

**T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK MANTIK KULLANARAK TAŞITLAR İÇİN BİR ENGEL  
TANIMA UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Emrecan BAYHAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi ASLAN ÇOBAN**

**Mayıs 2019**

**T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK MANTIK KULLANARAK TAŞITLAR İÇİN BİR ENGEL  
TANIMA UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Emrehan BAYHAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 30/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından  
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr.  
Can HAŞİMOĞLU  
Jüri Başkanı**

**Dr. Öğr. Üyesi  
Aslan ÇOBAN  
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi  
Gültekin ÇAĞIL  
Üye**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Emrecan BAYHAN

30/05/2019

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Aslan ÇOBAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez süreci boyunca benden manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Ali Cemal BENİM, Prof. Dr. Can HAŐIMOĐLU ve değerli arkadaşlarım Dr. Barış KUMRU, Ufuk APLAY, Ömer DEMİRKAYA Muhammed Can PALA, Ahmet AKIN, Abdülkerim BAĐIŐ ve Mert KAYA' ya teşekkür ederim.

Bu süreçte bana ilham kaynağım olan Mervenur ATAK ve sevgili yeğenim Musap BAĐIŐ' a ayrıca teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve bu süreçte her zaman yanımda olan dayım Kerem ACAR' a annem Gülay BAYHAN' a, babam Ömer BAYHAN' a saygı ve sevgilerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY .....	ix
<b>BÖLÜM 1.</b>	
<b>GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1.Turing Testi.....	2
1.2.Yapay Zekanın Kronolojik Çizgisi .....	2
1.3.Bulanık Mantık ve Temelleri .....	3
1.3.1.Bulanık mantık.....	4
1.3.2.Bulanık mantığın kullanım alanları .....	6
1.3.3.Tezin amacı.....	7
<b>BÖLÜM 2.</b>	
<b>MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>8</b>
2.1. Bulanıklaştırma İşlemi .....	9
2.1.1. Üyelik fonksiyonları .....	9
2.2. Kural Yapısının Oluşturulması .....	12
2.4. Durulaştırma.....	14
2.5. Bulanık Mantık Genel Değerlendirme .....	15
2.5.1. İşlem tablosunun oluşturulması .....	15
2.5.2. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi .....	16
2.5.3. Kural değerlendirmesi ve bulanıklaştırma.....	17

2.5.4. Durulaştırma işlemi.....	18
2.6. Tez Sürecinde Yapılan Kabuller .....	18
2.6.1 Mamdani ve Sugeno tipi sonuç çıkarım mekanizmalarının karşılaştırılması .	19
<b>BÖLÜM 3.</b>	
<b>BULANIK MANTIĞIN KURULMASI VE ARAÇ-ENGEL SENARYOLARI.....</b>	<b>20</b>
3.1. Görüntü İşleme Safhası .....	20
3.1.1. Anlık verinin işlenmesi .....	21
3.1.2. Görüntünün gri forma dönüştürülmesi .....	22
3.1.3. Gri formdan siyah-beyaz forma geçiş.....	23
3.2. Engellerin Ağırlık Merkezinin Hesaplanması.....	23
3.3. Mevcut Pozisyon ve Karar Verme Aşaması .....	27
3.3.1. Araç ve araca göre engel-konum analizi.....	28
3.3.2. Olası araç-engel konum senaryoları .....	34
<b>BÖLÜM 4.</b>	
<b>UYGULAMA VE SONUÇLARI .....</b>	<b>46</b>
4.1. Birinci Uygulamanın Sonuç ve Değerlendirmesi .....	46
4.2. İkinci Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi .....	51
4.3. Üçüncü Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi .....	54
4.4. Dördüncü Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi.....	56
4.5. Beşinci Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi.....	59
<b>BÖLÜM 5.</b>	
<b>SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>62</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>65</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

cm	: Santimetre
inf	: En küçük değer
min	: Bulanıklaştırma için en düşük limit
max	: Bulanıklaştırma için en yüksek limit
p	: Singleton Sayısı
sup	: En yüksek değer
$\mu$	: Toplanma Sonrası Üyelik Fonksiyonu
U	: Durulaştırma Sonucu
u	: Çıkış Değerleri

