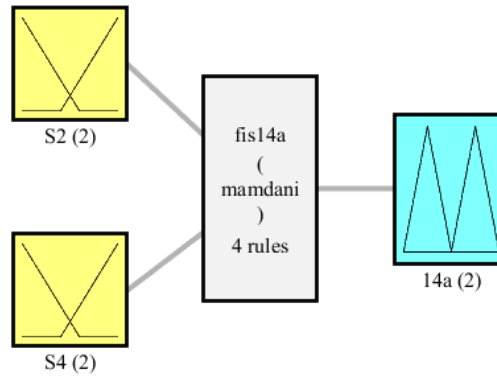


Şekil 3-40: Kural 13e maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

14a modelini kurmak için 2 sensör girişi, 4 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 14a kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Araç kullanımı esnasında devir kontrolü kararının verilebilmesi için hız ve motor devri parametrelerinin incelenmesi gerekmektedir. Eğer aracın hızı düşük fakat devri yüksek veya hem hızı yüksek hem de devri yüksek ise sürüş kurallarına aykırı bir durum söz konudur. Araç sürüş esnasında sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında ve oluşturulan şartlara uygun değil ise araç uygun devirde kullanılmıyor demektir. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo 3-1'deki kurallardan 14a maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 14a ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

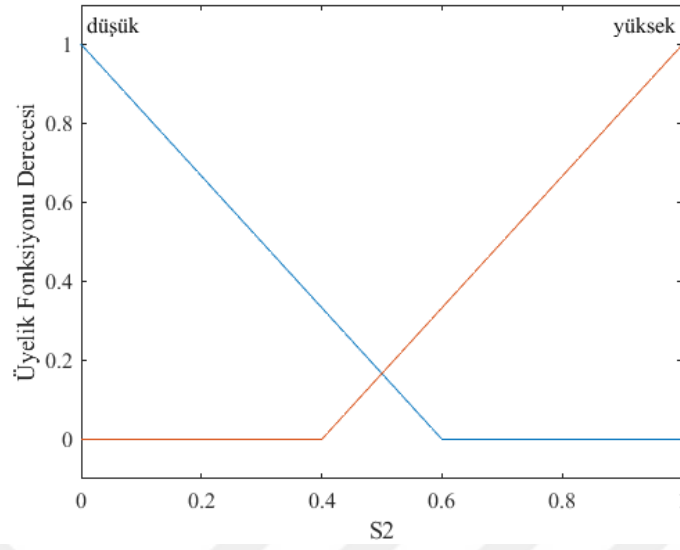
14a kuralında, 2 adet giriş değeri olarak S2 ve S4 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 4 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 14a kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-41'de verilmiştir.



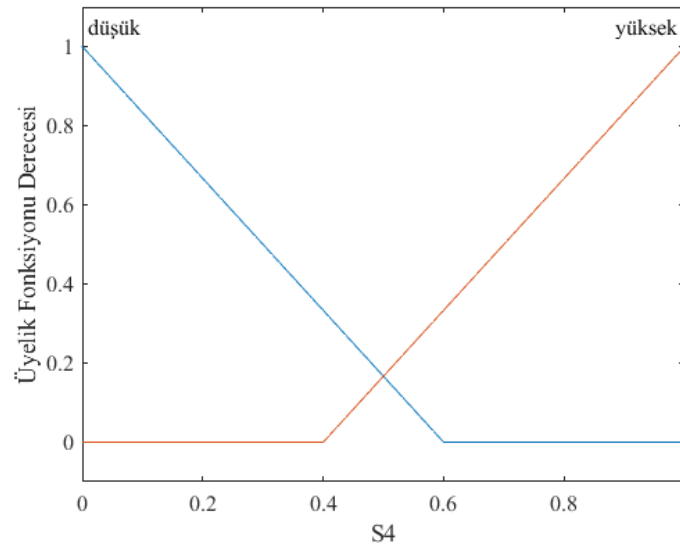
System fis14a: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

Şekil 3-41: Kural 14a bulanık mantık modeli.

Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6'dan küçük ise “düşük”, 0.4'ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 14a kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-42 ve Şekil 3-43'te verilmiştir.

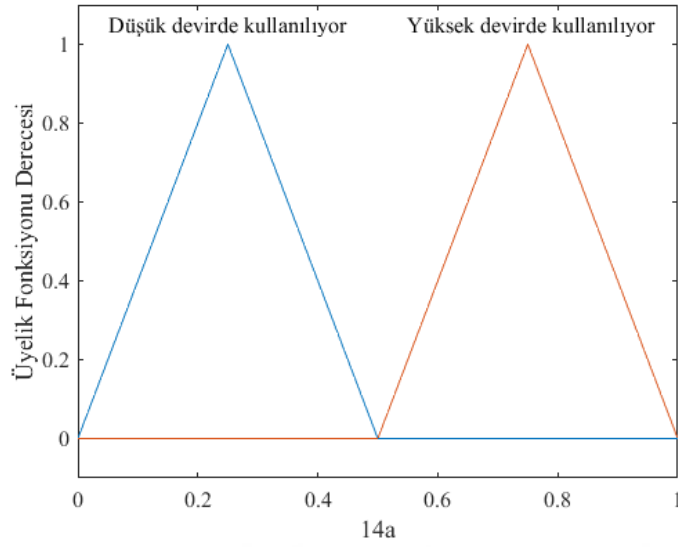


Şekil 3-42: Kural 14a maddesinin S2 girişine ait üyelik fonksiyonu.



Şekil 3-43: Kural 14a maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “düşük devirde kullanılıyor”, 0.5'ten büyük ise “yüksek devirde kullanılıyor” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 14a kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-44'te verilmiştir.

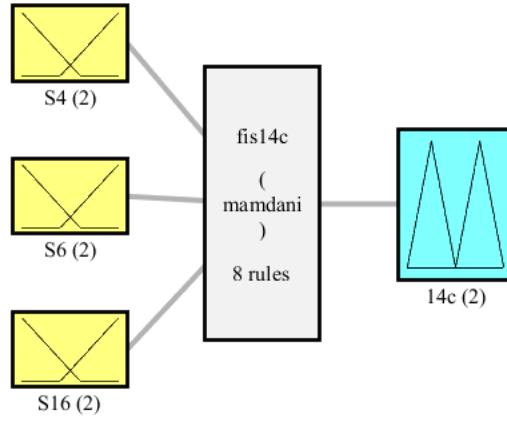


Şekil 3-44: Kural 14a maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

14c modelini kurmak için 3 sensör girişi, 8 kural ve 1 sonuç verisi vardır. 14c kuralının karar paragrafı aşağıda verilmiştir.

- Araç, duruş ve kalkış esnasında devir kontrolü, fren kontrolü ve gaz pedalı kontrolü önemli etken olarak belirlenmiştir. Duruş ve kalkış esnasında ani frenleme veya ani devir artışları ve hızlanmalar aracın ekonomik kullanılmadığını göstermektedir. Kurala ait ilgili sensörlerden gelen sinyaller belirlenen değer aralıklarında değil ise aracın hızı, devri ve frenlemesi uygun yapılmamış olacaktır. Bu durum araç sürücüsüne uyarı olarak Tablo3-1'deki kurallardan 14c maddesinin sürüş kuralı ihlali gerçekleştiği için “Kural 14c ihlali” şeklinde ikaz bildirimi Simulink simülasyon modelinde yapılacaktır.

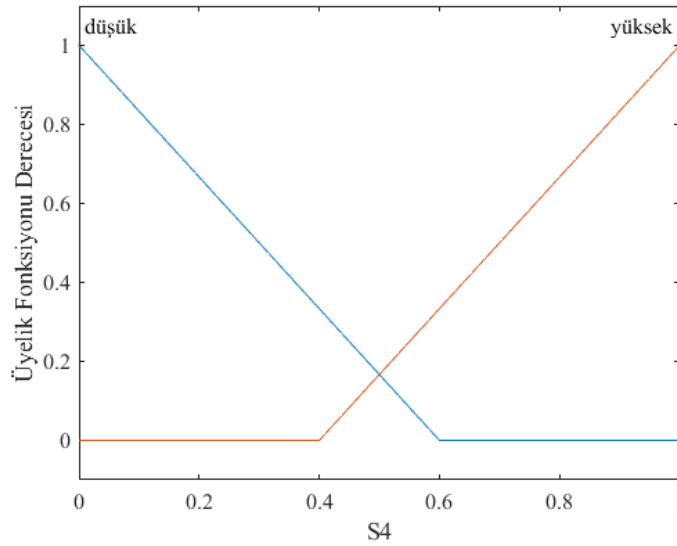
14c kuralında, 3 adet giriş değeri olarak S4, S6 ve S16 sensör değerleri belirlenmiştir. Bu değerler 8 adet kural süzgecinden geçirilerek Mamdani metodu ile 1 adet çıkış üyelik fonksiyonu elde edilecektir. 14c kuralına ait bulanık mantık modeli Şekil 3-45'te verilmiştir.



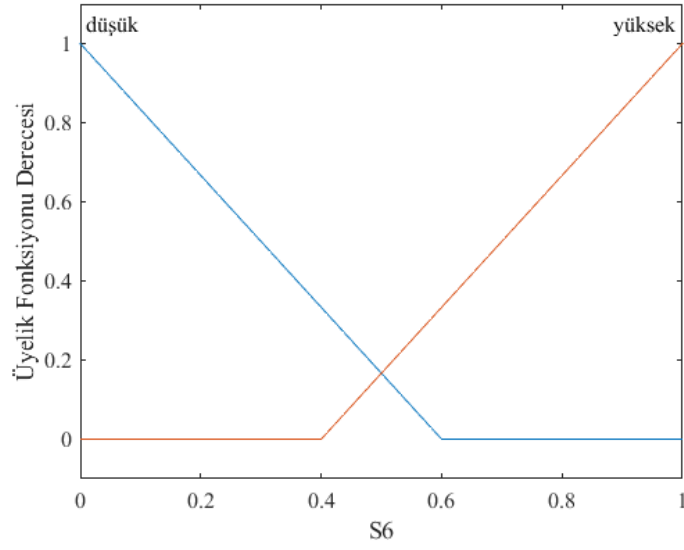
System fis14c: 3 inputs, 1 outputs, 8 rules

Şekil 3-45: Kural 14c bulanık mantık modeli

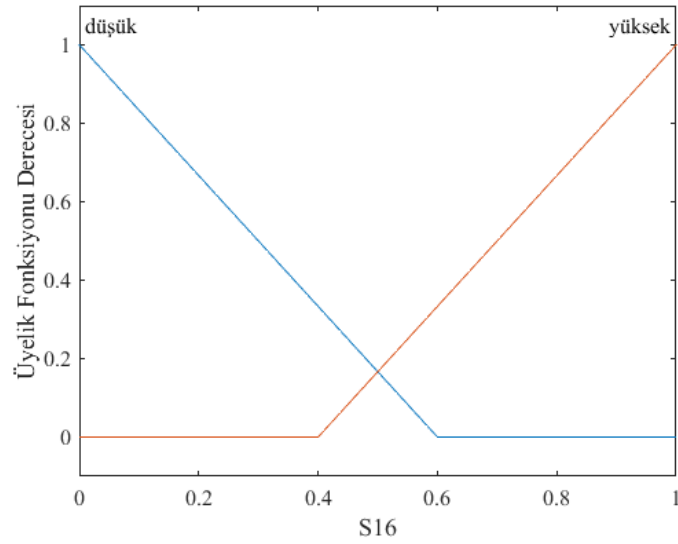
Giriş değerlerine ait üyelik fonksiyonları üyelik derecesi belirlenirken sensörlerden okunan değer 0.6'dan küçük ise “düşük”, 0.4'ten büyük ise “yüksek” karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 14c kuralı giriş parametrelerinin üyelik fonksiyon grafikleri Şekil 3-46, Şekil 3-47 ve Şekil 3-48'de verilmiştir.



Şekil 3-46: Kural 14c maddesinin S4 girişine ait üyelik fonksiyonu.

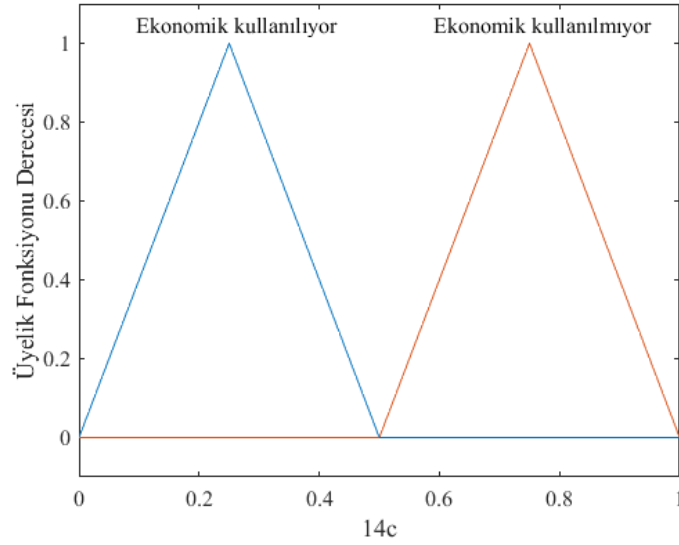


Şekil 3-47: Kural 14c maddesinin S6 girişine ait üyelik fonksiyonu.



Şekil 3-48: Kural 14c maddesinin S16 girişine ait üyelik fonksiyonu.

Çıkış üyelik fonksiyonu üyelik derecesi belirlenirken karar mekanizması sonucunda verilen karar 0.5'ten küçük ise “ekonomik kullanılıyor”, 0.5'ten büyük ise “ekonomik kullanılıyor” şeklinde karar yapısını derece cinsinden belirleyecektir. 14c kuralı çıkış verisine ait üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3-49’da verilmiştir.

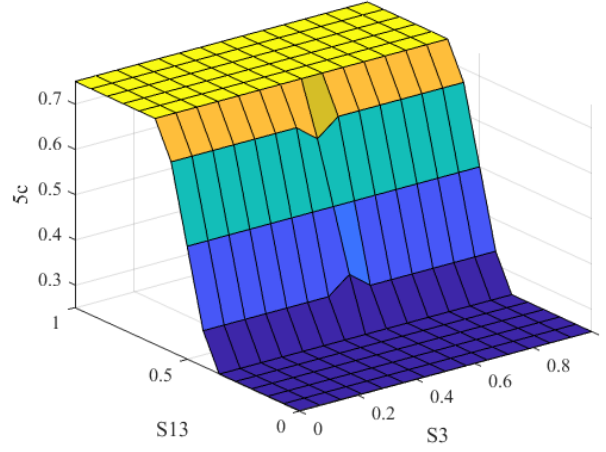


Şekil 3-49: Kural 14c maddesi çıkış verisine ait üyelik fonksiyonu.

3.2.2.2 Bulanık Mantık Model Sonuçları

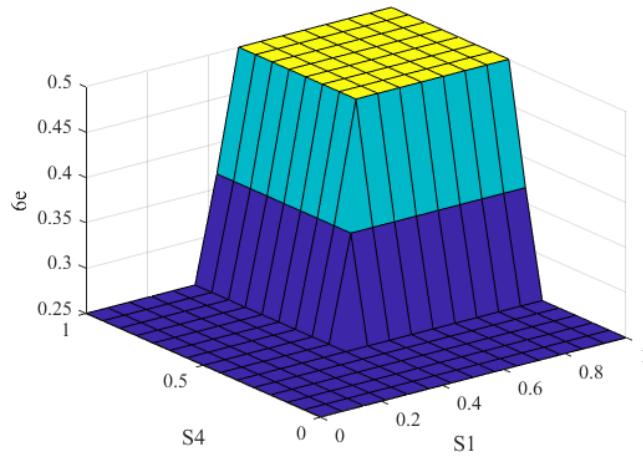
Bulanık mantık karar mekanizmasında oluşturulan giriş verilerine ait veriler ilgili üyelik fonksiyonlarından geçerek çıkış verilerinin elde edilmesini sağlar. Bu verilerin belirlenen fonksiyonlardan hangi çıkış fonksiyonunu temsil ettiği ve fonksiyonun oluşturulacak simülasyon için hazırlayacağı zemin belirlenmelidir. Çıkış fonksiyonlarının giriş değerleri üzerindeki etkisini görmek amacıyla ilgili kurallara ait sonuç grafikleri aşağıda paylaşılmıştır. Paylaşılan çıkış verileri MATLAB “Gensurf” fonksiyonu ile oluşturulmuştur. Bu fonksiyonda iki adet giriş değişkeni ([X,Y]) ve bir adet sonuç değişkeni ([Z]) eksenler üzerinde gösterilmiştir. Ancak 6e, 6h, 13e ve 14c maddelerinde üç adet giriş değişkeni bulunduğu için, üçüncü değişken referans değeri olarak ilgili aralıkların merkez noktasını baz alarak grafiği şekillendirmektedir [55].

S3 ve S13 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 5c maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-50’de verilmiştir.



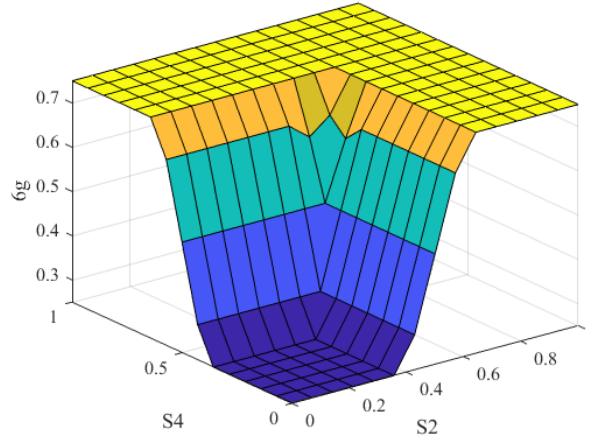
Şekil 3-50: S3 ve S13 sensör verilerinin 5c maddesinin sonucuna etkisi

S1, S4 ve S8 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 6e maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-51’de verilmiştir.



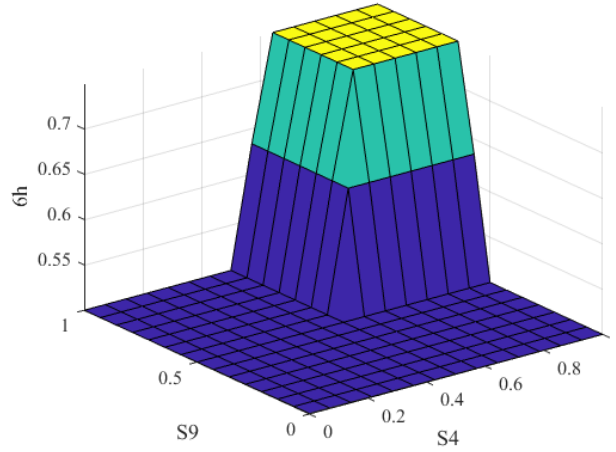
Şekil 3-51: S1, S4 ve S8 sensör verilerinin 6e maddesinin sonucuna etkisi

S2 ve S4 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 6ğ maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-52’de verilmiştir.



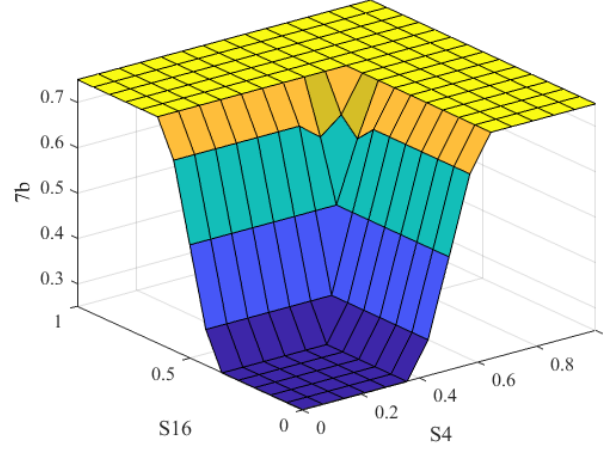
Şekil 3-52: S2 ve S4 sensör verilerinin 6ğ maddesinin sonucuna etkisi

S4, S9 ve S11 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 6h maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-53’te verilmiştir.



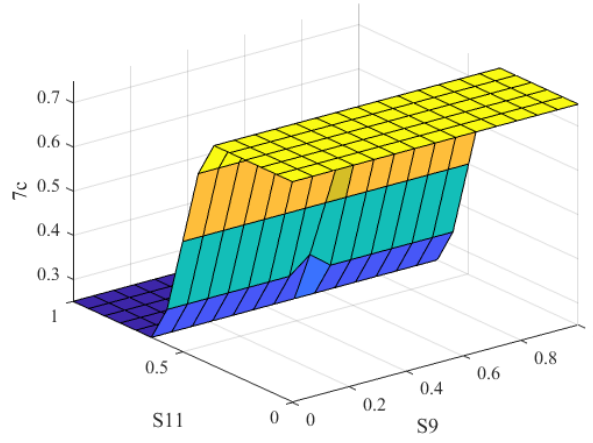
Şekil 3-53: S4, S9 ve S11 sensör verilerinin 6h maddesinin sonucuna etkisi

S4 ve S16 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 7b maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-54’te verilmiştir.