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Klasik mantık üyelik fonksiyonu gösterimi.....	4
Şekil 1.2. Bulanık mantık üyelik fonksiyonu gösterimi.....	5
Şekil 2.1. Bulanık mantık süreci .....	8
Şekil 2.2. Üçgen üyelik fonksiyonu gösterimi .....	10
Şekil 2.3. Yamuk üyelik fonksiyonu gösterimi.....	10
Şekil 2.4. Lineer azalan üyelik fonksiyonu gösterimi.....	11
Şekil 2.5. Lineer artan üyelik fonksiyonu gösterimi .....	11
Şekil 2.6. Gaussian üyelik fonksiyonu gösterimi.....	12
Şekil 2.7. ‘Ve’ Kural yapısının oluşturulması MATLAB gösterimi.....	13
Şekil 2.8. ‘Veya’ kural yapısının oluşturulması MATLAB gösterimi.....	13
Şekil 2.9. Durulaştırma işleminin uygulanacağı alan.....	14
Şekil 2.10. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi .....	16
Şekil 2.11. Çıkış üyelik fonksiyonları.....	16
Şekil 2.12. $\mu_1(1,2)$ ve $\mu_2(1,2)$ Değerlerinin giriş üyelik fonksiyonlarındaki karşılıkları.....	17
Şekil 2.13. Çıkış üyelik fonksiyonlarının gösterimi .....	17
Şekil 2.14. Durulaştırma işleminin gösterimi .....	18
Şekil 3.1. Temsili araç ve engellerin gösterimi.....	21
Şekil 3.2. Aracın konumu ve yolun anlık fotoğrafı.....	22
Şekil 3.3. Fotoğrafın renkli formdan gri forma dönüştürülmesi .....	22
Şekil 3.4. Fotoğrafın gri formdan siyah-beyaz forma dönüştürülmesi .....	23
Şekil 3.5. Engellerin yola göre konumları .....	24
Şekil 3.6. Engellerin tasnifi.....	24
Şekil 3.7. Ağırlık merkezi değerleri ve uygulama karşılıkları .....	24
Şekil 3.8. Ağırlık merkezi giriş değerlerinin gösterimi.....	25
Şekil 3.9. Ağırlık merkezi çıkış değerlerinin gösterimi .....	26
Şekil 3.10. Ağırlık merkezi kural yapısının grafiği.....	26
Şekil 3.11. Ağırlık merkezi çıkış pozisyonunun gösterimi .....	27
Şekil 3.12. Ağırlık merkezi ve çıkış pozisyonunun gösterimi 2 .....	27
Şekil 3.13. Araç engel karşılaşması .....	28
Şekil 3.14. Engel maksimum sınırı .....	29
Şekil 3.15. Engel minimum sınırı .....	29
Şekil 3.16. Bulanık mantık giriş ve çıkış değerlerinin gösterimi.....	33
Şekil 3.17. Araç-engel ve çıkış konumlarının 3 boyutlu grafiği .....	33
Şekil 3.18. Kural yapısı şeması .....	34
Şekil 3.19. Senaryo 1 .....	35
Şekil 3.20. Senaryo 1 cevabı.....	35
Şekil 3.21. Senaryo 2 .....	36
Şekil 3.22. Senaryo 2 cevabı.....	36
Şekil 3.23. Senaryo 3 .....	37



Şekil 3.24. Senaryo 3 cevabı.....	37
Şekil 3.25. Senaryo 4 .....	38
Şekil 3.26. Senaryo 4 cevabı.....	38
Şekil 3.27. Senaryo 5 .....	39
Şekil 3.28. Senaryo 5 cevabı.....	39
Şekil 3.29. Senaryo 6 .....	40
Şekil 3.30. Senaryo 6 cevabı.....	40
Şekil 3.31. Senaryo 7 .....	41
Şekil 3.32. Senaryo 7 cevabı.....	41
Şekil 3.33. Senaryo 8 .....	42
Şekil 3.34. Senaryo 8 cevabı.....	42
Şekil 3.35. Senaryo 9 .....	43
Şekil 3.36. Senaryo 9 cevabı.....	43
Şekil 3.37. Senaryo 10 .....	44
Şekil 3.38. Senaryo 10 cevabı.....	44
Şekil 4.1. Uygulama 1 .....	46
Şekil 4.2. Uygulama 1 ilk engelle karşılaşma.....	47
Şekil 4.3. Uygulama 1 ikinci engel ile karşılaşma.....	47
Şekil 4.4. Uygulama 1 üçüncü engel ile karşılaşma .....	47
Şekil 4.5. Uygulama 1 dördüncü engel ile karşılaşma.....	48
Şekil 4.6. Uygulama 1 beşinci engel ile karşılaşma.....	48
Şekil 4.7. Uygulama 1'e ait 46.saniyedeki program çıktısı .....	49
Şekil 4.8. Uygulama 1 konum karşılaştırma .....	51
Şekil 4.9. Uygulama 2.....	51
Şekil 4.10. Engel konum analizi .....	53
Şekil 4.11. Uygulama 3.....	54
Şekil 4.12. Uygulama 4.....	56
Şekil 4.13. Uygulama 4 konum analizi .....	58
Şekil 4.14. Uygulama 4 27.saniyedeki program çıktısı .....	59
Şekil 4.15. Uygulama 5.....	59

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. AND, OR tablosu.....	14
Tablo 2.2. Toplama metotları .....	14
Tablo 2.3. Durulaştırma işlemi .....	15
Tablo 2.4. arpım tablosunun oluşturulması .....	16
Tablo 3.1. Görüntü işlemeden alınan koordinat değerleri ve uygulamadaki karşılıkları	25
Tablo 3.2. Araç engel konum analizleri .....	30
Tablo 4.1. Uygulama 1 konum analizi .....	49
Tablo 4.2. Uygulama 2 konum analizi .....	52
Tablo 4.3. Uygulama 3 konum analizi .....	54
Tablo 4.4. Uygulama 4 konum analizi .....	57
Tablo 4.5. Uygulama 5 konum analizi .....	60

# BULANIK MANTIK KULLANARAK TAŞITLAR İÇİN ENGEL TANIMA UYGULAMASI

## ÖZET

Yapay zekâ insan yaşamına etkisi günden güne artmaktadır. Felsefe olarak tarihi çok eskiye gitmekle birlikte, ilk yapay zekâ çalışmaları 1940'ların başında başlamıştır. Bilgisayarın insan hayatına girmesiyle, yapay zekâ daha fazla konuşulmaya ve tartışılmaya başlanmıştır. Yapay zekâ bugün insan hayatının hemen hemen her noktasında etkisini göstermektedir. Günümüzde yapay zekâ sağlık analizi ve hasta tedavisi, sürücüsüz araç teknolojisi, perakende sektörü, internet siteleri ve cep telefonu uygulamaları, enerji ve madencilik, finans ve bankacılıkta olmak üzere birçok sektör ve alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında yapay zekânın bir çeşidi olan bulanık mantık kullanılmıştır. Araç şerit takibi yapan bir uygulama oluşturulmuştur. Uygulamaya göre üç şeritli bir yol oluşturulmuş ve yol boyunca durgun halde bulunan engeller konumlandırılmıştır. Uygulamadaki temsili araç, yol boyunca ilerlerken karşısına çıkan engellere çarpmadan yolu bitirmesi hedeflenmiş ve aracın yol boyunca alacağı kararlar bulanık mantık tarafından belirlenmiştir. Aracın yol boyunca karşılaştığı engellerin tespit edilebilmesi için görüntü işleme teknolojisinden de yararlanılmıştır. Uygulama ve bulanık mantık algoritmaları için MATLAB programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Görüntü İşleme, Araç-Yol Uygulaması

# **OBSTACLE RECOGNITION APPLICATION FOR VEHICLES BY USING FUZZY LOGIC**

## **SUMMARY**

The influence of artificial intelligence on human life is increasing day by day. Historically, first study of artificial intelligence started at the beginning of the 1940s'. With the developing technology, artificial intelligence has begun to widely discussed among all major and minor components of society. Recently, there is no doubt that artificial intelligence is more effective among all parts of humans' life. Nowadays; artificial intelligence has been effectively used by a lot of sections such as health analysis and patient treatment, self-drive vehicle technology, retail industry, internet sites and its' applications for mobile phones, energy and mining, finance and banking.

In this thesis, a form of artificial intelligence, in which Fuzzy Logic has been used. The pursuit of the vehicle makes the lane a simulation that was created. According to the simulation, three blocks are positioned in the stationary lane road created along the way. In this simulation, simulated car as moves along the path and the tool is targeted to complete the path without hitting any obstacles and decisions along the way are determined by Fuzzy Logic. The vehicle image processing technology have been used on this study to detect the obstacles of simulated car's way. When It were being created this applications, MATLAB program were used for application and fuzzy logic algorithms.

Keywords: Fuzzy Logic, Image Processing, Vehicle-Road Application

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yapay zeka teknolojileri günümüzde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Her ne kadar son yıllarda adından sıklıkta bahsettirse de yapay zekâ teknolojisi temel itibariyle 1950’li yıllara kadar dayanmaktadır. Teorik olarak ise yapay zekâ kavramı daha da eskilere gitmektedir. 18.yy’da yaşamış filozoflar insan gibi düşünen akıllı bir makinenin olasılığından bahsetmektedirler. Örnek olarak, Rene Descartes, yapay zekânın bir metafordan ziyade böyle bir makinenin olasılığı konusunda daha kapsamlı düşünmüştür. Öte yandan Gottfried Wilhelm Leibniz muhakeme yapabilen makinelerin olasılığından bahsetmektedir (Buchanan, 2005, vol. 26). Hem Leibniz hem de Pascal aritmetik mekanizmaya sahip bir makine dizayn ettiler, fakat bu makine düşünme kabiliyetinden yoksundu. Daha sonraları bilim kurgu yazarları da bu olasılıktan çeşitli romanlarda bahsetmiştir ki en bilineni Frank Baum’un Oz Büyücüsü romanıdır.(Mijwel, 2015, p. 2) Yapay zeka bugün özellikle askeri ve robot teknolojilerinde kullanılmakla birlikte, tıptan bankacılık sektörüne, pazarlama stratejilerinden perakendeye kadar bir çok alanda oldukça etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Hatta günümüzde yapay zekaya yazdırılan romanların olduğu gibi yapay zekanın çizdiği tablolar bile mevcuttur. Fakat madalyonun diğer bir tarafı, özellikle günümüzde azımsanmayacak derecede bir kısım insan yapay zekanın ilerde insanlığa zararlı olacağı kanaatinde dir.

Yapay zeka fikri ciddi manada ilk olarak 1956 senesinde ortaya atılmıştır. 1956’da, “Artificial Intelligence” başlığı altında Hannover, New Hampshire, Dartmouth’ta ilk yapay zeka toplantıları yapılmıştır. Massachusetts Institute of Technology’den Marvin Minsky ve diğer bilim adamları katıldıkları toplantılarda yapay zeka konusunda önemli konuları irdelemişlerdir (Ciliz, 2005, pp. 175–176; Mijwel, 2015, pp. 1–2).