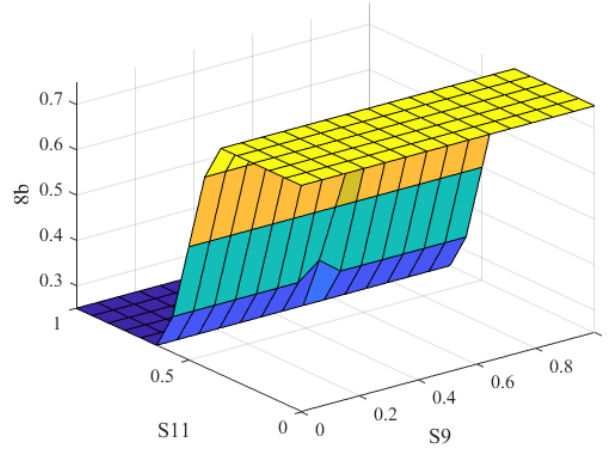
Şekil 3-54: S4 ve S16 sensör verilerinin 7b maddesinin sonucuna etkisi

S9 ve S11 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 7c maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-55’te verilmiştir.



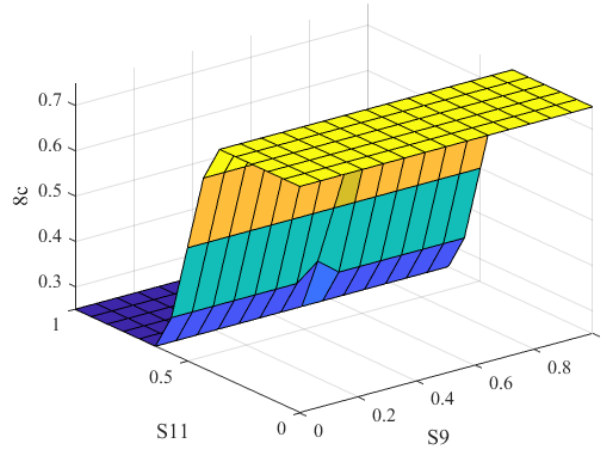
Şekil 3-55: S9 ve S11 sensör verilerinin 7c maddesinin sonucuna etkisi

S9 ve S11 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 8b maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-56’da verilmiştir.



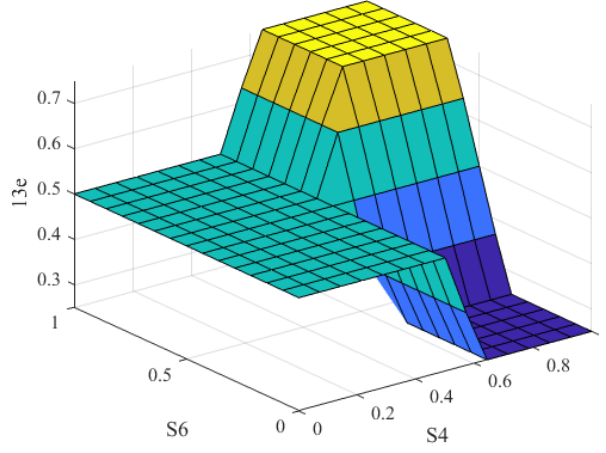
Şekil 3-56: S9 ve S11 sensör verilerinin 8b maddesinin sonucuna etkisi

S9 ve S11 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 8c maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-57’de verilmiştir.



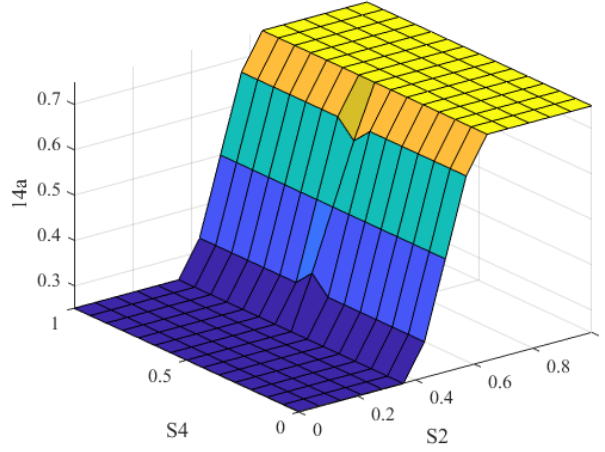
Şekil 3-57: S9 ve S11 sensör verilerinin 8c maddesinin sonucuna etkisi

S4, S6 ve S16 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 13e maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-58’de verilmiştir.



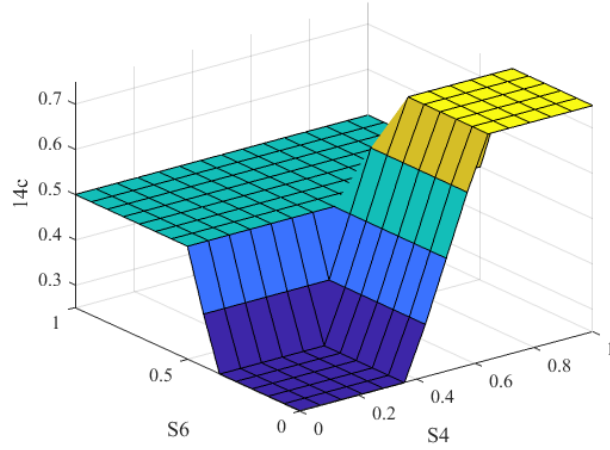
Şekil 3-58: S4, S6 ve S16 sensör verilerinin 13e maddesinin sonucuna etkisi

S2 ve S4 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 14a maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-59’da verilmiştir.



Şekil 3-59: S2 ve S4 sensör verilerinin 14a maddesinin sonucuna etkisi

S4, S6 ve S16 sensörlerinin, oluşturulan kurallar neticesinde 14c maddesinin sonucuna olan etkisi, üç boyutlu grafik olarak Şekil 3-60’da verilmiştir.



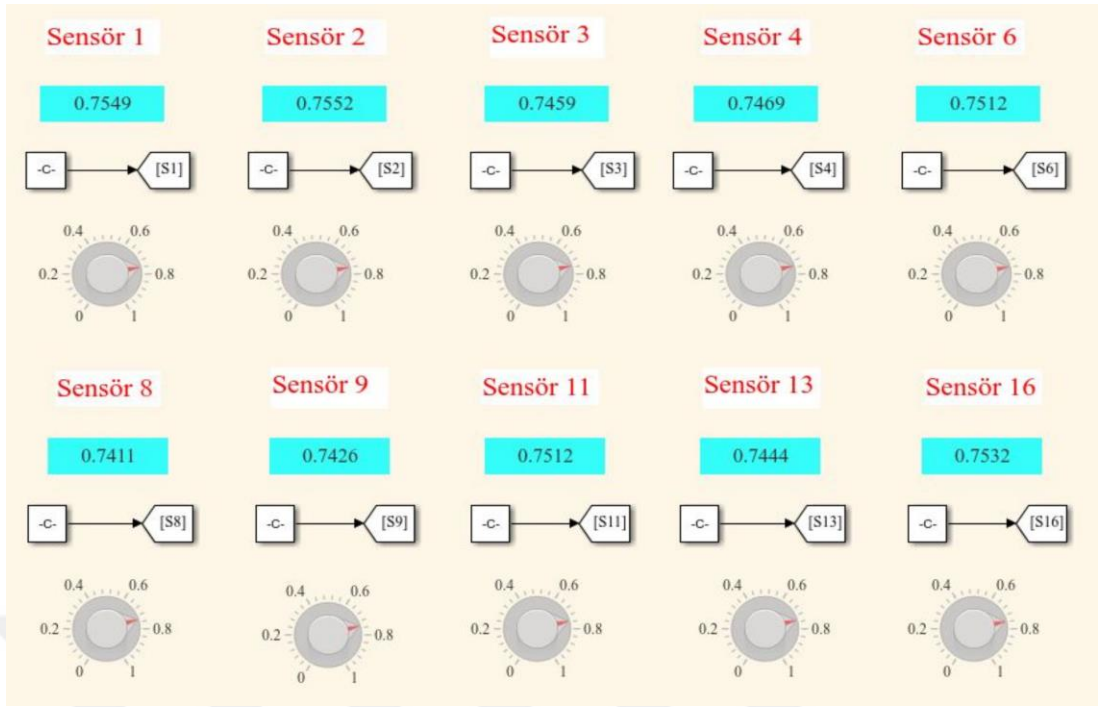
Şekil 3-60: S4, S6 ve S16 sensör verilerinin 14c maddesinin sonucuna etkisi

3.2.3 Bulanık ve Klasik Karar Sisteminin Simulink Modeli

Simulink simülasyon modeli oluşturulurken Tablo 3-2’deki sensör ve kural eşleştirme yapısı baz alınarak Tablo 3-1’deki tüm kurallar sırasıyla Simulink simülasyon ortamında canlı olarak görselleştirilmiştir. Tasarlanan simülasyon modelinde giriş değerlerini oluşturan sensör verileri analog ve dijital veri üreticileri olarak iki farklı kısımda bölünmüştür. Fakat ilgili sensöre ait iki türden de veri yapısına ihtiyaç duyulmuştur. Örneğin, veri üretim simülatöründe karışıklık yaşanmaması adına ilgili sensöre ait analog veri ihtiyacı var ise o sensörün kısaltması “S13”, dijital veri ihtiyacı var ise “S13D” olarak iki farklı üretici oluşturulmuştur. Kuralın veri ihtiyacı türüne göre ilgili sensör doğru veri tipi belirlenerek istenen kuralda uygulanmak üzere dahil edilmiştir.

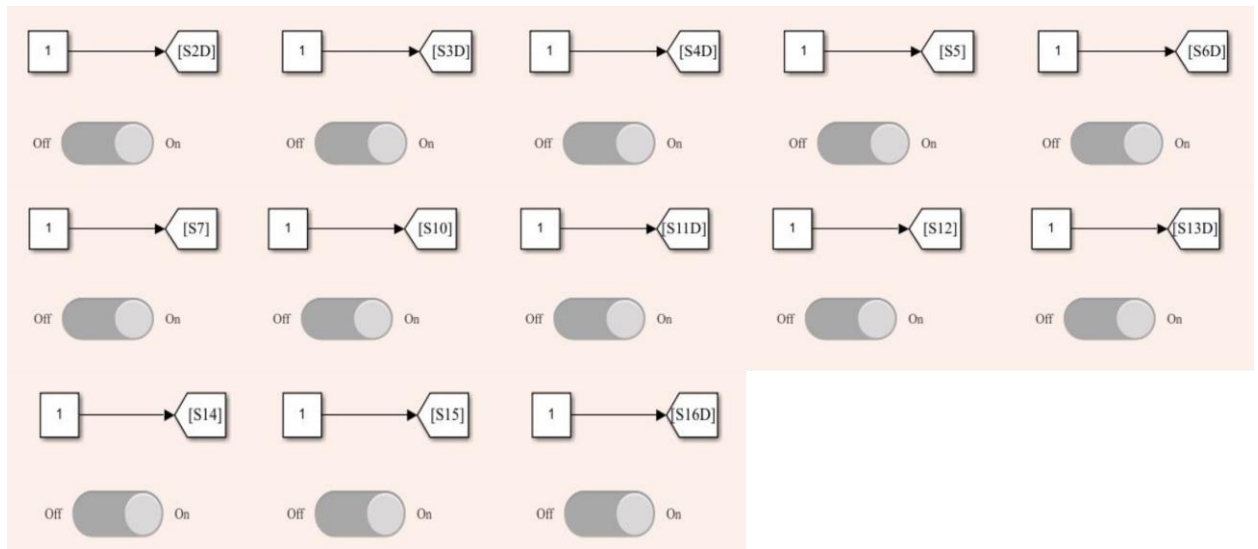
Tasarım içeriğinde her bir kural ayrı bloklar halinde oluşturulmuş ve klasik mantık yapısının hakim olduğu kurallar için lojik devre eleman diyagramları kullanılmıştır. Bulanık mantık yapısının hakim olduğu kurallarda ise Simulink programına ait “Fuzzy Logic Ruleviewer” elemanı kullanılarak MATLAB ortamında oluşturulan yazılımsal kural kodlarının oluşturulan simülasyon üzerinde entegrasyonu sağlanmıştır. Her bir kural çıkış fonksiyonuna ait çıkış değerleri yansıtılarak sürücü ikazı için basit bir uyarı ekran simülatörü de oluşturulmuştur.

Tablo 3-4’te her kural için belirlenen sensör değerlerinin analog veri üretici Şekil 3-61’de verilmiş olup potların aldığı değerler görülmektedir. Simulink “Constant” bloklarında potlardan alınan değerler gözükmediği için mavi renkli alanda bu değerler gösterilmiştir.



Şekil 3-61: Simulink simülasyon modeli analog veri üretici

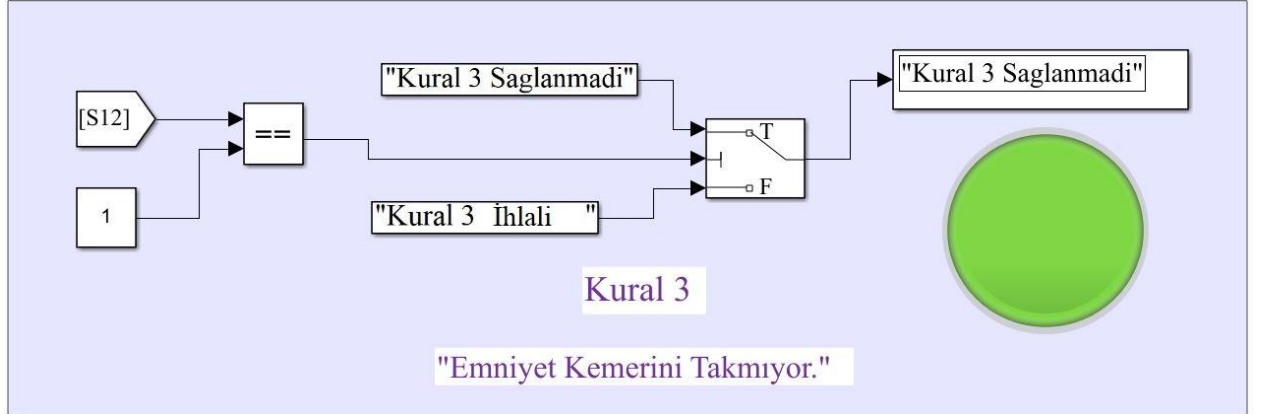
Tablo 3-3'te her kural için belirlenen sensör değerlerinin dijital veri üretici Şekil 3-62'de verilmiş olup anahtarların aldığı değerler görülmektedir.



Şekil 3-62: Simulink simülasyon modeli dijital veri üretici

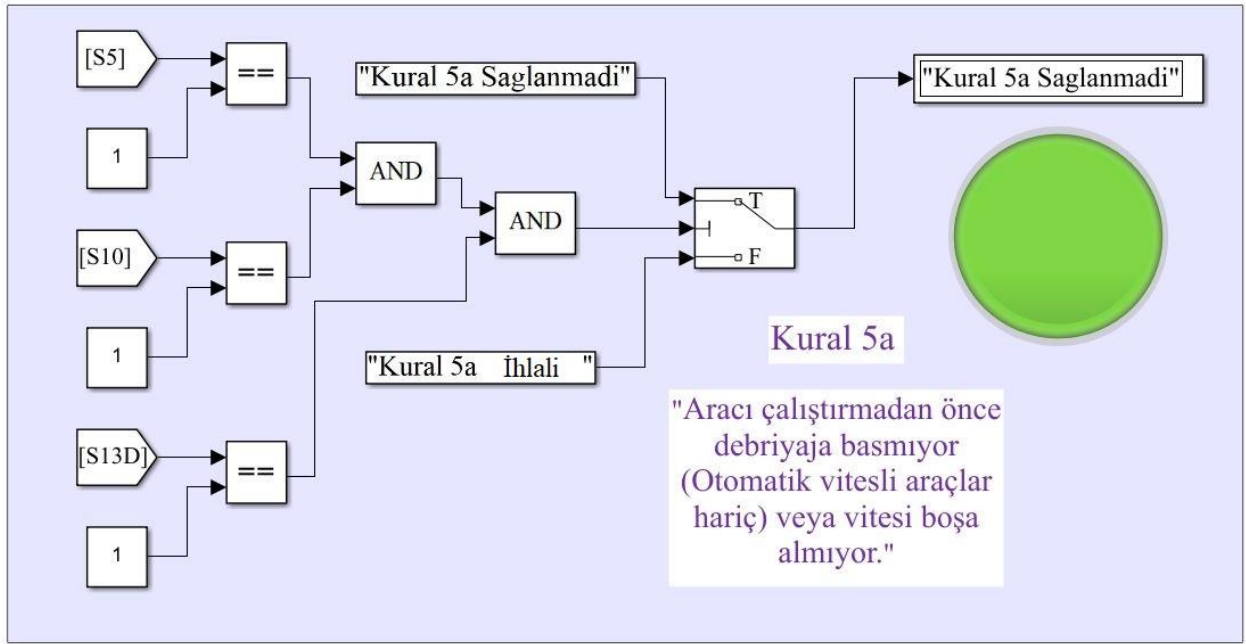
Aşağıda Tablo 3-1’deki tüm kurallar için oluşturulan Simulink simülasyon modelleri Şekil 3-63 ile Şekil 3-98 arasında sırasıyla verilmiştir. Her kural için gerekli klasik ve bulanık mantık metotlarına uygun ikaz sistemleri blok diyagramlar yardımıyla tasarlanmıştır.

Kural 3 için S12 sensöründen alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 3’e ait simülasyon modeli Şekil 3-63’te verilmiştir.



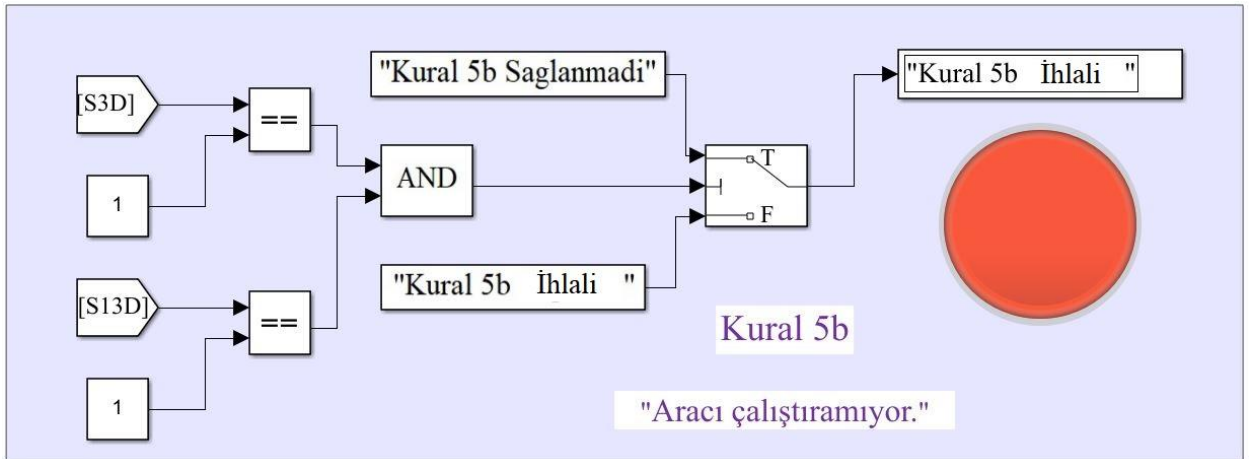
Şekil 3-63: Kural 3 simülasyon modeli

Kural 5a için S5, S10 ve S13 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 5a’ya ait simülasyon modeli Şekil 3-64’te verilmiştir.



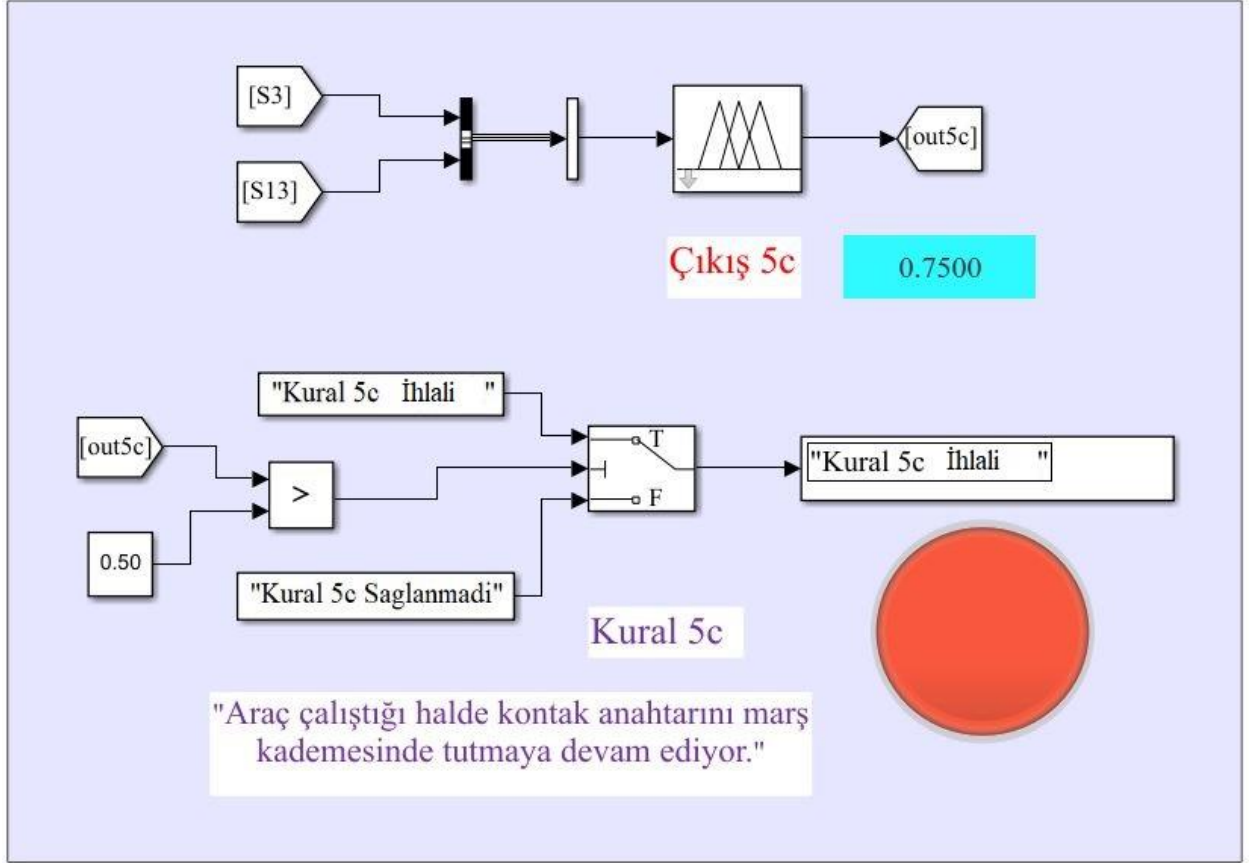
Şekil 3-64: Kural 5a simülasyon modeli

Kural 5b için S3 ve S13 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 5b'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-65'te verilmiştir.



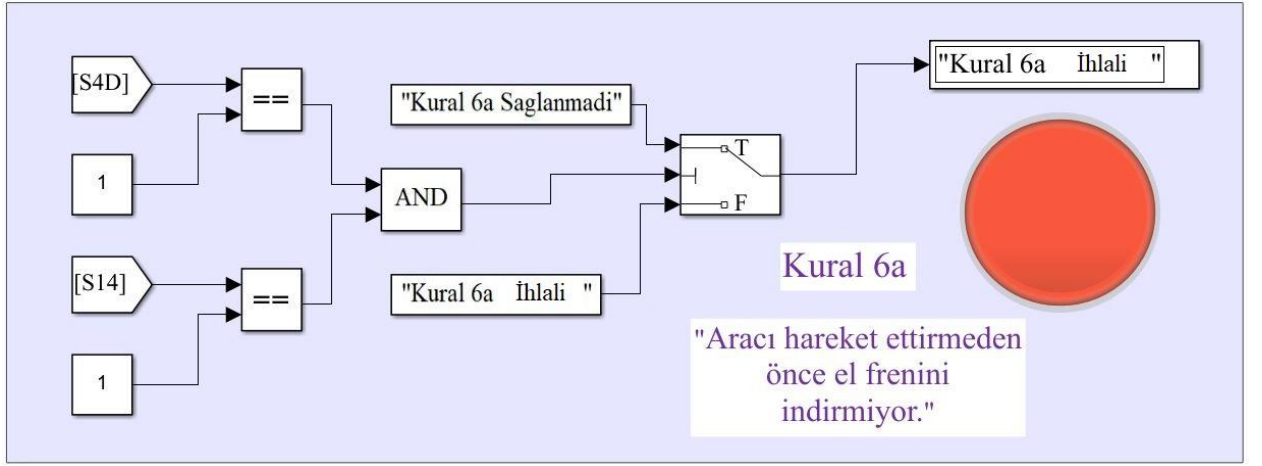
Şekil 3-65: Kural 5b simülasyon modeli

Kural 5c için S3 ve S13 sensörlerinden alınan değerler 5c bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 5c'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-66'da verilmiştir.



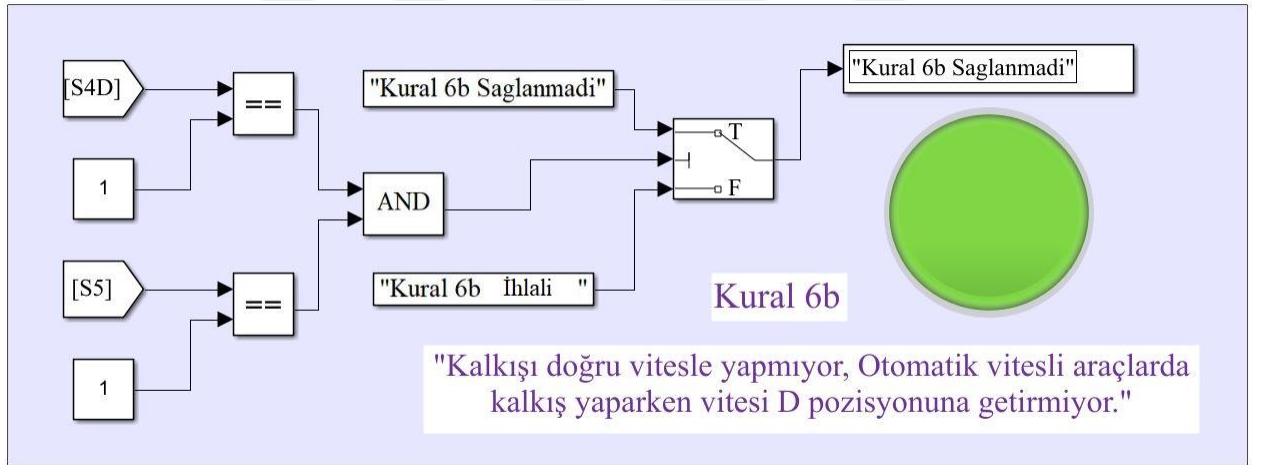
Şekil 3-66: Kural 5c simülasyon modeli

Kural 6a için S4 ve S14 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 6a'ya ait simülasyon modeli Şekil 3-67'de verilmiştir.



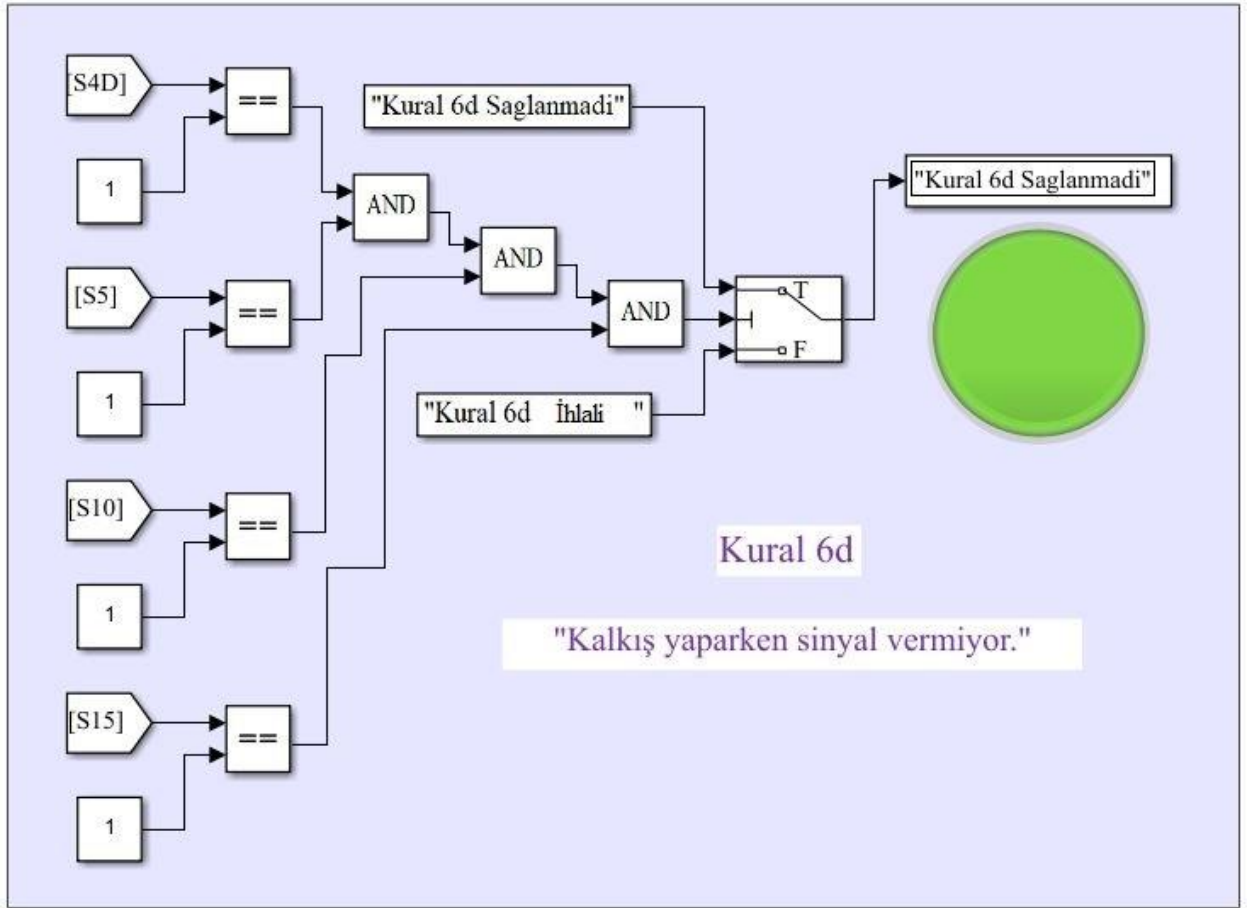
Şekil 3-67: Kural 6a simülasyon modeli

Kural 6b için S4 ve S5 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 6b'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-68'de verilmiştir.



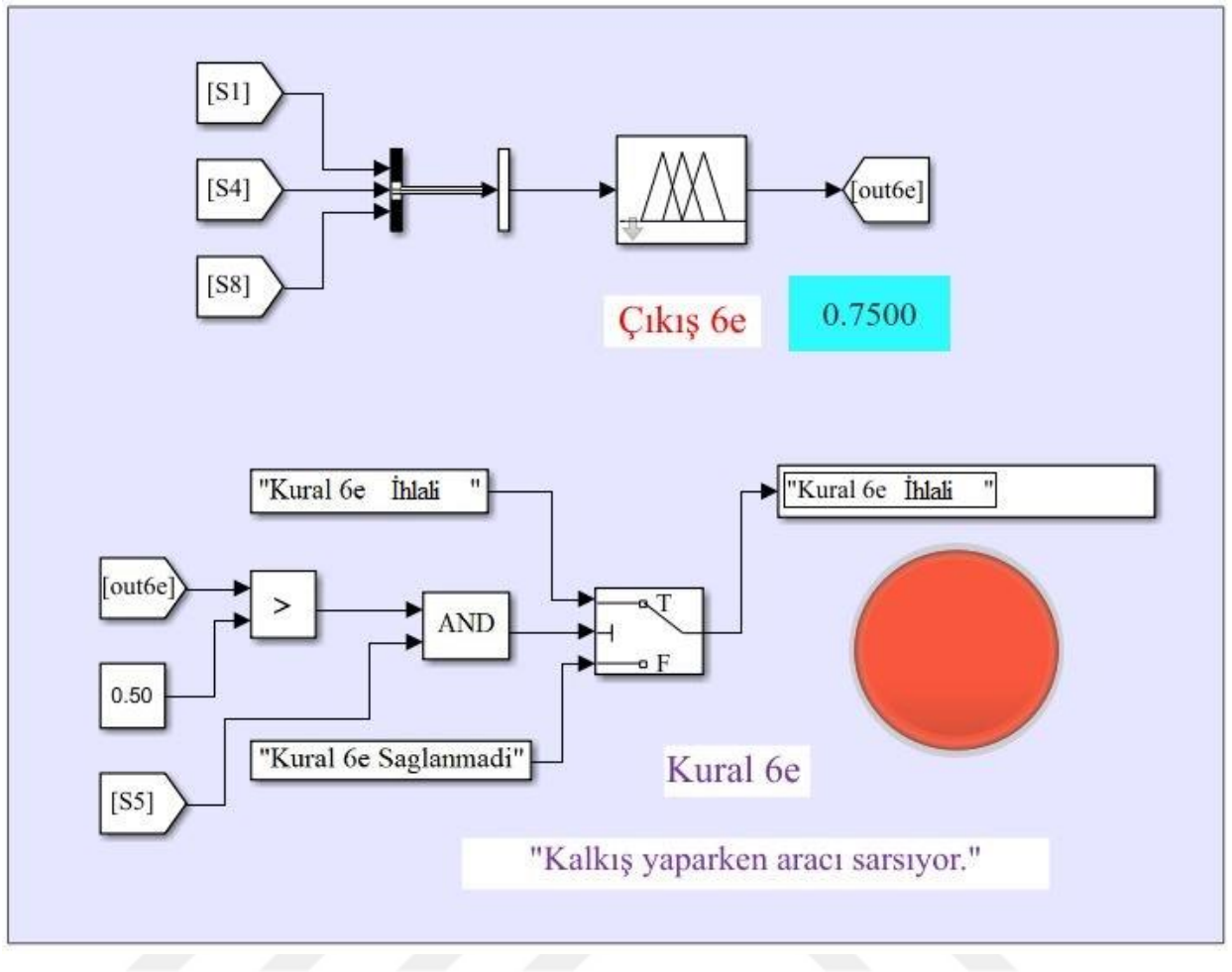
Şekil 3-68: Kural 6b simülasyon modeli

Kural 6d için S4, S5, S10 ve S15 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 6d'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-69'da verilmiştir.



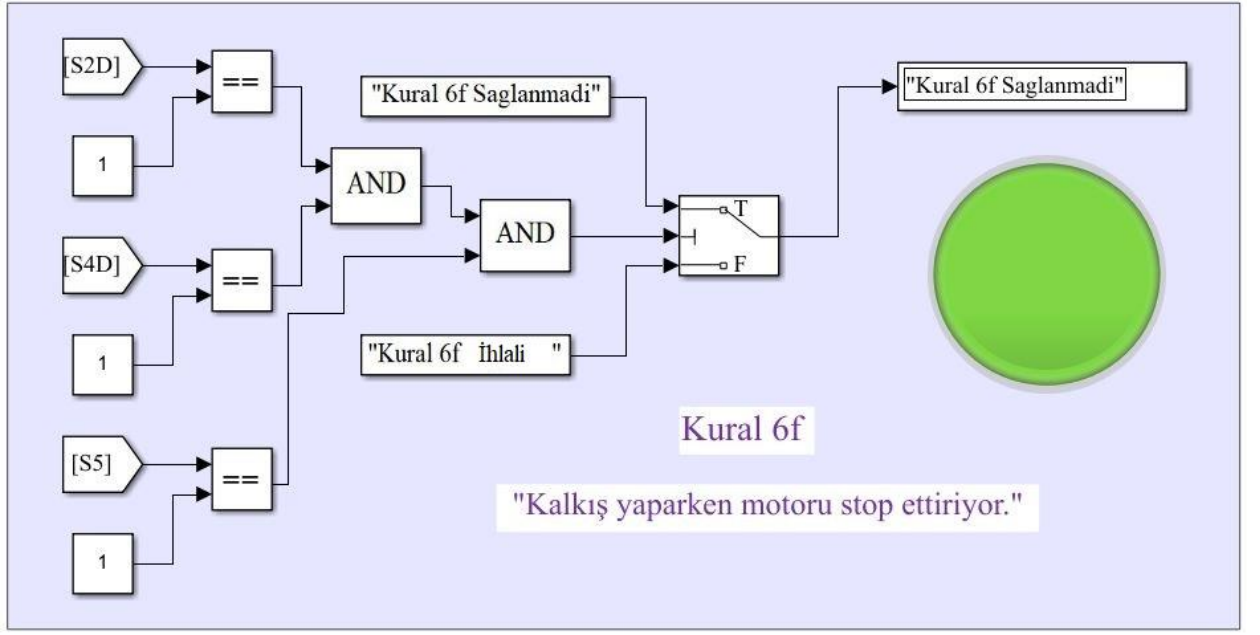
Şekil 3-69: Kural 6d simülasyon modeli

Kural 6e için S1, S4 ve S8 sensörlerinden alınan değerler 6e bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 6e'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-70'te verilmiştir.



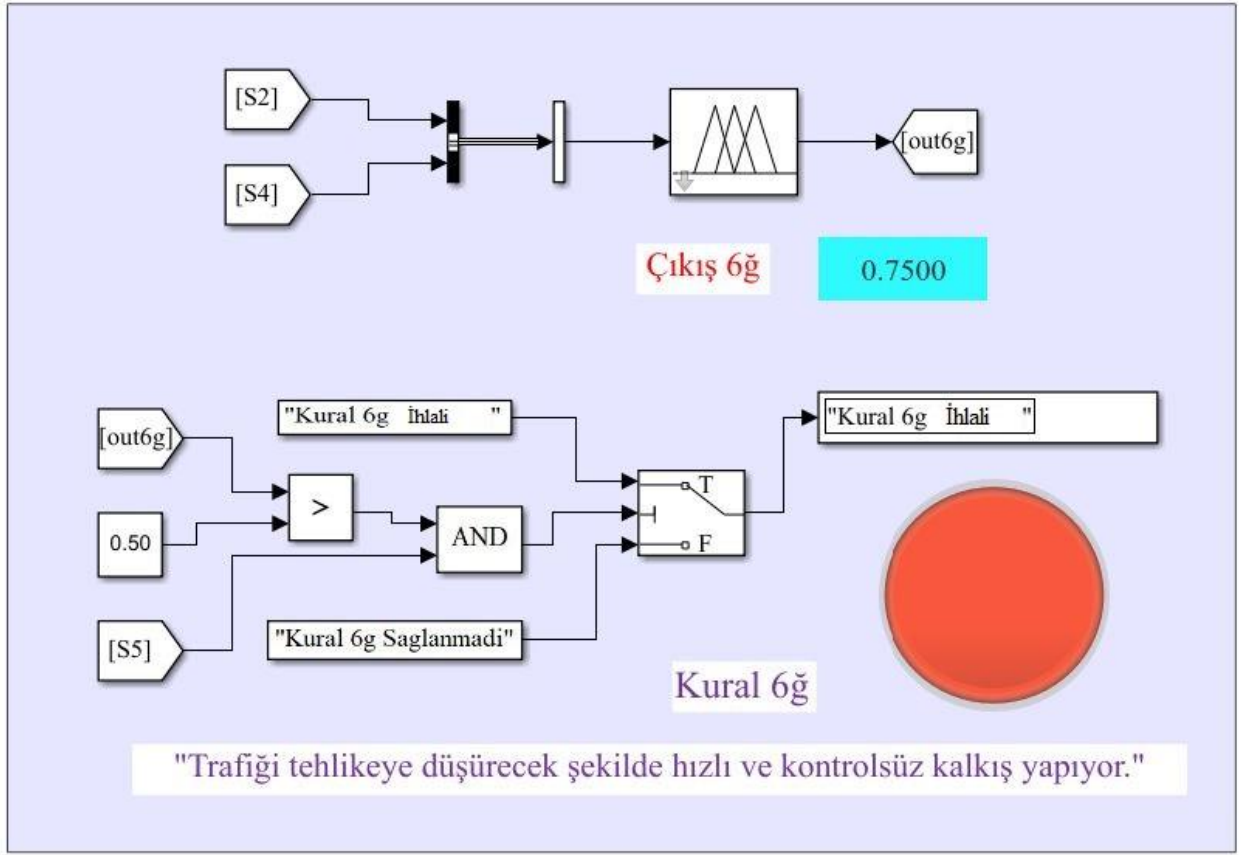
Şekil 3-70: Kural 6e simülasyon modeli

Kural 6f için S2, S4 ve S5 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 6f'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-71'de verilmiştir.