Yapay zekanın gelişmesindeki mihenk taşlarından biride şüphesiz Alan Turing’dir. Alan Mathison Turing 2.Dünya Savaşı sırasında geliştirdiği Turing makinesi ile Almanların şifreleme cihazı Enigma’nın kodlarını kırarak Almanlar açısından ciddi bir istihbarat

zafiyeti doğurmuş ve bu sebepten savaşın İngilizler lehine dönmesini sağlamıştır ve aynı zamanda bilgisayarın atası olarak kabul görmektedir (French, 2000, pp. 115–121).

### **1.1.Turing Testi**

Turing testine göre iki ayrı odada bulunan iki kişi birbirleriyle bir bilgisayar aracılığıyla yazışmaktadır. Taraflar birbirlerine soru sormaktadırlar. Bir zaman sonra taraflardan biri yerini soruları cevaplayacak bir bilgisayarla yer değiştirir. Bu durumdan habersiz olan diğer taraf karşısındakinin makine olduğunu anlamaz ise makine testte başarılı olmuştur diğer bir ifadeyle makine akıllıdır denebilir. Aksi durumda makine başarısız olarak kabul edilir. Turing'e göre insan konuşmasını kusursuzca taklit edebilen bir makineyi reddetmenin tutarlı bir yanı yoktur. Turing testi için ortaya sürülen bir takım çıkarımlar geniş bir araştırma konusudur. Bazı yazarlar, gerçek manada düşüncenin tam olarak ne demek olduğuyla ilgili bir takım endişelerini dile getirdiler. Sayılarla çalışan ve bu nispette mantıklı bile olsa insana cevap veren makinelerin düşüncenin gerçek tanımı ile bağdaşmayacağını ileri sürdüler. Fakat bunun tersini düşünen, makinelerin de düşünce yapısı itibariyle matematik bir modele dökülebilir olduğunu söyleyen karşıt görüşlü yazarlarda mevcuttur (French, 2000, pp. 115–121).

### **1.2.Yapay Zekanın Kronolojik Çizgisi**

- Milattan sonra 1.yy: Antik çağda Alexander Heron , su ve buhar gücüyle çalışan bir otomat yaptı.
- 1206: Sibernetik biliminin öncülerinden El Cezeri, buhar ve suyla çalışan otomatik kontrol makinesini yaptı.
- 1623: Wilhelm Schickard dört işlem yapabilen makine icat etti.
- 1672: Gottfried Leibniz bugünkü bilgisayarların temelini oluşturan binari sayma sistemini icat etti.
- 1822-1859: Charles Babbage, algoritma üzerine çalışan bir hesap makinesi icat etti.
- 1923: Karel Capek ilk konsept robotu icat etti
- 1931: Kurt Gödel kendi ismiyle bilinen “theory of deficiency” tanıttı
- 1936: Konrad Zuse, programlanabilir 64K hafızalı Z1 bilgisayarını icat etti

- 1946: ENIAC, yaklaşık 30 ton ağırlığında ki bilgisayar göreve başladı.
- 1950: Alan Turin. Bilgisayar biliminin kurucusu. Ve Turing testini oluşturdu.
- 1951: İlk yapay zeka programı olan Mark1 makinesi yazıldı.
- 1956: Newell tarafından mantık problemlerini çözen program tanıtıldı.
- 1958: MIT'den John McCarty LISP dilini yazdı.
- 1960: JCR Licklider çalışmalarında insan-makine ilişkisini tanımladı.
- 1962: Endüstriyel alanda robot üretimi yapan Unimation firması kuruldu.
- 1965: Bir yapay zeka yazılım dili olan ELIZA yazıldı.
- 1966: Stanford Üniversitesinde "Shakey" adlı gerçeğe yakın robot tanıtıldı.
- 1973: DARPA geliştirildi.
- 1974: İlk defa internet kullanılmaya başlandı
- 1978: Herber Simon, yapay zeka için mihenk taşı olan "Rasyonellik Teorisi" için Nobel Ödülünü kazandı.
- 1981: IBM ilk kişisel bilgisayarı üretti
- 1997: "Deep Blue" isimli süper bilgisayar dünya satranç şampiyonu Garri Kasparov'u bir satranç maçında yendi
- 2000: Kismet isimli insan jest ve mimiklerini taklit edebilen ve yapay zekayla çalışan robot tanıtıldı.
- 2005: O zamana kadar yapılmış, insan özelliklerine en yakın hareketleri sergileyen ASIMO tanıtıldı.
- 2016: Yapılmış en gerçekçi Robot Sofia tanıtıldı. İlerleyen süreçte Suudi Arabistan robota vatandaşlık verdi (Mijwel, 2015, pp. 2-3)

### **1.3.Bulanık Mantık ve Temelleri**

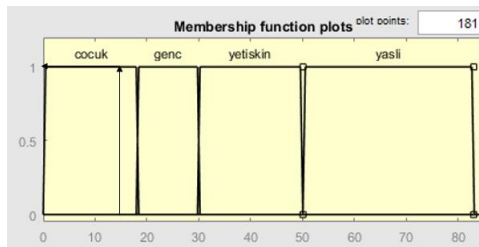
Bulanık mantık, yapay zeka uygulamalarında kullanılan uzman sistemler, yapay sinir ağları, görüntü işleme gibi teknolojilerin yanında kullanılan bir yapay zeka dalıdır. Günümüzde bulanık mantık başta endüstriyel kontrol sistemlerinde kullanmanın yanı sıra hava tahmini, askeri amaçlarla hatta tıp alanında hastalıklarının tahmininde de kullanılmaktadır (Phillips, Karr, & Walker, 1996, pp. 175-176; Zadeh, 1965, pp. 338-339).