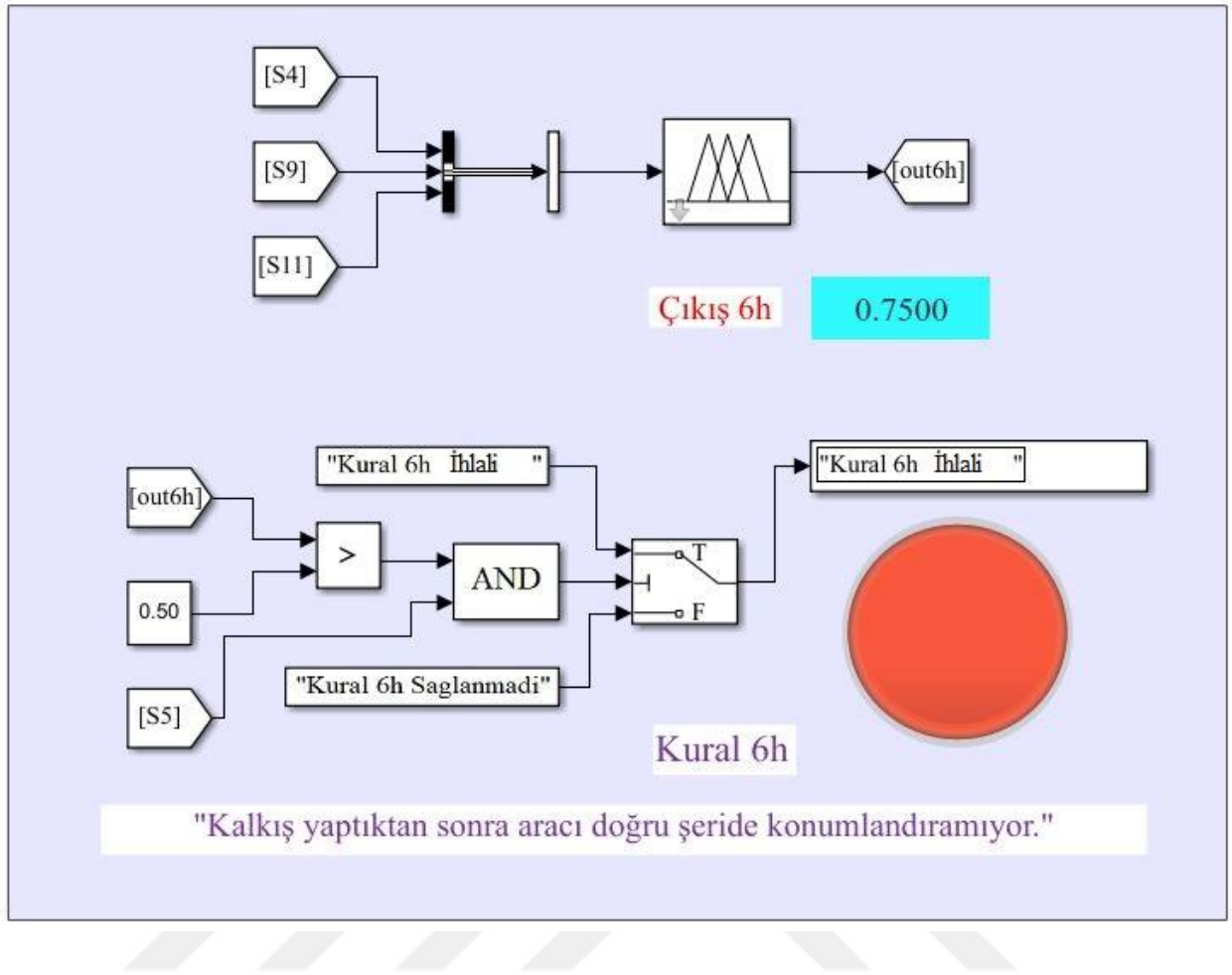
Şekil 3-71: Kural 6f simülasyon modeli

Kural 6ğ için S2 ve S4 sensörlerinden alınan değerler 6ğ bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 6ğ'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-72'de verilmiştir.



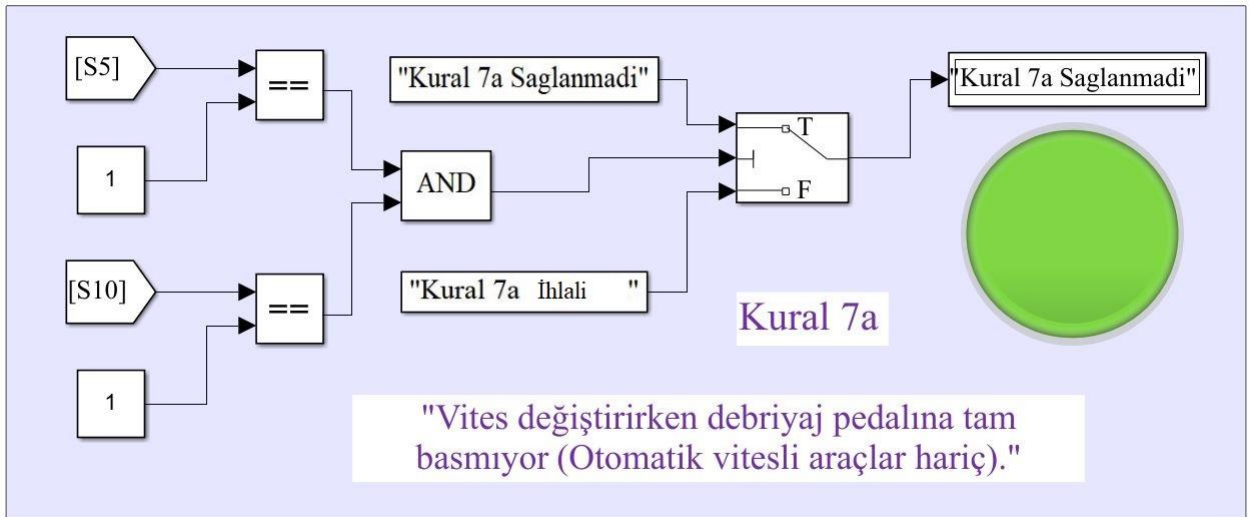
Şekil 3-72: Kural 6ğ simülasyon modeli

Kural 6h için S4, S9 ve S11 sensörlerinden alınan değerler 6h bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 6h'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-73'te verilmiştir.

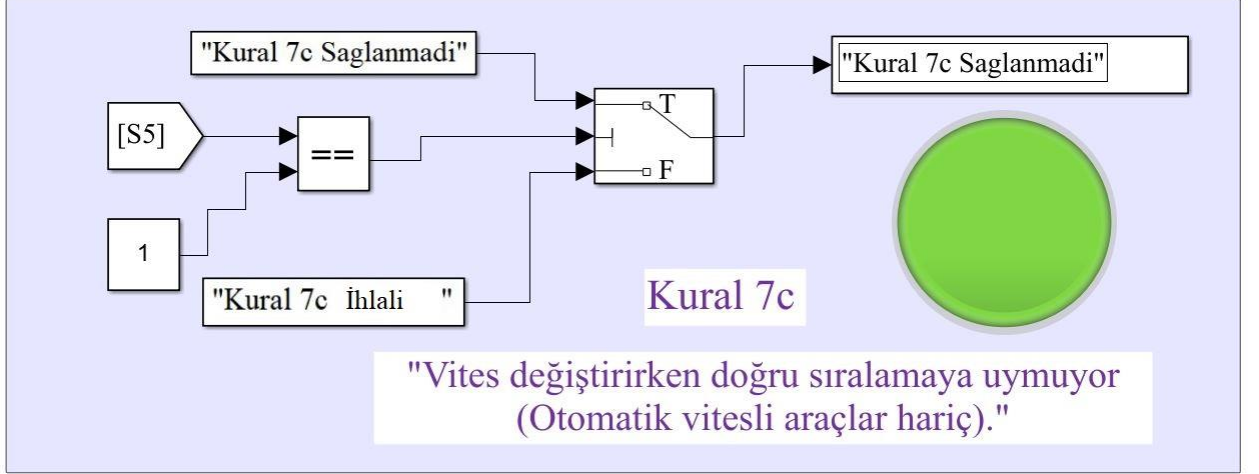


Şekil 3-73: Kural 6h simülasyon modeli

Kural 7a için S5 ve S10 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 7a'ya ait simülasyon modeli Şekil 3-74'te verilmiştir.

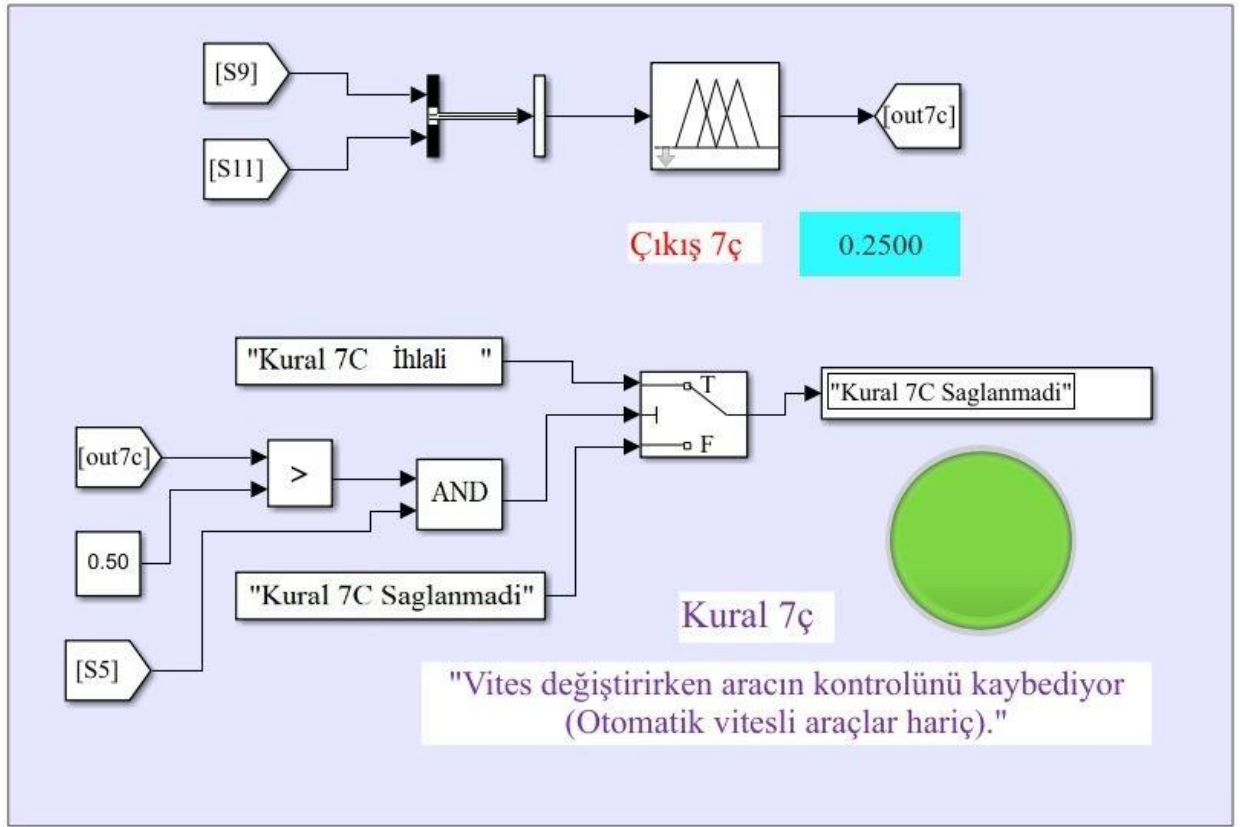


Kural 7c için S5 sensöründen alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 7c'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-76'da verilmiştir.



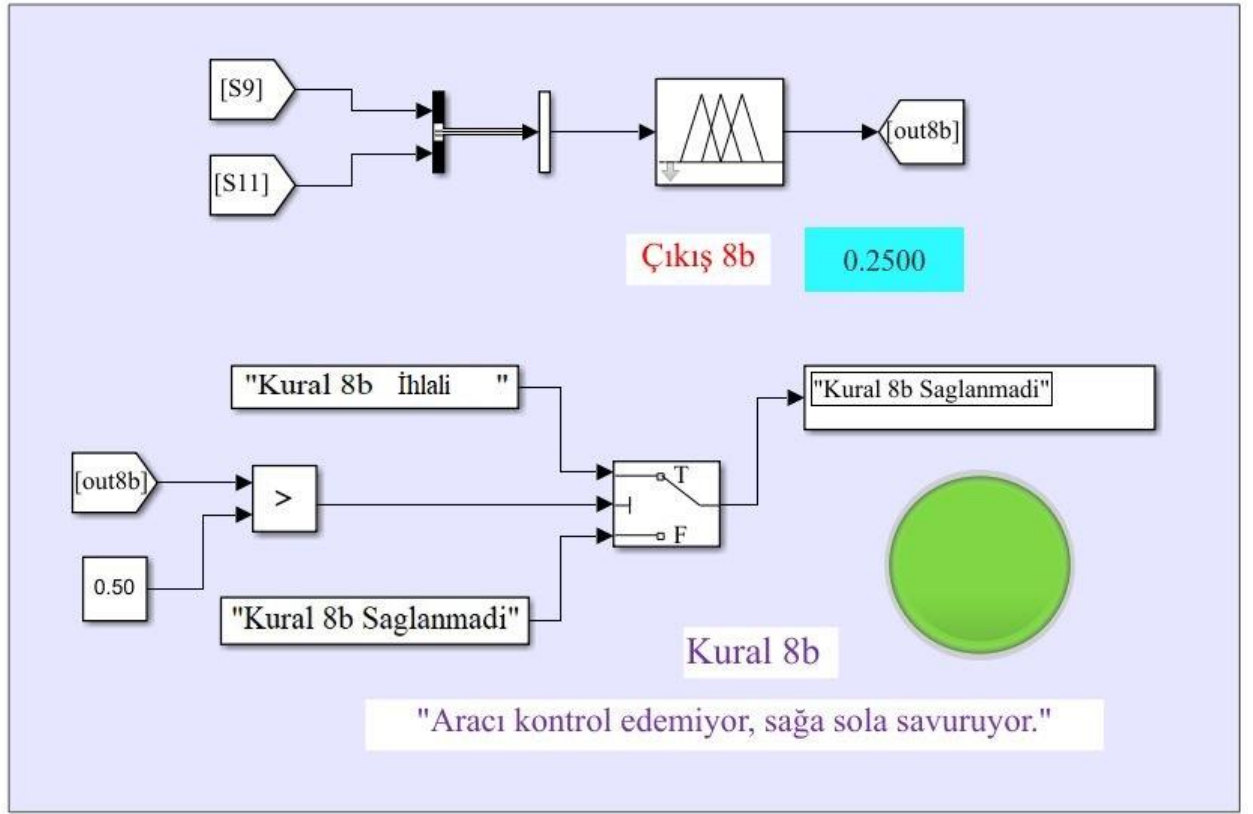
Şekil 3-76: Kural 7c simülasyon modeli

Kural 7ç için S9 ve S11 sensörlerinden alınan değerler 7ç bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 7ç'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-77'de verilmiştir.



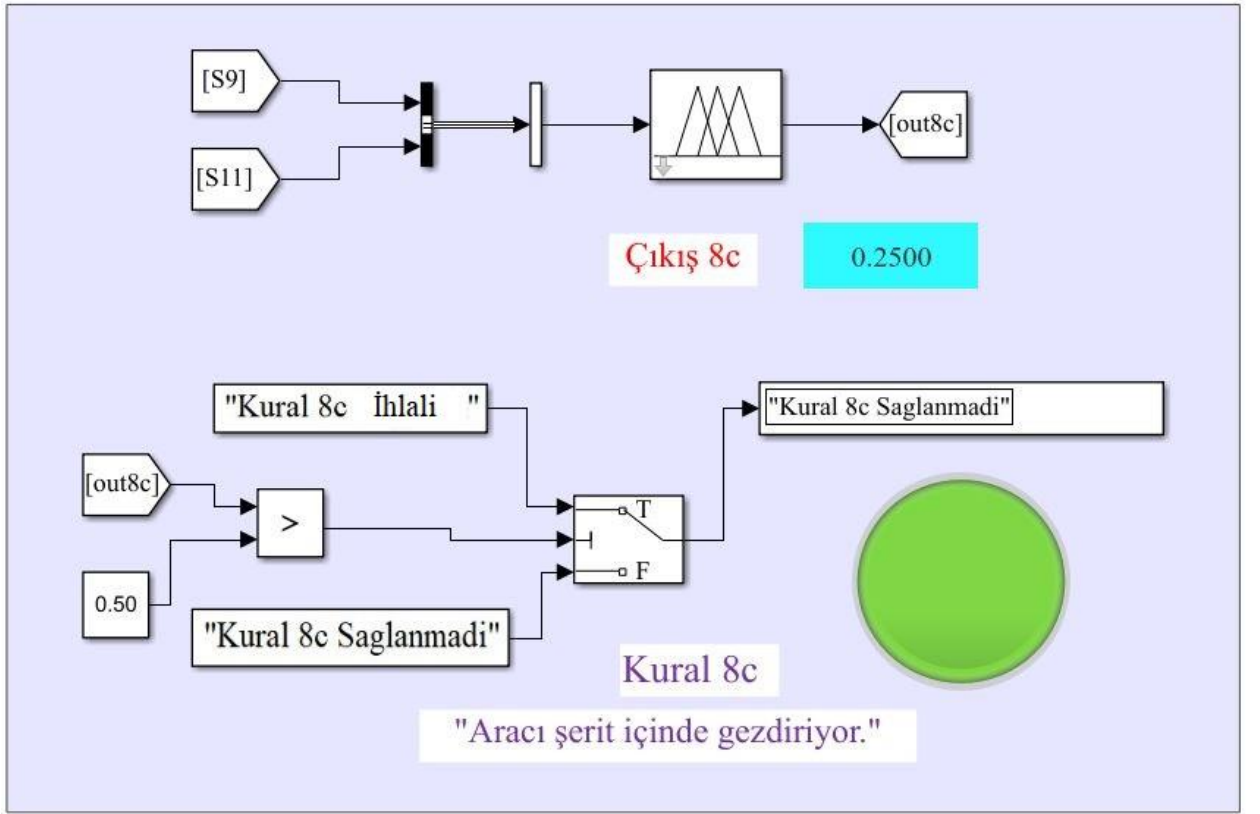
Şekil 3-77: Kural 7ç simülasyon modeli

Kural 8b için S9 ve S11 sensörlerinden alınan değerler 8b bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 8b'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-78'de verilmiştir.



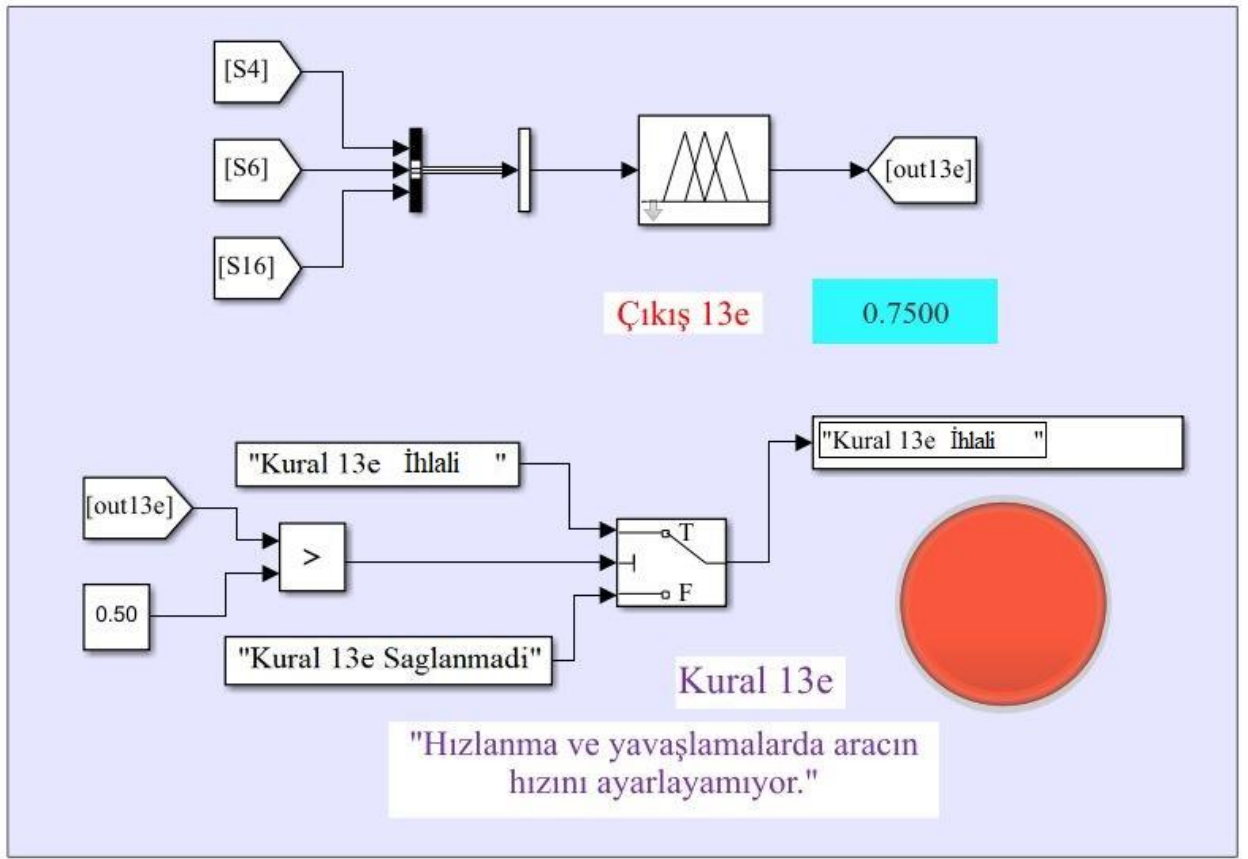
Şekil 3-78: Kural 8b simülasyon modeli

Kural 8c için S9 ve S11 sensörlerinden alınan değerler 8c bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 8c'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-79'da verilmiştir.



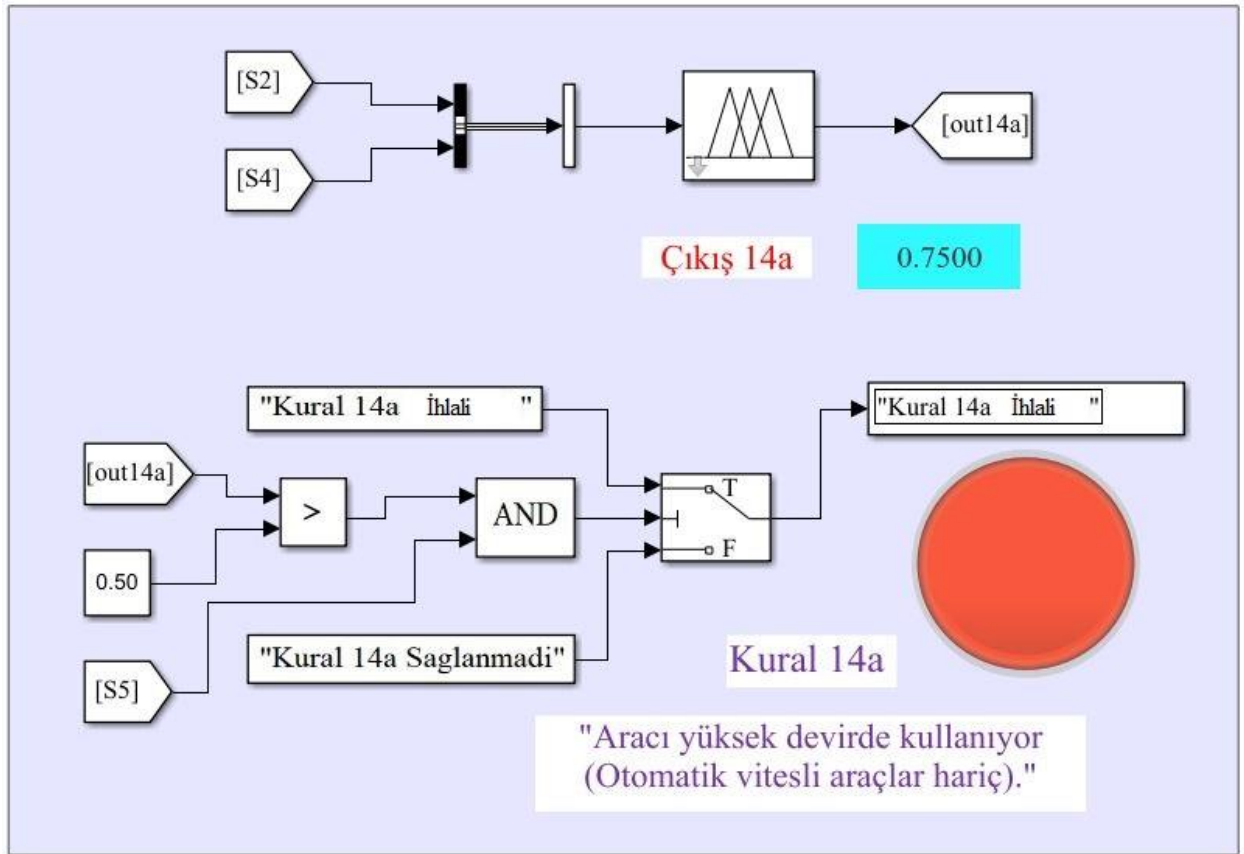
Şekil 3-79: Kural 8c simülasyon modeli

Kural 13e için S4, S6 ve S16 sensörlerinden alınan değerler 13e bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 13e'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-80'de verilmiştir.



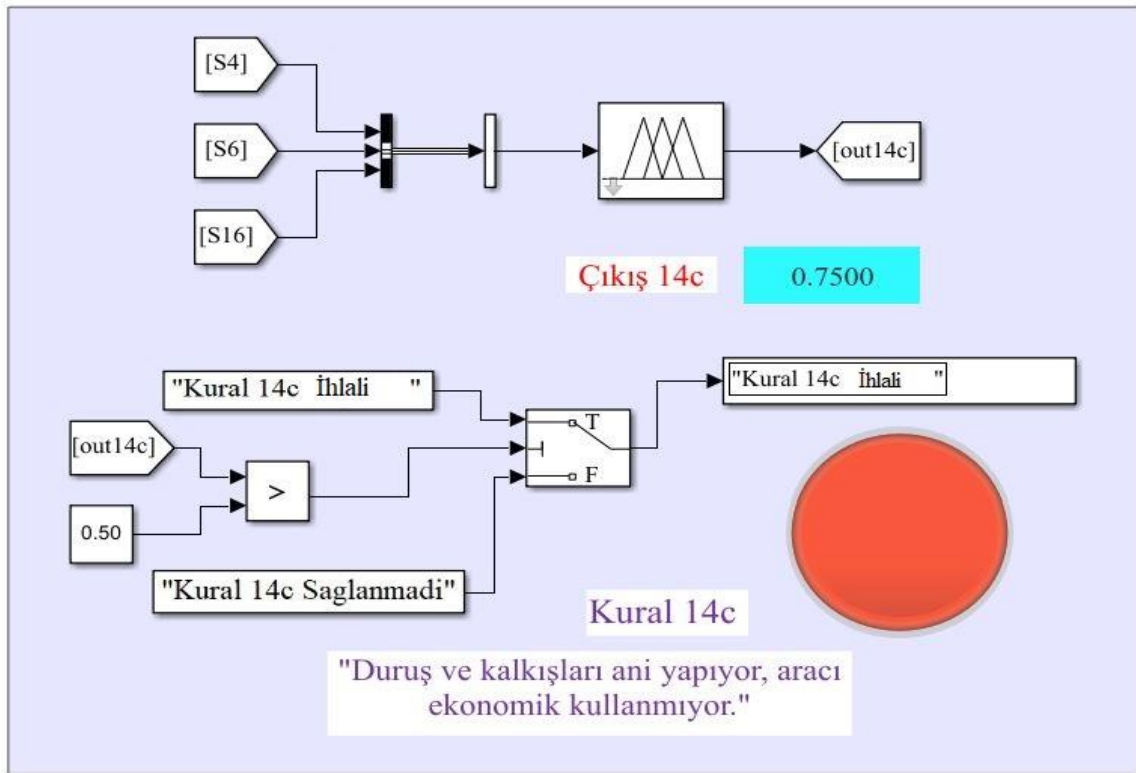
Şekil 3-80: Kural 13e simülasyon modeli

Kural 14a için S2 ve S4 sensörlerinden alınan değerler 14a bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 14a'ya ait simülasyon modeli Şekil 3-81'de verilmiştir.



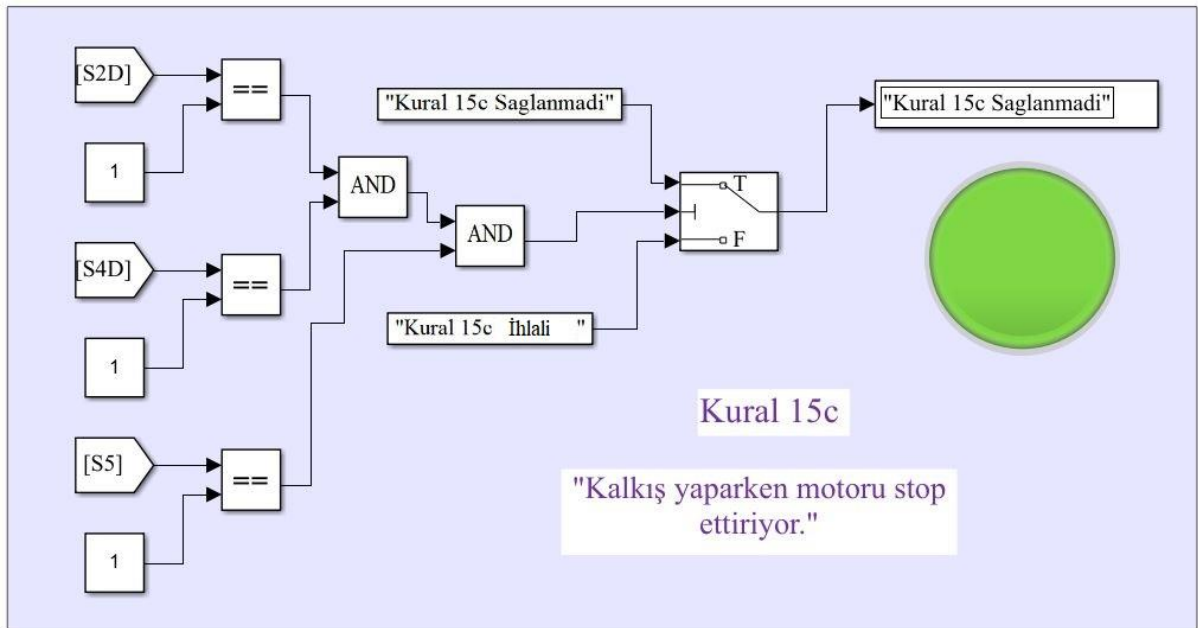
Şekil 3-81: Kural 14a simülasyon modeli

Kural 14c için S4, S6 ve S16 sensörlerinden alınan değerler 14c bulanık mantık blok diyagramından geçirilerek sonuç değeri yansıtılır. Sonuç değeri ile aynı zamanda lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz sağlanmıştır. Kural 14c'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-82'de verilmiştir.



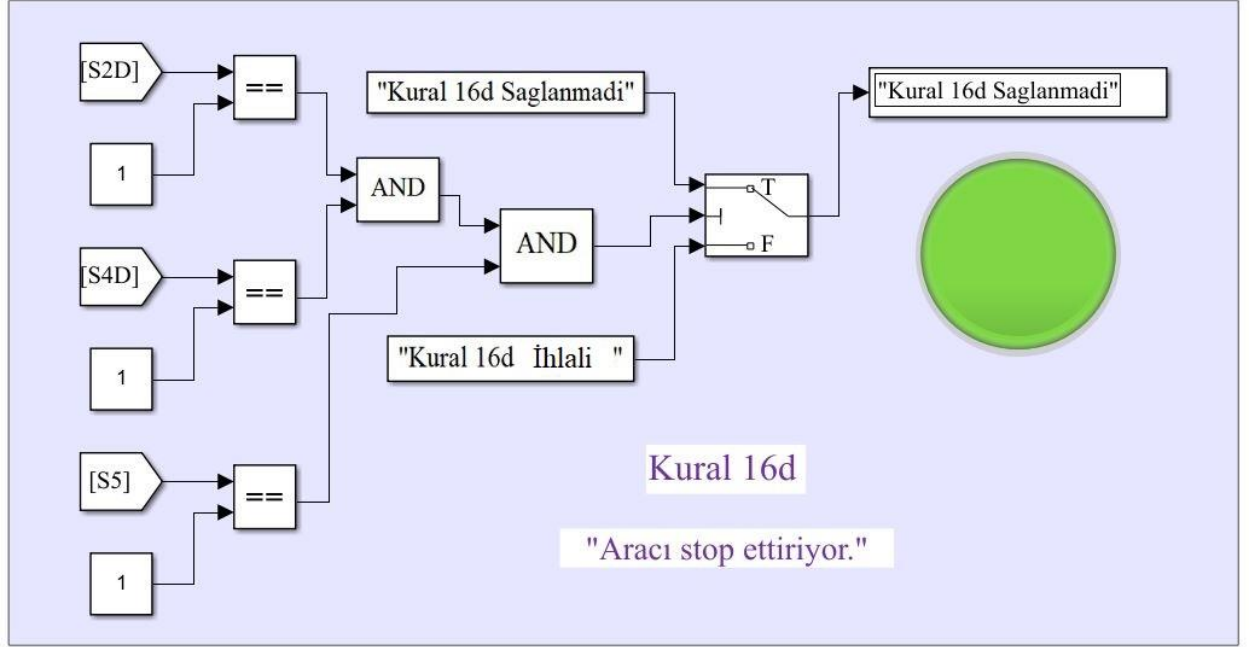
Şekil 3-82: Kural 14c simülasyon modeli

Kural 15c için S2, S4 ve S5 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 15c'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-83'te verilmiştir.

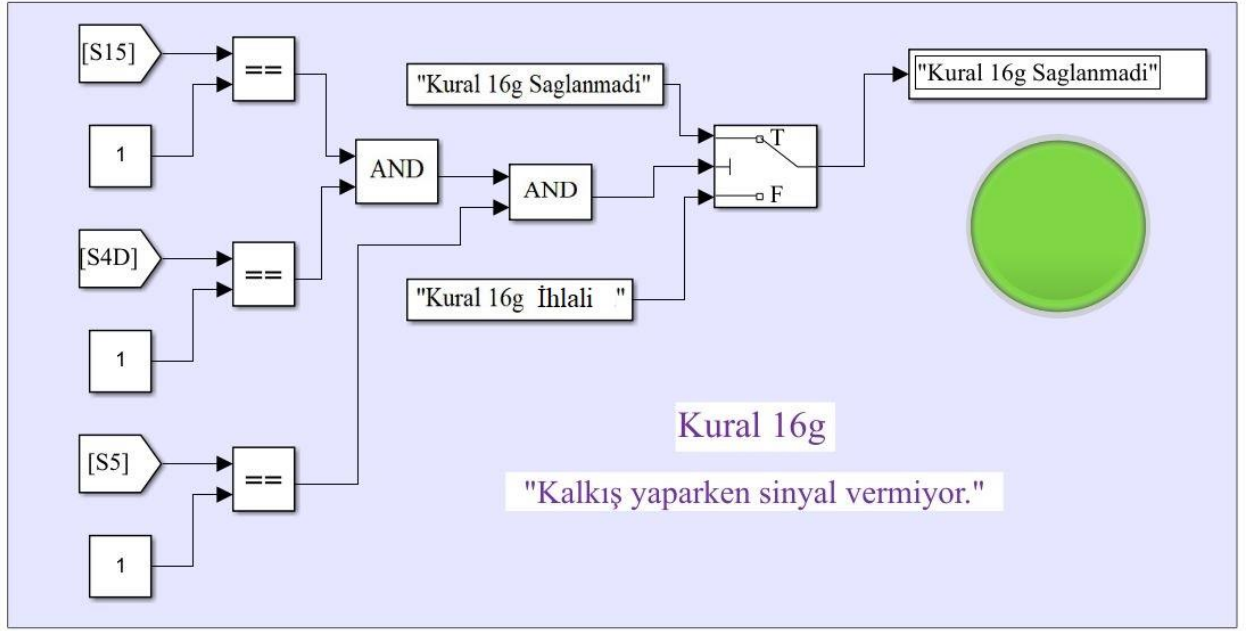


Şekil 3-83: Kural 15c simülasyon modeli

Kural 16d için S2, S4 ve S5 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 16d'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-84'te verilmiştir.

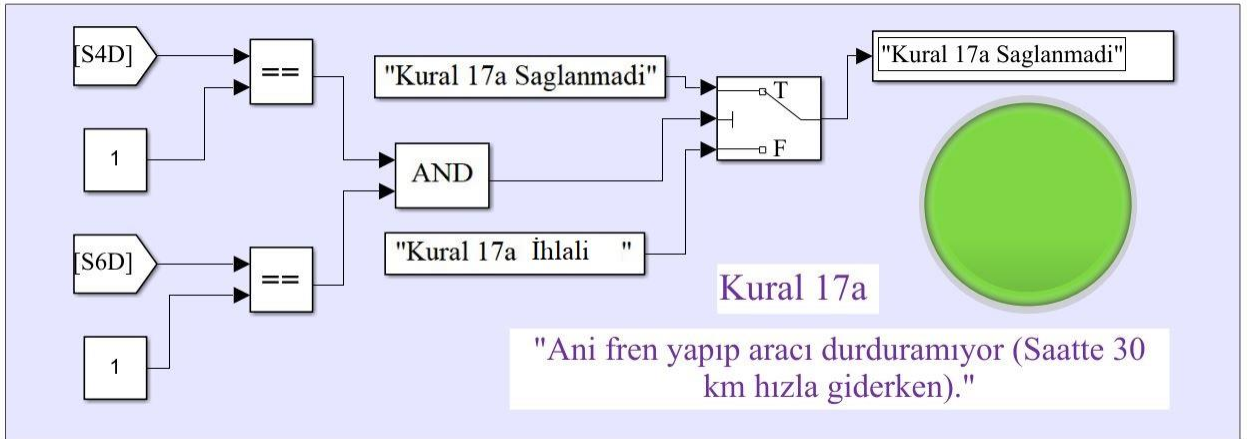


Kural 16g için S4, S5 ve S15 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 16g'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-85'te verilmiştir.



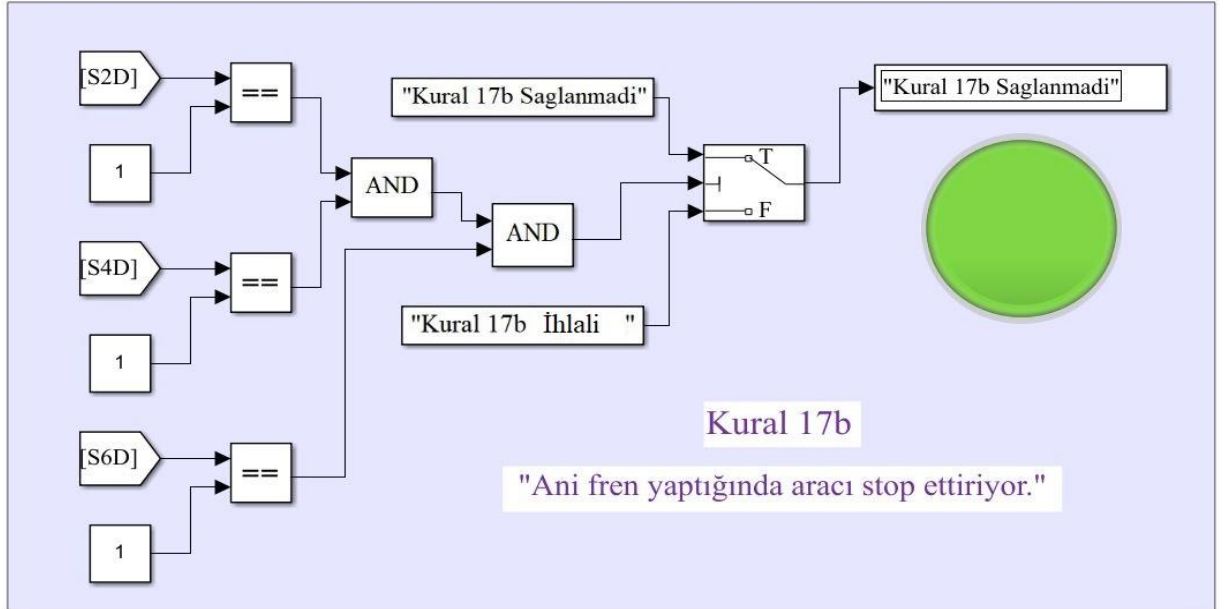
Şekil 3-85: Kural 16g simülasyon modeli

Kural 17a için S4 ve S6 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 17a'ya ait simülasyon modeli Şekil 3-86'da verilmiştir.

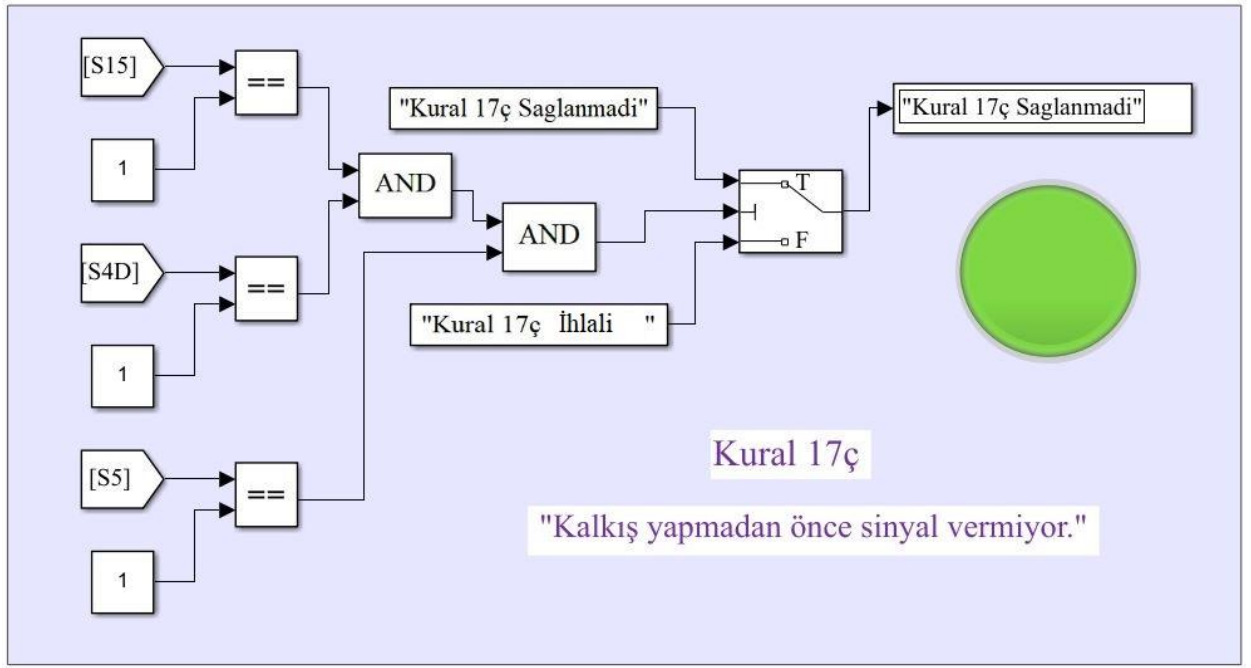


Şekil 3-86: Kural 17a simülasyon modeli

Kural 17b için S2, S4 ve S6 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 17b'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-87'de verilmiştir.