### 1.3.1. Bulanık mantık

Bulanık mantık ya da literatürdeki adıyla “Fuzzy Logic” genel tanımı şu şekilde yapılabilir; İnsanın düşünüş tarzını temel alan hesaplamalı bir paradigmadır. Bulanık mantığın temel mantığında kesin olmayan değerleri alır, kendi içerisinde bir dizi işleme sokar ardından kesin cevabı verir. Cevabı net olmayan ya da göreceli olarak yorumlanabilecek büyüklükler için bulanık mantık geliştirilmiştir (Kayacan & Khanesar, 2015, p. 14; Zadeh, 1965, p. 339).

Örnek olarak; beş kişilik bir grubun yaş dağılımı 15, 25, 45, 55 ve 60 şeklinde olsun. Yaş dağılımı için, 0-18 yaş aralığı çocuk, 18-30 yaş genç, 30-50 yaş yetişkin, 50 ve daha üstü yaşlı olarak kabul edildiği takdirde, klasik mantığa göre (Boelan Logic) 1 yaşındaki bir bireyle 17 yaşındaki bir birey çocuk olarak kabul edilecektir. Aynı şekilde 55 yaşındaki bir bireyle 85 yaşındaki bir bireyde yaşlı olarak kabul edilecektir.

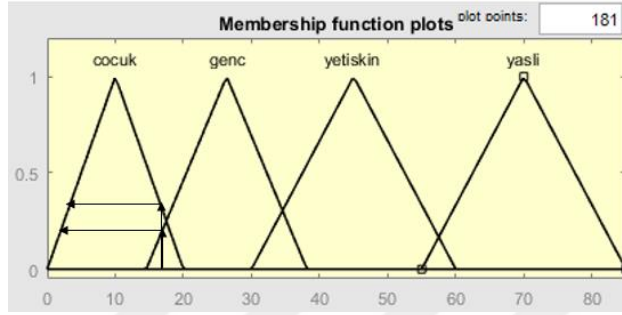
Bu ifade şekli klasik “Aristo” mantığıdır. Bir olay ya doğrudur ya da yanlıştır. Bilgisayar dilindeki adı “Boelan Mantığı” olarak adlandırılır. Hâlbuki bu durumu klasik 1-0 bilgisayar mantığıyla ifade etmek yetersiz kalacaktır. Bulanık mantık bu hususta devreye girecektir ve yaş aralıklarını kesin değerlerle sınırlandırmak yerine 1 ve 0 arasında değişen değerlerle ifade edecektir. Algoritma yapısı olarak; çok genç, genç, genç-olgun, olgun, olgun-orta yaşlı arası, yaşlı ve çok yaşlı olarak ifade edildiği takdirde daha sağlıklı bir tanım yapılmış olacaktır. Aksi takdirde yukarıdaki değerlendirmeye göre 17 yaşındaki bir birey çocuk olarak addedilirken, 19 yaşındaki bir birey genç olarak düşünülecektir. Özet olarak, kesin doğru veya kesin yanlış gibi belirli bir kesinlik içermeyen durumlarda bulanık mantık devreye girmektedir. Bulanık mantıkta bu düşünce tarzıyla yola çıkılmış ve daha sonra ortaya atılan temel prensipleri bakımından bugün birçok alanda kullanılmaktadır (Kayacan & Khanesar, 2015, pp. 14–15).



Şekil 1.1. Klasik Mantık üyelik fonksiyonu gösterimi.



Şekil 1.1'e göre kişi, eğer 15 yaşında ise; Çocuk fonksiyonunda 1 değerini alır. Genç, yetişkin ve yaşlı fonksiyonlarında 0 değerini alır. Aynı durum 3 yaşındaki bir birey içinde geçerlidir. Buna göre kişi 3 yaşında ise; çocuk üyelik fonksiyonunda 1 değerini alır ve Genç, yetişkin ve yaşlı üyelik fonksiyonlarında 0 değerini alır. Klasik mantığa göre 3 yaşındaki insan ile 15 yaşındaki insan aynı kabul edilir.



Şekil 1.2. Bulanık mantık üyelik fonksiyonu gösterimi.

Şekil 1.2.'de üyelik fonksiyonları bulanık mantığa göre oluşturulmuştur. Buna göre 15 yaşındaki bir kişi; Çocuk üyelik fonksiyonunda 0,4 değerini alacaktır. Genç üyelik fonksiyonunda 0,3 değerini alacaktır. Yetişkin ve yaşlı üyelik fonksiyonlarında ise 0 değerini alacaktır. Bulanık mantığa göre 15 yaşındaki kişi, yaklaşık olarak %60 çocuk, %40 genç, %0 olgun ve %0 yaşlı statüsündedir.