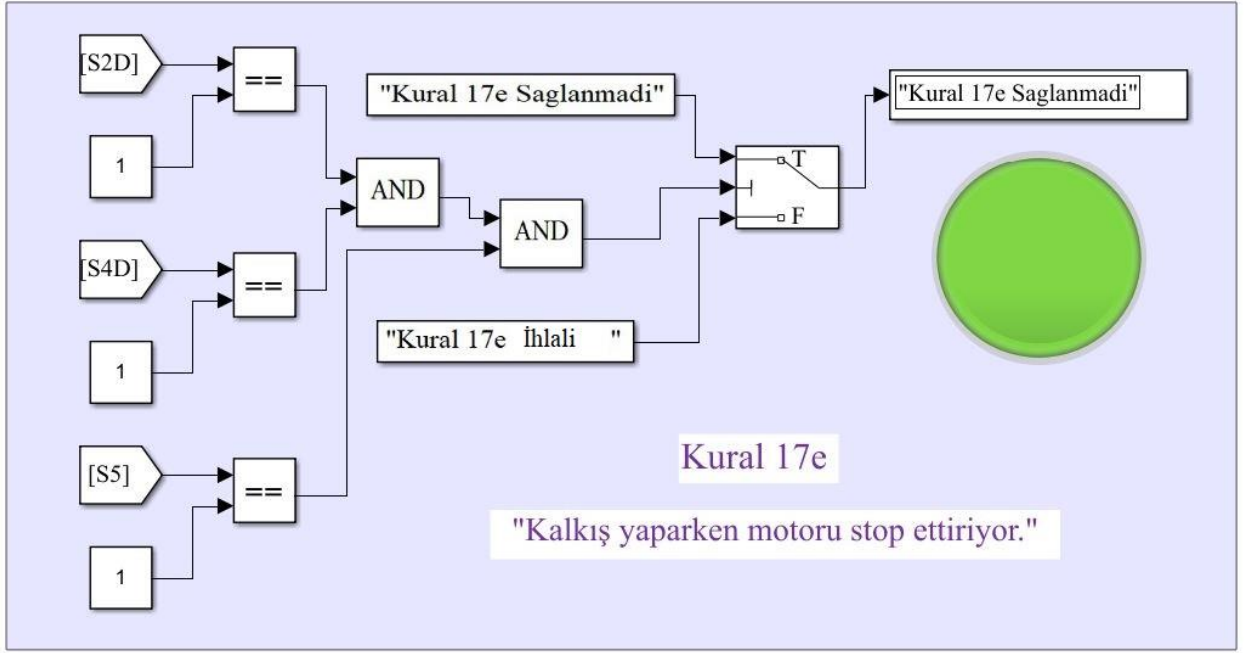


Kural 17ç için S4, S5 ve S15 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 17ç'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-88'de verilmiştir.



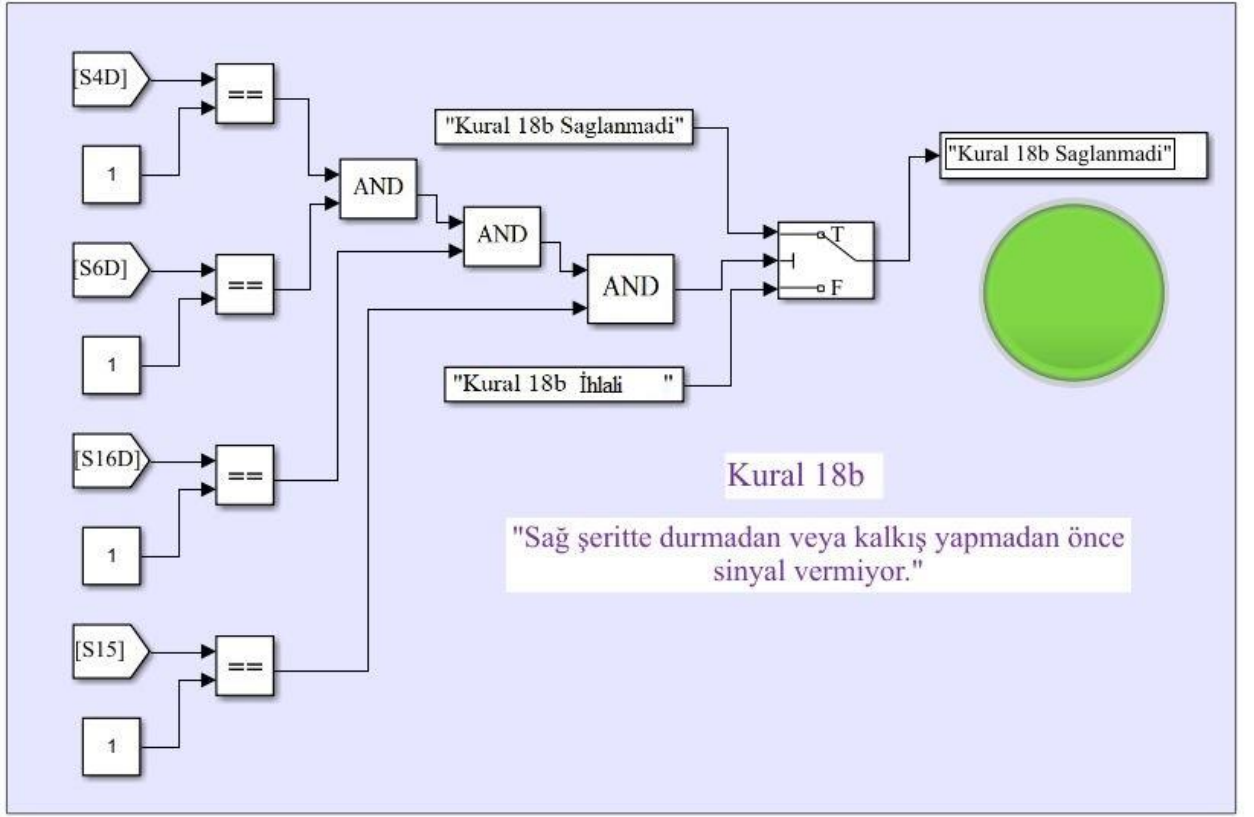
Şekil 3-88: Kural 17ç simülasyon modeli

Kural 17e için S2, S4 ve S5 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 17e'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-89'da verilmiştir.



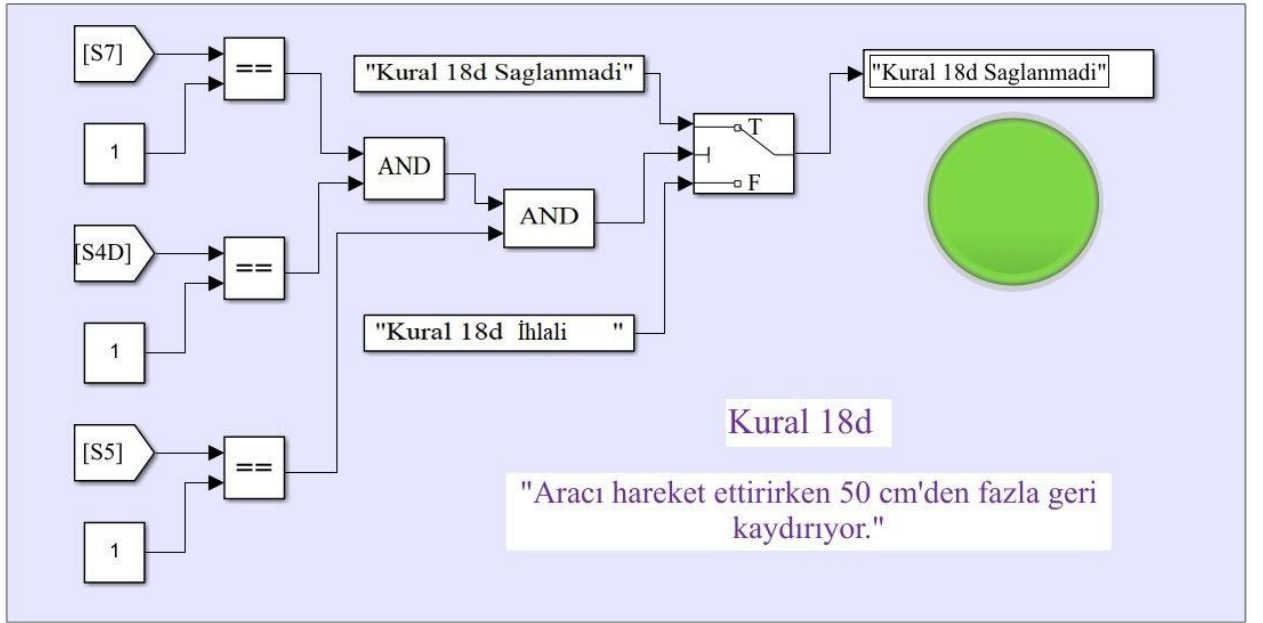
Şekil 3-89: Kural 17e simülasyon modeli

Kural 18b için S4, S6, S15 ve S16 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 18b'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-90'da verilmiştir.



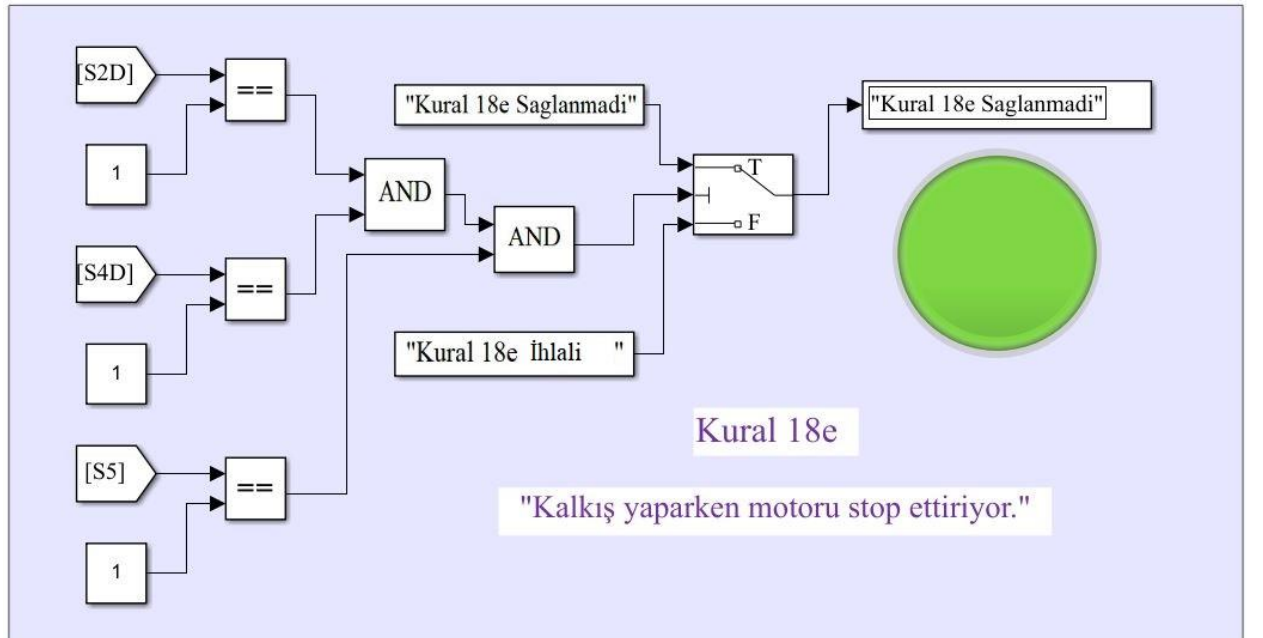
Şekil 3-90: Kural 18b simülasyon modeli

Kural 18d için S4, S5 ve S7 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 18d'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-91'de verilmiştir.



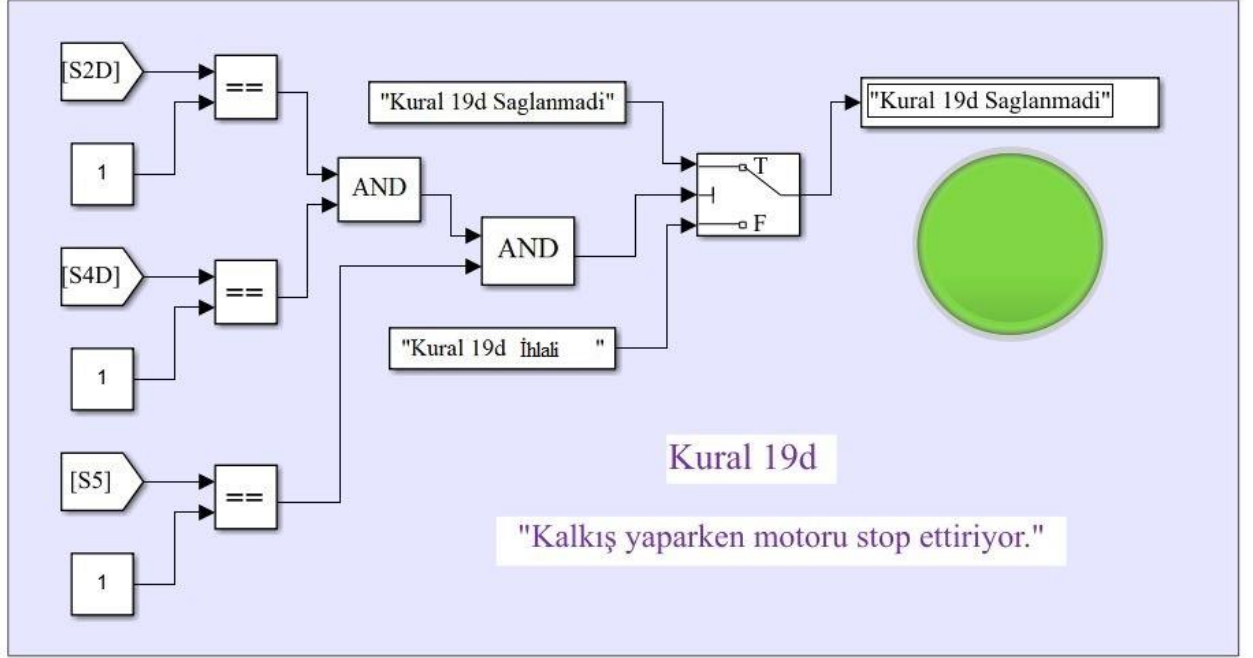
Şekil 3-91: Kural 18d simülasyon modeli

Kural 18e için S2, S4 ve S5 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 18e'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-92'de verilmiştir.



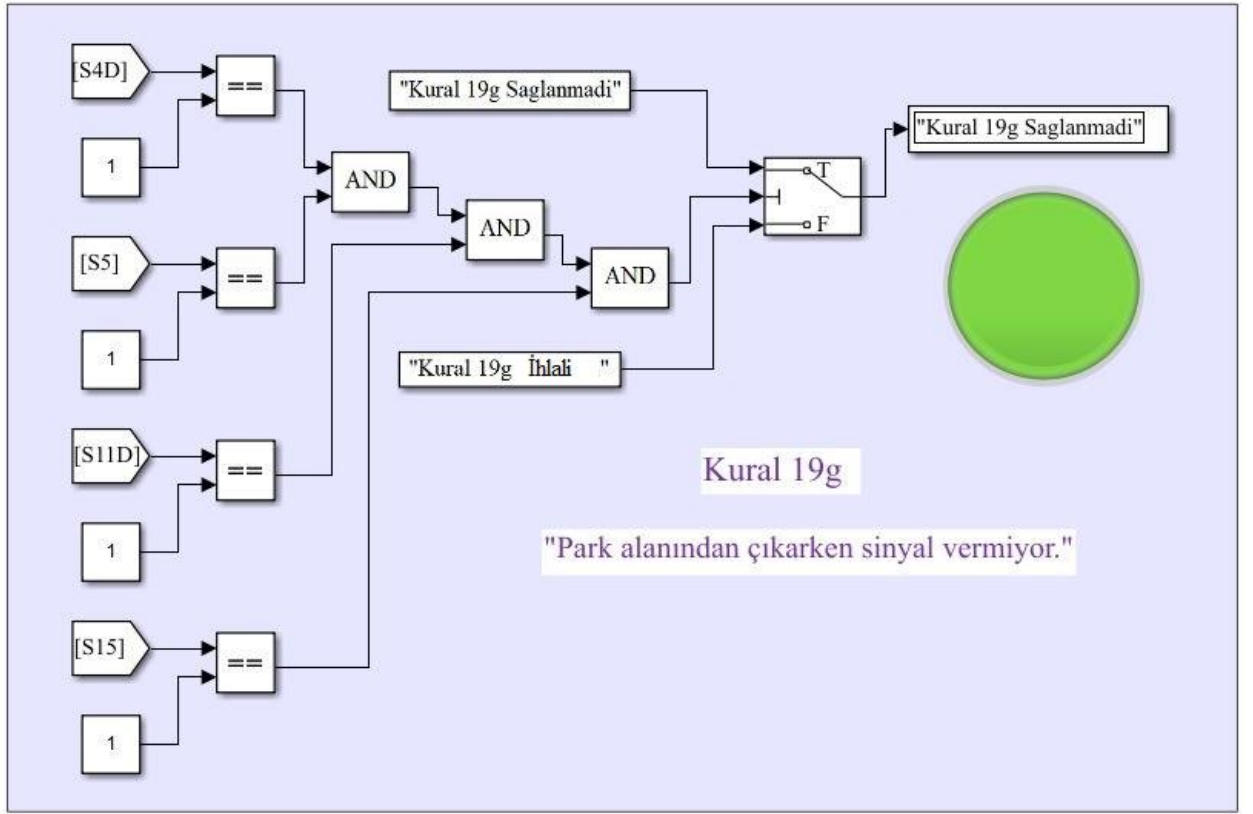
Şekil 3-92: Kural 18e simülasyon modeli

Kural 19d için S2, S4 ve S5 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 19d'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-93'te verilmiştir.



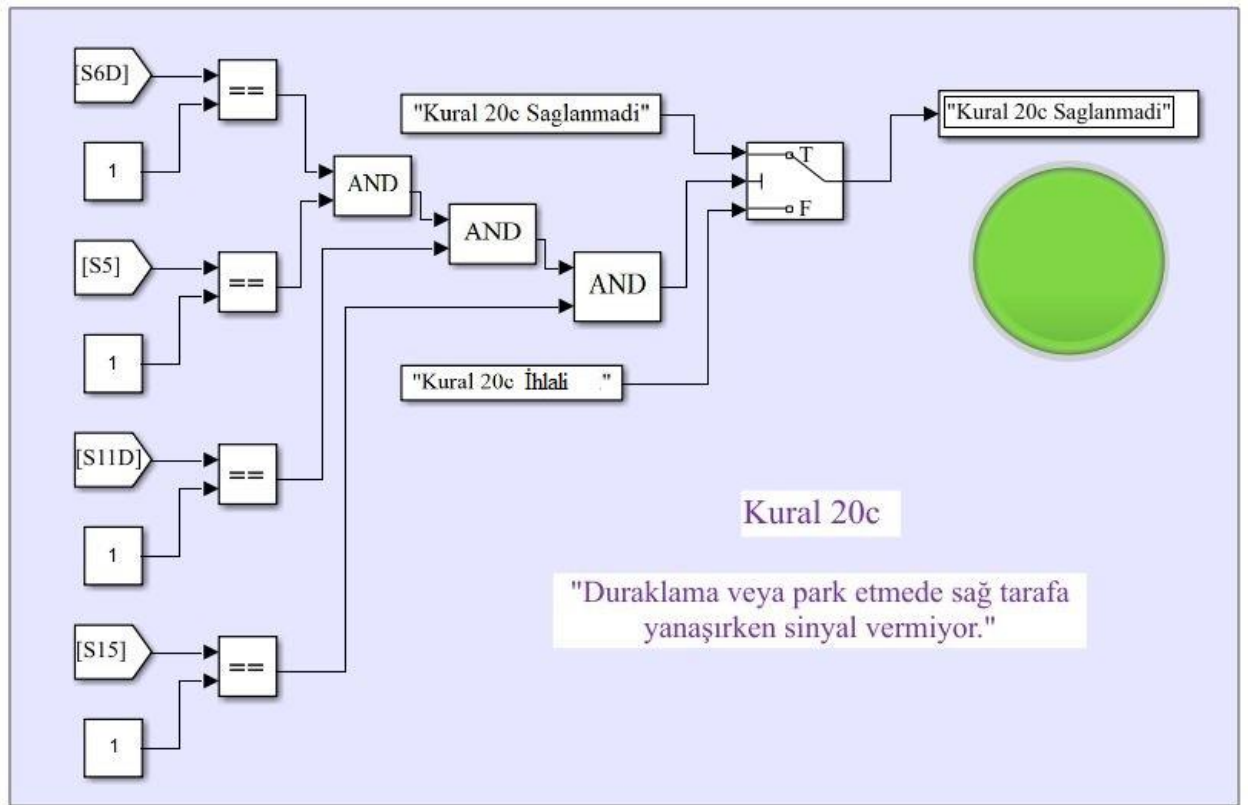
Şekil 3-93: Kural 19d simülasyon modeli

Kural 19g için S4, S5, S11 ve S15 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 19g'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-94'te verilmiştir.