Bulanık mantık 1965 yılında Azerbaycan asıllı Prof. Lotfi A. Zadeh tarafından oraya atılmıştır. University of California' a yayınladığı "Fuzzy Sets" adlı çalışmasında bulanık mantığın temel prensipleri, matematik modeli ve tanımı hakkında çalışma yayınlamıştır (Safian, n.d., p. 6).

Bulanık küme, üyelik fonksiyonlarının dereceleri ile sınıflandırılmasıdır. Kümeler 1 ve 0 arasında, her bir objeye atanan üyelik fonksiyonu ile biçimlendirilir. Fuzzy kümesinin içeriğinin kurulumunda, kavramların birleşimi, kesişimi, ilişkisi, dışbükey ve tamamlayıcı etkenlerin yanı sıra diğer çeşitli etmenlerde önemli bir parametredir. Özellikle, dışbükey Fuzzy kümelerinin için bir ayırma teoreminde bulanık kümelerin ayrılmasını gerektirecek bir unsur yoktur. Çoğu zaman, gerçek fiziksel dünyada karşılaşılan nesne sınıflarının tam olarak tanımlanmış üyelik kriterleri yoktur (Zadeh, 1965, pp. 338–339).

### 1.3.2. Bulanık mantığın kullanım alanları

Bulanık mantık, 1960'larda bilim dünyası için pek muteber değildir. Özellikle batı dünyasında mühendislik alanında içerdiği bir takım belirsizlikler dönemin bilim adamları için makul gözüküyordu. Batı dünyası için bilim, belirsizliklerden arınmış ve her bir kavramın matematiksel temele dayandırılması gerektiği savunuluyordu. Birçok bilim adamı bu yönde düşünse de 1970'lerden sonra bu algı tersine dönmüştür.

Bugün kontrol sistemlerinde PD, PID kontrol sistemlerinin yerine, gerektiğinde ettiğinde bulanık mantık kullanılmaktadır. Bulanık mantık tanımı için alternatif diğer bir ifade ise; İnsan beyni belirsizlikler ve bir takım yargılamalar ile çalışır. Bilgisayar mantığı ise 1 ve 0 ile çalışır. Bulanık mantık bahsi geçen her ikisinin birleştirilmesiyle çalışır (Chiu, 1998, pp. 1–2; Safian, n.d.).

Özellikle karmaşık endüstriyel kontrol sistemleri için PD, PID yerine bulanık mantık iyi bir alternatif olarak yerini aldı. Bu hususta önemli bir kilometre taşı, 1974 yılında Ebrahim Mamdani'nin tasarladığı bulanık mantık ile çalışan buhar motoru olmuştur. İlk endüstriyel kullanım alanı ise 1975 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasıdır. Zorlu bir mühendislik projesi olarak 1987'de Sendai Tren Yolu Projesi yine bulanık mantık prensibine göre yapılmıştır. Bu tren yolu projesindeki frenleme, ivmelenme, durma gibi kritik parametreler de bulanık mantık kullanılmıştır. Yine 1987'deki başka bir çalışmada ise klasik PD, PID kontrolü ile çalışan sarkaç sisteminde bulanık mantık kullanılarak bu yöndeki faydası da görülmüştür. Günümüzde ise birçok ticari firma mühendislik projelerinde bulanık mantıktan faydalanmaktadır. En bilinenleri ise klima, video kamera, televizyon, bulaşık makinesi, çamaşır makinesi, karar verici endüstriyel sistemler ve tıp başlıca kullanım alanlarını oluşturmaktadır (Kayacan & Khanesar, 2015, pp. 14–15; Safian, n.d.).

Klasik model tabanlı kontrol sistemleri, tipik bir PID kontrollerde giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir matematiksel model kullanılır. Fakat bazı çalışma aralıklarında sistemin lineer davrandığı kabul edilir ki bu genellikle mantıklı bir yaklaşım olmayabilir. Bu durum PID sistemlerin ciddi bir dezavantajıdır. Gerçek endüstriyel uygulamalarında birçok farklı durumla karşılaşılabilir ki bu durum sistemimizin lineer olarak kabul etmemizi oldukça zorlaştırır.

Model matematiksel olarak doğrulansa bile sensörlerin hassaslığı, ortamdaki gürültü, değişken hava koşulları ve benzeri durumlardan dolayı oluşabilecek aksaklıklar PID kontrolü geçersiz kılar. Örnek olarak, bir dengeleyici sarkaç modelini PID kontrole göre tasarımı yapılabilir ve bu sayede sarkaç dengede tutulabilir. Fakat ortamdaki hesaba katılmayan titreşim, aniden esen rüzgâr gibi etmenler düşünüldüğünde PID bu gibi durumlarda dezavantajlıdır. Bu gibi durumlar hesaba katıldığında ise sadece model tabanlı yaklaşımların performansı önemli ölçüde azalmaz, aynı zamanda kontrolör tasarımının karmaşıklığı artar (Chiu, 1998, p. 3).

Neyse ki bulanık mantıkta birçok parametre hesaba katılıp birbiri içerisinde harmanlanarak gerçeğe çok yakın bir doğru elde edilebilir (Mendel, 1995, p. 345). Bulanık mantık konsepti ile olasılık konsepti birbirlerinden oldukça farklıdır. Olasılık belirli bir gerçeklikte tahminler yaptırırken bulanık mantık ise belirsiz olarak tanımlanmış ifadeleri üyelik fonksiyonlarıyla temsil eder. Örnek olarak, 0,5 yaşlı insan olasılığı olarak tanımlandığı takdire 0,5 kişinin yüzde olarak yaşlı olup olmadığı hakkında bir oranı verir. Fakat bulanık mantıkta tanımlanan 0,5, bize yaşlılık derecesi hakkında bir fikir verir (Bilkent University, 2010; Kayacan & Khanesar, 2015).

### **1.3.3. Tezin Amacı**

Tez konusu itibariyle bir yol uygulama oluşturulmuştur. Başlangıç noktasında bulunun temsili bir araç yol boyunca ilerlerken, önündeki engelleri algılayarak, engellere çarpmadan yolu bitirmesi hedeflenmiştir. Aracın uygun yolu karar alma süreci 3 aşamadan oluşmaktadır; İlk aşama yol üzerindeki araçların tespitidir. Bu noktada görüntü işleme teknolojilerinden yararlanılmıştır. Uygulamada, yol görüntü işlemeye tabi tutulmuş ve yol üzerindeki engeller tespit edilmiştir. İkinci aşama ise engellerin yola göre pozisyonlarının tespitidir. Bu noktada görüntü işleme sonucunda alınan bilgiler, bulanık mantıkla hazırlanmış bir algoritmaya tabi tutulmuş ve tespit edilen engellerin yolda ki konumları tahmin edilmiştir. Üçüncü ve son safha ise, engellerin konum bilgileri ile aracın mevcut bulunduğu konum ikinci bir bulanık mantık algoritmasında değerlendirilmiş ve aracın önündeki engele çarpmayacak şekilde boş bir şeride geçmesi hedeflenmiştir. Uygulamadaki engeller durgun haldedir. Bu çalışmada yapay sinir ağları yerine bulanık mantık kullanılmıştır.

## BÖLÜM 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bulanık mantığın yöntemi ve içeriği birkaç ana başlık altında incelenecektir. Bunlar, sırasıyla bulanıklaştırma, kuralların değerlendirilmesi, durulaştırma ve ardından net sonuç elde etme şeklindedir.



Şekil 2.1 Bulanık mantık süreci (Bilkent University, 2010, fig. 1).

Bulanık mantık süreç boyunca, öncelikle net değer veya değerler alınır. Ardından alınan değerler bulanık mantık içerisindeki üyelik fonksiyonlarına tabi tutulur. Kural yapısı devreye girer bu aşamada ‘ya’, ‘ya da’ veya ‘değil’ komutları çerçevesinde mevcut çıktılar değerlendirilir ardından karar verme mekanizması devreye girer. Son olarak durulaştırma işlemi gerçekleştirilir ve çıkış değeri veya değerleri elde edilir (Bilkent University, 2010, pp. 6–7).

Bulanık mantık sonuç çıkarım işlemi sırasında 2 tip işlem bulunmaktadır. Bunlar ‘Mamdani’ ve Takagi-Sugeno-Kang çıkarım işlemleridir (Jassbi, Alavi, Serra, & Ribeiro, 2007, pp. 6–7).

Bu hususta tezde “Mamdani” tipi bulanık mantık kullanılmıştır.

İşlem basamakları;

- Linguistik değişkenleri ve terimleri belirlemek
- Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi
- Kural yapısının oluşturulması

- Üyelik fonksiyonlarından faydalanılarak bulanıklaştırma işlemi
- Kural yapısı içerisinde değerlendirme ve sonuç çıkarım işlemi
- Her bir kuraldan çıkan sonucu birleştirme
- Çıkan sonuçları durulaştırma ve net sonuç elde etme (Safian, n.d., p. 25)

## 2.1.Bulanıklaştırma İşlemi

Giriş parametreleri çeşitli kümelerde üyelik fonksiyonunun bir derecesi olarak atanır. Örnek olarak sıcaklık, soğukluğun derecesi olarak lanse edilebilir. Bulanıklaştırmanın amacı üyelik fonksiyonlarını kullanarak giriş değerlerini 1 ve 0 arasında değiştirmek kaydıyla haritalandırmaktır (Kayacan & Khanesar, 2015, p. 16; Safian, n.d.).

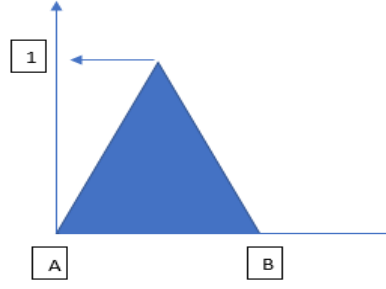
Bulanıklaştırma işleminde, problemle ilgili üyelik fonksiyonları belirlenir ve bu üyelik fonksiyonlarını problemin içeriğine göre tanımlanarak bulanıklaştırma başlatılır. Bu hususta problemin basitliğine veya karmaşıklığına göre en uygun üyelik fonksiyonu seçilir. Örneğin bir hastalığın evrelerinin teşhisi ile ilgili bir konuda üyelik fonksiyonları; biraz hasta, hasta, çok hasta ve ölümcül olarak isimlendirilir ve bu hususta üyelik fonksiyonlarına atamalar gerçekleştirilir (Thaker & Nagori, 2018, p. 1309).