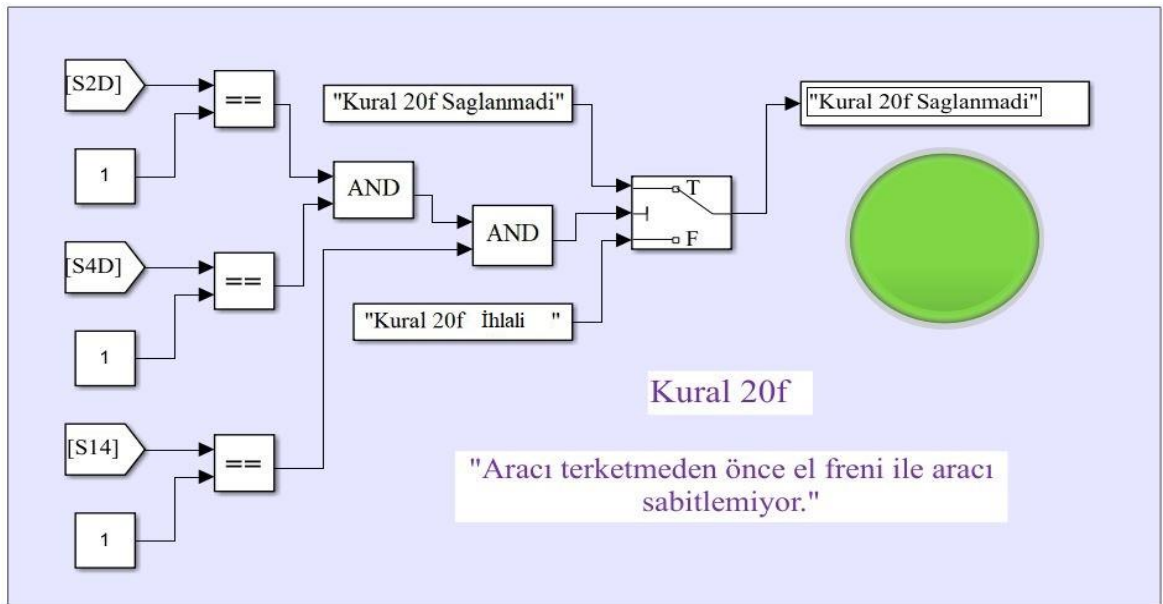
Şekil 3-94: Kural 19g simülasyon modeli

Kural 20c için S5, S6, S11 ve S15 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 20c'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-95'te verilmiştir.



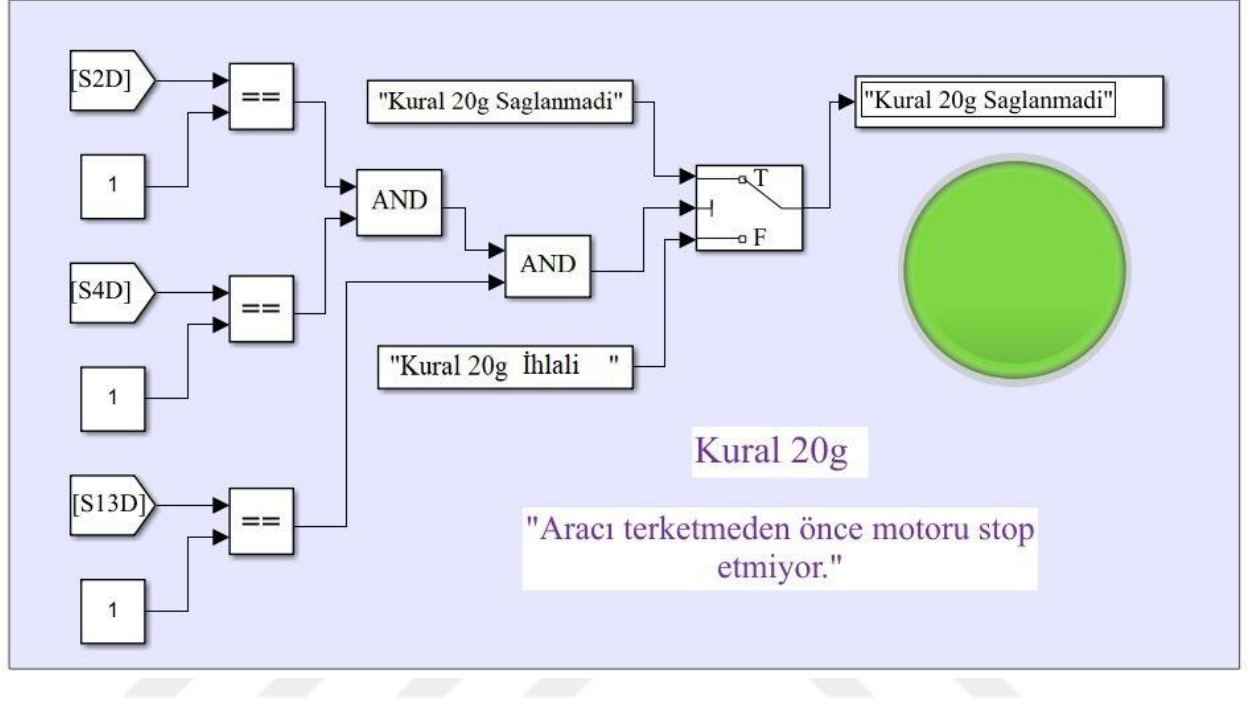
Şekil 3-95: Kural 20c simülasyon modeli

Kural 20f için S2, S4 ve S14 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 20f'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-96'da verilmiştir.



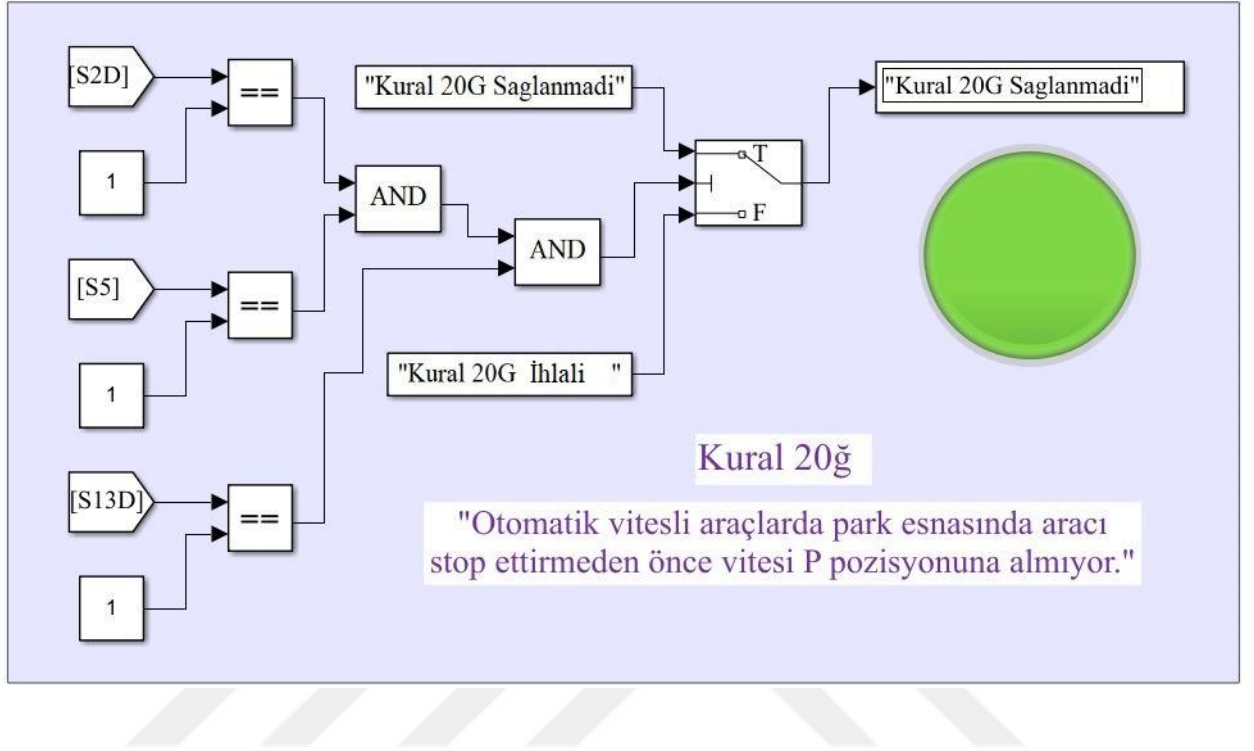
Şekil 3-96: Kural 20f simülasyon modeli

Kural 20g için S2, S4 ve S13 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 20g'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-97'de verilmiştir.



Şekil 3-97: Kural 20g simülasyon modeli

Kural 20ğ için S2, S5 ve S13 sensörlerinden alınan değerler neticesinde gerekli şartın sağlanıp sağlanmadığı lojik kapı blok diyagramları kullanılarak LED ve LCD ekran aracılığıyla ikaz yapılmıştır. Kural 20ğ'ye ait simülasyon modeli Şekil 3-98'de verilmiştir.



Şekil 3-98: Kural 20ğ simülasyon modeli

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada öncelikle insan hayatında sorun teşkil eden trafik kavramının ulaşım, sanayi, insan, çevre ve teknoloji gibi önemli fonksiyonları incelenmiş, bu fonksiyonlardan yaşam şartlarını olumlu ve olumsuz etkileyen faktörler ele alınmıştır. Olumsuz faktörler incelendiğinde en önemli etken olarak trafik kazaları ve bu kazaların çevrede yarattığı kötü sonuçlar ele alınmıştır. Trafik kazalarının istatistiksel olarak sebep-sonuç verileri incelendiğinde büyük oranda sürücü kaynaklı hatalardan oluştuğu görülmektedir. Sürücü kaynaklı hataları en aza indirmek veya önüne geçebilmek adına endüstride yapılan çalışmalar ve taşıt teknolojisinde yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Bu araştırma neticesinde hem çevresel faktörler hem de teknolojik alanda yapılan çalışmaların ilerleyişi göz önünde bulundurulduğunda sürücü kaynaklı hataları en aza indirmek için harici bir sürücü denetim sisteminin tasarlanması ihtiyaç olarak öngörülmüştür.

Tasarlanmak istenen sistemde araç teknolojileri incelenerek trafikte aktif olarak kullanılan ve denetimi yapılması gereken bütün farklı türdeki araçlar için ortak paydada bir denetim sistemi oluşturulmuştur. İstatistiksel verilerden faydalanarak trafikte en çok otomobil sınıfında bulunan araçların trafik kazalarına sebep olduğu ayrıca, en fazla ehliyet sahibi sürücünün otomobil sınıfında (B sınıfı) bulunmasından kaynaklı olarak otomobil sınıfında bir araç kullanan sürücülerin denetimi için tasarım gerçekleştirilmiştir. Literatüre katkı açısından ilerleyen çalışmalarda farklı araç sınıflarına yönelik veya genel bir denetim sistemi ortaya koyabilmek adına ortam oluşturulması da hedeflenmiştir.

Denetim sisteminin oluşturulabilmesi için öncelikle yapılacak denetimin kurallarının belirlenmesi gereklidir. Standartlara uygun bir denetim sisteminin oluşturulabilmesi adına öncelikle MEB tarafından ülkemizde sürücü belgesi almak için yapılan sınav temel alınmıştır. Bu sınavda trafikte sürücü davranışlarını değerlendirmek için kullanılan değerlendirme formu kuralları incelenmiş ve oluşturulacak denetim sisteminde kullanılması uygun görülmüştür. Uygun görülmesindeki en önemli temel neden kuralların uygulanabilir olması ve tüm sürücü sınıflarına hitap edebilecek yönergelerin bulunmasıdır. Belirlenen kuralların uygulanabilirliğini denetlemek amacıyla araçlarda kullanılan teknolojik sistemler incelenmiştir. Yapılan inceleme neticesinde kuralların denetimi için sensör ve algılayıcı sistemler kullanılarak denetim yapılmasında karar kılınmıştır. Bunun sebebi günümüzde her aracın denetim yapılacak donanıma sahip olmamasından kaynaklanmaktadır. Otonom araç olan veya otonom araç olmayan her sınıftaki araca uygun bir denetim sistemi temeli atmak ve sistemin geliştirilebilir olması hedeflenerek uygun bir çalışma

gerçekleştirilmiştir. Bu sebepten ötürü, denetim sisteminin verilerini oluşturabilmek için standart bir otomobilde bulunan sensör ve algılayıcı sistemler belirlenerek bu sistemlerin veri girişi olarak kullanılabilme durumu incelenmiştir. İncelenen sensör sistemlerinden kurallar ile denetime uygun olanları belirlenerek kural-sensör eşleştirmesi yapılmış, sistem temeli hazırlanmıştır. Yapılan eşleştirme sonucunda denetim sisteminin karar mekanizmasını oluşturan kurallar belirlenerek liste oluşturulmuştur. Sınav değerlendirme formunda bulunan tüm kurallar oluşturulan denetim sistemine dahil edilmemiştir. Çünkü oluşturulan denetim sisteminde hem maliyet unsuru hem de günümüz trafiğinde bulunan araçların donanımsal yeterliliği göz önünde bulundurulmuştur.

Oluşturulan denetim sistemine ait kural mekanizmasında sensör ve algılayıcı sistemlerden alınan verilerin uygun yollarla işlenerek bir sonuca ve karara varılması beklenmektedir. Öncelikle sistemde bulunan sensör ve algılayıcılardan alınan veriler incelendiğinde, analog ve dijital olmak üzere iki farklı sinyal türü elde edilmektedir. Yapılan literatür araştırmalarında bu iki tür verinin incelenebilmesi ve bir karar destek sisteminin oluşturulabilmesi adına klasik ve bulanık mantık metotlarının kullanılması uygun görülmüştür. Bu metotların oluşturulan kurallar ile uyumunu denetlemek ve sonuç verilerini gözlemlemek için MATLAB adlı uygulama tercih edilmiştir. Bunun sebebi klasik mantık kurallarının denetimi için SİMULİNK adlı simülasyon platformunun kullanılabilmesi ve bulanık mantık kurallarının denetimi için Fuzzy Logic Toolbox platformunun bulunmasıdır. Fuzzy Logic Toolbox platformunun görsel tasarım derleyicisini kullanmak yerine komut satırında kod bloğu derleyicisi kullanarak bulanık mantık kuralları tasarlanmıştır. Böylece tasarımın her adımında yapılan çalışmalar ve sistemin gereksinimleri belirlenerek ilerleme sağlanmıştır. Ayrıca oluşturulan her bulanık mantık sistemi kuralının vermesi gereken tepki ve sensör giriş verilerinin kural üzerindeki etkileri grafiksel olarak incelenmiştir. Belirlenen denetim kurallarının sistem sensör verileri ile bir sonuca varabilmesi için gerekli simülasyon sistemi yine SİMULİNK adlı platformda oluşturulmuştur. Oluşturulan simülasyonda her kural için belirlenen sensör giriş verileri neticesinde oluşan sonuç değerleri bir karara bağlanmış ve sürücü ikazına gerek duyulan durumlarda ikaz gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak sürücünün denetlenmesinde karar vermeyi klasik ve bulanık mantıkla çözebilen bir sistemin kavramsal yapısı ve karmaşık olan tasarım modeli ortaya konmuştur. Gelecek çalışmalarda sistemin donanımsal tasarımı ve üretimi üzerinde çalışılabilecektir. Çalışmadaki sonuçlar belirli bir sınıfa ait araçlar için olsa da kurallar üzerinde düzenlemeler yapılarak sistem farklı araç türlerine uygun hale getirilebilir. Ayrıca sistem elektrikli ve yarı otonom araçlara uygun olarak da düzenlenebilir ve bu uyarlamalar ilk tasarımdan daha basit

olacaktır. Denetim sisteminin tam modeli 0/1 çıkışlı sensör verilerinin klasik mantıkla değerlendirmesi sonucunda tamamlanabilmektedir ancak bu daha basit bir mühendislik çözümüdür. Bulanık mantık modeli ise problemin orijinalliği açısından çözümü karmaşık bir süreç içerdiğinden çalışmada daha çok üzerinde durulmuştur. Yapılan modellemenin bir donanımda uygulanması ile bir sürücü ikaz ve değerlendirme sistemi oluşturularak etkileşimli bir sürücü denetim sistemi gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte sürücünün direksiyon sınavı öncesinde kendini test etmesi denetim sistemi ile mümkün olmaktadır. Denetim sistemi, donanımlı araçlarla yapılacak direksiyon uygulama sınavlarının daha objektif olabileceği öngörülmektedir. Eğitim sonrası trafikte denetim sistemi kullanımı ise sürüş ezberlemenin engellenmesini sağlayacağı öngörülmektedir. Gelecekte otonom olmayan araçların kullanımının azalması söz konusu olsa da at biniciliğinin bir spor olması gibi araba sürmenin de özel alanlarda yapılan bir spor olması mümkündür. Denetim sistemi, gelecekte insanların daha hızlı ve kendi kendilerine sürücülük öğrenebilmelerine de olanak tanıyacak sistemlere önyak olacak niteliktedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Özen A. ve Onural, A. (2001). Egzoz Emisyon Sistemlerinin Neden Olduğu Çevre Kirliliği, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, c. 7, ss. 107-112.
- [2] Karaoğlu, R. (2019). Motorlu Kara Taşıtlarında Meydana Gelen Maddi Hasarlı Trafik Kazalarının Ülke Ekonomisine Etkisi, Master's Thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi.
- [3] "TÜİK - Veri Portalı". <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulastirma-ve-haberlesme-112&dil=1> (Erişim Tarihi: 24 Ekim 2021).
- [4] "Emniyet Genel Müdürlüğü - İstatistikler". <http://trafik.gov.tr/istatistikler37> (Erişim Tarihi: 01 Kasım 2021).
- [5] GÖKAŞAR, İ. ve Dünder, S. (2018). Sürücüsüz taşıtların trafik akım hızına etkisinin yapay sinir ağları ile incelenmesi, Akıllı Ulaşım Sist. Ve Uygulamaları Derg., c. 1, sy 2, ss. 56-71.
- [6] Yiğit, E., Oner, A. E. ve Yöntem O. (Kas. 2020). Otonom Araçların Otomotiv Sektörüne Etkileri ve Beraberinde Getirdiği Yenilikler, Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg., ss. 181-186, doi: 10.31590/ejosat.820722.
- [7] Kinikoğlu, B. (May. 2021) Otonom Araçların Neden Olduğu Kazalardaki Hukuki Sorumluluk Rejimi, Adalet Derg., sy 66, Art. sy 66.
- [8] Hoeger R. vd. (2008). Highly Automated Vehicles For Intelligent Transport: HAVEit Approach.
- [9] Milakis, D., Van Arem, B. ve Van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research, J. Intell. Transp. Syst., c. 21, sy 4, ss. 324-348.
- [10] Abraham, Z. Z. M. (2015). Identifying the optimal highway driving conditions for the integration of manned and autonomous vehicles, PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- [11] Gökaşar, İ. (2016). Şerit Kontrol Sistemleri: D 100 Karayolu, İstanbul Örneği. İMO Teknik Dergi, 134, 7635-7657.
- [12] Tektaş, M., & Tektaş, N. (2019). Akıllı ulaşım sistemleri (AUS) uygulamalarının sektörlere göre dağılımı. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 2(1), 32-41.
- [13] Caldo, R. B. (2015, March). Fuzzy logic derivation and simulation of a three-variable solar water heater using matlab fuzzy logic toolbox. In Proceedings of the November 2013 IEEE International Conference.

- [14] Ahmed, N. (2013). Fuzzy logic control using Matlab part I. Khwarzimid Science Society at the University of Lahore, FASTNUCES, Lahore, 1-5.
- [15] Çelik, Ş. (2021). Fuzzy Logic Application with MATLAB: Estimating Egg Consumption. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, 9(2), 49-56.
- [16] Raj, K. D. S., & Tattikota, G. (2013). Design of fuzzy logic controller for auto landing applications. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(5), 9.
- [17] Işıklı, Ş. (2008). Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*, 19, 105-126.
- [18] Beşli, N. (1994). Fuzzy (bulanık) kontrol sistemlerinin tasarımı (Master's thesis, Uludağ Üniversitesi).
- [19] Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80-85.
- [20] Sinha, N. K., Gupta, M. M., Gupta, M., & Sinha, N. (1996). Toward intelligent machines. *Intelligent Control Systems. Theory and Applications*, 804-807.
- [21] Liu, C. C., Pierce, D. A., & Song, H. (1997). Intelligent system applications to power systems. *IEEE Computer Applications in power*, 10(4), 21-22, doi: 10.1109/67.625369.
- [22] Hamam, A., & Georganas, N. D. (2008, October). A comparison of Mamdani and Sugeno fuzzy inference systems for evaluating the quality of experience of Hapto-Audio-Visual applications. In *2008 IEEE International Workshop on Haptic Audio visual Environments and Games* (pp. 87-92). IEEE.
- [23] A. Kaur ve A. Kaur, "Comparison of mamdani-type and sugeno-type fuzzy inference systems for air conditioning system", *Int. J. Soft Comput. Eng. IJSCE*, c. 2, sy 2, ss. 323-325, 2012.
- [24] Saepullah, A., & Wahono, R. S. (2015). Comparative analysis of mamdani, sugeno and tsukamoto method of fuzzy inference system for air conditioner energy saving. *Journal of Intelligent Systems*, 1(2), 143-147.
- [25] Rahim, R. (2017, December). Comparative analysis of membership function on Mamdani fuzzy inference system for decision making. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 930, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.
- [26] Hernández-Julio, Y. F., Prieto-Guevara, M. J., Nieto-Bernal, W., Meriño-Fuentes, I., & Guerrero-Avendaño, A. (2019). Framework for the development of data-driven Mamdani-type fuzzy clinical decision support systems. *Diagnostics*, 9(2), 52.
- [27] Zadeh, L. A., Klir, G. J., & Yuan, B. (1996). Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers (Vol. 6). World Scientific, ss. 394-432. doi: 10.1142/9789814261302_0021.

- [28] Assilian, S., & Mamdani, E. H. (1973). A fuzzy logic controller for a dynamic plant. Queen Mary College.
- [29] Yatak, M. Ö., & Şahin, F. (2021). Ride Comfort-Road Holding Trade-off Improvement of Full Vehicle Active Suspension System by Interval Type-2 Fuzzy Control. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24(1), 259-270, doi: 10.1016/j.jestch.2020.10.006.
- [30] Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, 7(1), 1-13.
- [31] “MathWorks - Fuzzy Logic Toolbox”. <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html> (Erişim Tarihi: 30 Eylül 2021).
- [32] “MathWorks - Build Fuzzy Systems Using Fuzzy Logic Designer - MATLAB & Simulink”. <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/building-systems-with-fuzzy-logic-toolbox-software.html> (Erişim Tarihi: 30 Eylül 2021).
- [33] “MathWorks - Build Fuzzy Systems at the Command Line - MATLAB & Simulink”. <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/working-from-the-command-line.html> (Erişim Tarihi: 30 Eylül 2021).
- [34] Kim, B. W., & Jung, S. Y. (2016, May). Vehicle positioning scheme using v2v and v2i visible light communications. In *2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)* (pp. 1-5). IEEE. doi: 10.1109/VTCSpring.2016.7504526.
- [35] Inallu, A. T. (2014). Şerit Takip Sistemi Merkezli Direksiyon Üzerinde Kuvvet Geribesleme Sistemi Tasarımı Ve Sürüş Simülatörüne Uygulanması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [36] Altay, İ. (2015). Akıllı Araçlar Kapsamında İleri Sürüş Destek Sistemlerinde Sensör Füzyonu (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [37] Jameel, F., Javed, M. A., & Ngo, D. T. (2019). Performance analysis of cooperative V2V and V2I communications under correlated fading. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(8), 3476-3484, doi: 10.1109/TITS.2019.2929825.
- [38] Gürtaş, S. (2020). Otonom araç sürüş destek sistemleri ve yapay zeka uygulamaları (Master's thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi).
- [39] Alalewi, A., Dayoub, I., & Cherkaoui, S. (2021). On 5G-V2X use cases and enabling technologies: a comprehensive survey. *IEEE Access*, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3100472.
- [40] Özbay, H., Közkurt, C., DALCALI, A., & Tektaş, M. (2017). Geleceğin ulaşım tercihi: Elektrikli araçlar. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3(1), 34-50.

- [41] Tektaş, M., Korkmaz, K., & Erdal, H. (2016). Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geleceği (Ekonomik Ve Çevresel Faydaları. Balkan Sosyal Bilimler Dergisi, 561-577.
- [42] Gökozan, H., & Taştan, M. (2018). Akıllı taşıtlar ve kontrol sistemleri. Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 7(2), 58-62.
- [43] "Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü - e-Kitap - MTSK Uygulama Sınav Kılavuzu ". <http://ookgm.meb.gov.tr/www/e-kitap/icerik/1186> (Erişim Tarihi: 26 Aralık 2021).
- [44] HATİPOĞLU, S. Sürücü Kursları Direksiyon Eğitimi Sınav Değerlendirme Ölçütlerinin Pareto Analizi Yöntemi ile İncelenmesi. Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi, 3(2), 121-132, doi: 10.38002/tuad.738134.
- [45] Taşcı, U. (2016). Güvenlik amaçlı Gözetim Aracı olarak Türkiye’de Mobese ve eleştiriler. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(02), 159-189.
- [46] Yenginer, H., Canbaz, Ç., Keser, S. Ü., & Korkmaz, H. Kontrast Algılayıcısı Kullanılarak Fpga Tabanlı Şeritten Ayrılma Uyarı Sistemi. İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 4(13), 11-22.
- [47] “Fuzzy logic based leanness assessment and its decision support system: International Journal of Production Research: Vol 49, No 13”. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2010.492408> (Erişim Tarihi: 17 Ocak 2022).
- [48] Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic. Computer, 21(4), 83-93, doi: 10.1109/2.53.
- [49] “MathWorks - Perform specified logical operation on input - Simulink”. <https://www.mathworks.com/help/simulink/slref/logicaloperator.html> (Erişim Tarihi: 01 Kasım 2021).
- [50] Tiryaki, A. E., & Kazan, R. (2007). Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi. Mühendis ve Makine, 48(565), 3-8.
- [51] Kişi, Ö., KARAHAN, M. E., & Şen, Z. (2010). Nehirlerdeki askı maddesi miktarının bulanık mantık ile modellenmesi. İTÜDERGİSİ/d, 2(3).
- [52] Özmen, İ., & Közkurt, C. Design of Fuzzy Logic Supported Car Driver Control System. International Journal of Automotive Science And Technology, 5(3), 228-238, doi: 10.30939/ijastech..902139.
- [53] Singla, M. K., & Hans, S. (2018). Load forecasting using fuzzy logic tool box. Global Research and Development Journal for Engineering, 38, 12-19.

- [54] Altas, I. H., & Sharaf, A. M. (2007). A generalized direct approach for designing fuzzy logic controllers in Matlab/Simulink GUI environment. International journal of information technology and intelligent computing, 1(4), 1-27.
- [55] “MathWorks - Generate Fuzzy Inference System Output Surface” - <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/gensurf.html> (Erişim Tarihi: 15.02.2022)



6. EKLER

EK 1. Sürücü Denetim Sistemi Bulanık Mantık Kodları

Maddelerin bulanık mantıkla oluşturulması:

```
fis5c = mamfis('Name', 'fis5c');  
fis6e = mamfis('Name', 'fis6e');  
fis6g = mamfis('Name', 'fis6g');  
fis6h = mamfis('Name', 'fis6h');  
fis7b = mamfis('Name', 'fis7b');  
fis7c = mamfis('Name', 'fis7c');  
fis8b = mamfis('Name', 'fis8b');  
fis8c = mamfis('Name', 'fis8c');  
fis13e = mamfis('Name', 'fis13e');  
fis14a = mamfis('Name', 'fis14a');  
fis14c = mamfis('Name', 'fis14c');
```

Sensör 1 (S1) girişinin oluşturulması:

```
fis6e.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S1");
```

Sensör 2 (S2) girişinin oluşturulması:

```
fis6g.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S2");  
fis14a.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S2");
```

Sensör 3 (S3) girişinin oluşturulması:

```
fis5c.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S3");
```

Sensör 4 (S4) girişinin oluşturulması:

```
fis6e.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S4");  
fis6g.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S4");  
fis6h.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S4");  
fis7b.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S4");  
fis13e.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S4");  
fis14a.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S4");  
fis14c.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S4");
```

Sensör 6 (S6) girişinin oluşturulması:

```
fis13e.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S6");  
fis14c.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S6");
```

Sensör 8 (S8) girişinin oluşturulması:

```
fis6e.Inputs(3) = fisvar([0 1], 'Name', "S8");
```

Sensör 9 (S9) girişinin oluşturulması:

```
fis6h.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S9");  
fis7c.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S9");  
fis8b.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S9");  
fis8c.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S9");
```

Sensör 11 (S11) girişinin oluşturulması:

```
fis6h.Inputs(3) = fisvar([0 1], 'Name', "S11");  
fis7c.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S11");  
fis8b.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S11");  
fis8c.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S11");
```

Sensör 13 (S13) girişinin oluşturulması:

```
fis5c.Inputs(2) = fisvar([0 1], 'Name', "S13");
```

Sensör 16 (S16) girişinin oluşturulması:

```
fis7b.Inputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "S16");  
fis13e.Inputs(3) = fisvar([0 1], 'Name', "S16");  
fis14c.Inputs(3) = fisvar([0 1], 'Name', "S16");
```

S1 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low', 'high':

```
fis6e.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf", [0 0 0.6], ...  
    'Name', "low1");  
fis6e.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf", [0.4 1 1], ...  
    'Name', "high1");
```

S2 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low2', 'high2':

```
fis6g.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf", [0 0 0.6], ...  
    'Name', "low2");  
fis6g.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf", [0.4 1 1], ...
```

```

        'Name', "high2");
fis14a.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low2");
fis14a.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high2");

```

S3 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'short', 'long':

```

fis5c.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "short1");
fis5c.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "long1");

```

S4 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low', 'high':

```

fis6e.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low4");
fis6e.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high4");

```

```

fis6g.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low4");
fis6g.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high4");

```

```

fis6h.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low4");
fis6h.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high4");

```

```

fis7b.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low4");
fis7b.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high4");
fis13e.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low4");
fis13e.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...

```

```

        'Name', "high4");
fis14a.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low4");
fis14a.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high4");
fis14c.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low4");
fis14c.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high4");

```

S6 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low', 'high':

```

fis13e.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low6");
fis13e.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high6");
fis14c.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "short6");
fis14c.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "long6");

```

S8 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low', 'high':

```

fis6e.Inputs(3).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low8");
fis6e.Inputs(3).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high8");

```

S9 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low', 'high':

```

fis6h.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low9");
fis6h.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high9");
fis7c.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low9");
fis7c.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high9");
fis8b.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low9");
fis8b.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...

```

```

        'Name', "high9");
fis8c.Inputs(1).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low9");
fis8c.Inputs(1).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high9");

```

S11 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low', 'high':

```

fis6h.Inputs(3).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low11");
fis6h.Inputs(3).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high11");
fis7c.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low11");
fis7c.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high11");
fis8b.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low11");
fis8b.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high11");
fis8c.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low11");
fis8c.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high11");

```

S13 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'short', 'long':

```

fis5c.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "short13");
fis5c.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "long13");

```

S16 girişine ait üyelik fonksiyonları, 'low16', 'high16':

```

fis7b.Inputs(2).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low16");
fis7b.Inputs(2).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "high16");
fis13e.Inputs(3).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "low16");
fis13e.Inputs(3).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...

```

```

        'Name', "high16");
fis14c.Inputs(3).MembershipFunctions(1) = fismf("trimf",[0 0 0.6],...
        'Name', "short16");
fis14c.Inputs(3).MembershipFunctions(2) = fismf("trimf",[0.4 1 1],...
        'Name', "long16");

```

5c maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis5c.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "5c");

```

6e maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis6e.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "6e");

```

6ğ maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis6g.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "6g");

```

6h maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis6h.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "6h");

```

7b maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis7b.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "7b");

```

7ç maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis7c.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "7c");

```

8b maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis8b.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "8b");

```

8c maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis8c.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "8c");

```

13e maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis13e.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "13e");

```

14a maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis14a.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "14a");

```

14c maddesi için çıkışın oluşturulması:

```

fis14c.Outputs(1) = fisvar([0 1], 'Name', "14c");

```

5c çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf1 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "running5c");  
mf2 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "enforcing5c");  
fis5c.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf1 mf2];
```

6e çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf3 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "not_shaking6e");  
mf4 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "shaking6e");  
fis6e.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf3 mf4];
```

6ğ çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf5 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "controlled_take_off_6g");  
mf6 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "controlled_start_could_not_be_done_6g");  
fis6g.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf5 mf6];
```

6h çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf7 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "Positioned_On_The_Ribbon_6h");  
mf8 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "Could_Not_Position_On_The_Ribbon_6h");  
fis6h.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf7 mf8];
```

7b çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf9 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "Accelerator_Used_Correctly_7b");  
mf10 = fismf("trimf",[0.5 0.75  
1], 'Name', "Accelerator_Pedal_Not_Used_Correctly_7b");  
fis7b.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf9 mf10];
```

7ç çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf11 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "Vehicle_Control_Provided_7c");  
mf12 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "Vehicle_Control_Failed_7c");  
fis7c.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf11 mf12];
```

8b çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf13 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "Vehicle_Control_Provided_8b");  
mf14 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "Vehicle_Control_Failed_8b");  
fis8b.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf13 mf14];
```

8c çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf15 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "Vehicle_Moves_Smoothly_in_Lane_8c");
mf16 = fismf("trimf",[0.5 0.75
1], 'Name', "Vehicle_Does_Not_Move_Correctly_in_Lane_8c");
fis8c.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf15 mf16];
```

13e çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf17 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "Vehicle_Speed_Set_13e");
mf18 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "Vehicle_Speed_Not_Set_13e");
fis13e.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf17 mf18];
```

14a çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf19 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "Vehicle_is_Used_at_Normal_Speed_14a");
mf20 = fismf("trimf",[0.5 0.75 1], 'Name', "Vehicle_is_Used_at_High_Speed_14a");
fis14a.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf19 mf20];
```

14c çıkışına ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması:

```
mf21 = fismf("trimf",[0 0.25 0.5], 'Name', "The_vehicle_is_used_economically_14c");
mf22 = fismf("trimf",[0.5 0.75
1], 'Name', "The_vehicle_is_not_used_economically_14c");
fis14c.Outputs(1).MembershipFunctions = [mf21 mf22];
```

5c Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```
rule1 = [1 1 1 1 1;
        1 2 2 1 1;
        2 2 2 1 1;
        2 1 1 1 1];

rules5c = fisrule(rule1,2)
```

6e bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```
rule2 = [1 1 1 1 1 1;
        2 2 2 2 1 1;
        1 2 2 1 1 1;
        1 2 1 1 1 1;
        1 1 2 1 1 1;
        2 1 1 1 1 1];
```

```

2 1 2 1 1 1;
2 2 1 1 1 1];

```

```
rules6e = fisrule(rule2,3)
```

6ğ Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule3 = [1 1 1 1 1;
         2 2 2 1 1;
         1 2 2 1 1;
         2 1 2 1 1];

```

```
rules6g = fisrule(rule3,2)
```

6h Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule4 = [2 1 2 1 1 1;
         1 1 2 1 1 1;
         1 2 2 1 1 1;
         2 2 2 2 1 1;
         1 1 1 2 1 1;
         2 1 1 2 1 1;
         1 2 1 2 1 1;
         2 2 1 2 1 1];

```

```
rules6h = fisrule(rule4,3)
```

7b Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule5 = [1 1 1 1 1;
         2 2 2 1 1;
         1 2 2 1 1;
         2 1 2 1 1];

```

```
rules7b = fisrule(rule5,2)
```

7ç Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule6 = [1 2 1 1 1;
         2 1 2 1 1];

```

```

1 1 2 1 1;
2 2 1 1 1];

```

```
rules7c = fisrule(rule6,2)
```

8b Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule7 = [1 2 1 1 1;
         2 1 2 1 1;
         1 1 2 1 1;
         2 2 1 1 1];

```

```
rules8b = fisrule(rule7,2)
```

8c Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule8 = [1 2 1 1 1;
         2 1 2 1 1;
         1 1 2 1 1;
         2 2 1 1 1];

```

```
rules8c = fisrule(rule8,2)
```

13e Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule9 = [1 2 1 1 1 1;
         1 1 1 1 1 1;
         1 1 2 2 1 1;
         1 2 2 2 1 1;
         2 1 2 1 1 1;
         2 1 1 1 1 1;
         2 2 1 2 1 1;
         2 2 2 2 1 1];

```

```
rules13e = fisrule(rule9,3)
```

14a Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```

rule10 = [1 1 1 1 1;
          1 2 1 1 1;
          2 1 2 1 1;

```

```
2 2 2 1 1];
```

```
rules14a = fisrule(rule10,2)
```

14c Bulanık sistem kurallarının oluşturulması:

```
rule11 = [1 1 1 1 1 1;  
          1 2 1 1 1 1;  
          1 1 2 1 1 1;  
          1 2 2 2 1 1;  
          2 1 1 2 1 1;  
          2 2 1 1 1 1;  
          2 1 2 2 1 1;  
          2 2 2 2 1 1];
```

```
rules14c = fisrule(rule11,3)
```

```
rules = update(rules5c,fis5c);  
fis5c.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules6e,fis6e);  
fis6e.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules6g,fis6g);  
fis6g.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules6h,fis6h);  
fis6h.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules7b,fis7b);  
fis7b.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules7c,fis7c);  
fis7c.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules8b,fis8b);  
fis8b.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules8c,fis8c);  
fis8c.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules13e,fis13e);  
fis13e.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules14a,fis14a);  
fis14a.Rules = rules;
```

```
rules = update(rules14c,fis14c);  
fis14c.Rules = rules;
```

```
plotmf(fis5c,'input',1)  
plotmf(fis5c,'input',2)
```

```
plotmf(fis6e,'input',1)  
plotmf(fis6e,'input',2)  
plotmf(fis6e,'input',3)
```

```
plotmf(fis6g,'input',1)  
plotmf(fis6g,'input',2)
```

```
plotmf(fis6h, 'input', 1)
plotmf(fis6h, 'input', 2)
plotmf(fis6h, 'input', 3)
```

```
plotmf(fis7b, 'input', 1)
plotmf(fis7b, 'input', 2)
```

```
plotmf(fis7c, 'input', 1)
plotmf(fis7c, 'input', 2)
```

```
plotmf(fis8b, 'input', 1)
plotmf(fis8b, 'input', 2)
```

```
plotmf(fis8c, 'input', 1)
plotmf(fis8c, 'input', 2)
```

```
plotmf(fis13e, 'input', 1)
plotmf(fis13e, 'input', 2)
plotmf(fis13e, 'input', 3)
```

```
plotmf(fis14a, 'input', 1)
plotmf(fis14a, 'input', 2)
```

```
plotmf(fis14c, 'input', 1)
plotmf(fis14c, 'input', 2)
plotmf(fis14c, 'input', 3)
```

```
plotmf(fis5c, 'output', 1)
plotmf(fis6e, 'output', 1)
```

```
plotmf(fis6g, 'output',1)
plotmf(fis6h, 'output',1)
plotmf(fis7b, 'output',1)
plotmf(fis7c, 'output',1)
plotmf(fis8b, 'output',1)
plotmf(fis8c, 'output',1)
plotmf(fis13e, 'output',1)
plotmf(fis14a, 'output',1)
plotmf(fis14c, 'output',1)
```

```
fis5c.Rules
fis6e.Rules
fis6g.Rules
fis6h.Rules
fis7b.Rules
fis7c.Rules
fis8b.Rules
fis8c.Rules
fis13e.Rules
fis14a.Rules
fis14c.Rules
```

```
gensurf(fis5c)
gensurf(fis6e)
gensurf(fis6g)
gensurf(fis6h)
gensurf(fis7b)
gensurf(fis7c)
gensurf(fis8b)
gensurf(fis8c)
gensurf(fis13e)
gensurf(fis14a)
gensurf(fis14c)

output5c=evalfis(fis5c,[0.75 0.75])
```

```
output6e=evalfis(fis6e,[0.75 0.75 0.75])  
output6g=evalfis(fis6g,[0.75 0.75])  
  
output6h=evalfis(fis6h,[0.75 0.75 0.75])  
  
output7b=evalfis(fis7b,[0.75 0.75])  
  
output7c=evalfis(fis7c,[0.75 0.75])  
  
output8b=evalfis(fis8b,[0.75 0.75])  
  
output8c=evalfis(fis8c,[0.75 0.75])  
  
output13e=evalfis(fis13e,[0.75 0.75 0.75])  
  
output14a=evalfis(fis14a,[0.75 0.75])  
  
output14c=evalfis(fis14c,[0.75 0.75 0.75])
```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı		
Doğum Yeri		
Doğum Tarihi		
Uyruğu		
Telefon		
E-Posta Adresi		
Web Adresi		

	Eğitim Bilgileri
	Lisans
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	

Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	

Makale ve Bildiriler