### 2.1.1. Üyelik fonksiyonları

Bir A bulanık kümesi düşünüldüğünde, içerisine 'X' net değeri giriş değeri olarak kabul edilmekte ve üyelik fonksiyona tekabül eden değeri hesaplanması istenmektedir (Mathworks, 2017, pp. 1–11).

$$\mu_A(x) = X \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

Bulanık kümeler seçildiğinde, her bir küme için üyelik işlevi fonksiyonu oluşturulmalıdır. Üyelik fonksiyonu 1-0 aralığındaki giriş değerini dönüşümü sağlayan belirleyici bir eğridir. Üçgen, Yamuk ve Gaussian başlıca kullanılan üyelik fonksiyonları olmak üzere farklı formlarda üyelik fonksiyonları mevcuttur (Rashid & Ahmed, 2012, p. 2).

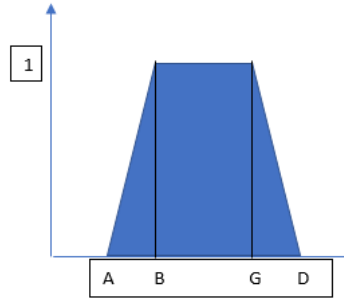


Şekil 2.2. Üçgen üyelik fonksiyonu gösterimi (Pappis, 2005, fig. 15.1 a).

Üçgen Üyelik Fonksiyonu Formülü;

$$Tri(x, A, B, G) = \begin{cases} 0, & x < A \\ \frac{x-A}{B-A}, & A \leq x \leq B \\ -\frac{x-G}{G-B}, & B \leq x < G \\ 0, & x \geq G \end{cases} \quad (2.2)$$

Diğer bir sık kullanılan üyelik fonksiyonu da yamuk üyelik fonksiyonudur.



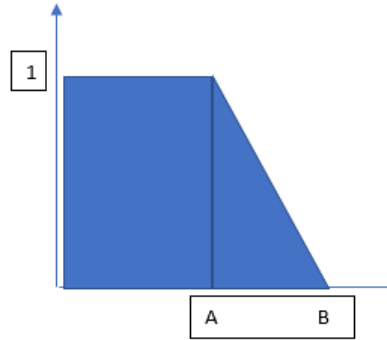
Şekil 2.3. Yamuk üyelik fonksiyonu gösterimi (Pappis, 2005, fig. 15.1 b).

Yamuk Üyelik Fonksiyonu Formülü;

$$Tra(x; A, B, G, D) = \begin{cases} 0, & x < A \\ \frac{x-A}{B-A}, & A \leq x < B \\ 1, & B \leq x < G \\ -\frac{x-G}{G-B}, & G \leq x < D \\ 0, & x \geq D \end{cases} \quad (2.3)$$

Yamuk üyelin fonksiyonu bulanık mantıkta çokça tercih edilen bir üyelik fonksiyonudur. Yukarıdaki tanıma göre  $x$ ' in  $A$ 'dan küçük ve  $B$ 'den büyük değerlerine göre alacağı değerler 0'dır.  $B$  ve  $G$  arasında alacağı değerler ise doğrudan 1'e eşittir.  $A$  ve  $B$ ,  $G$  ve  $D$  arasında alacağı değerler içinde yukarıda gösterilen formülde olduğu gibi karşılık gelen değerler tespit edilir.

Lineer azalan üyelik fonksiyonu gösterimi ise aşağıdaki gibidir;

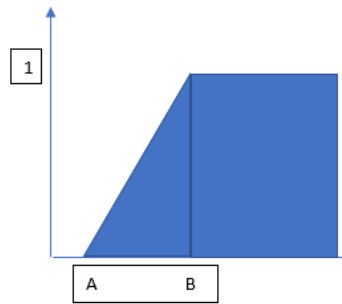


Şekil 2.4. Lineer azalan üyelik fonksiyonu gösterimi (Pappis, 2005, fig. 15.2 b).

Lineer Azalan Üyelik Fonksiyonu Formülü;

$$Linear(x; A, B) = \begin{cases} 1, & x < A \\ -\frac{x-A}{B-A}, & A \leq x < B \\ 0, & x \geq B \end{cases} \quad (2.4)$$

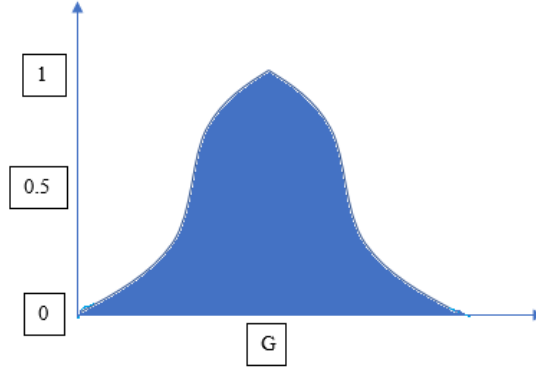
Lineer Artan Üyelik Fonksiyonu;



Şekil 2.5. Lineer artan üyelik fonksiyonu gösterimi (Pappis, 2005, fig. 15.2 a).

$$Linear(x; A, B) = \begin{cases} 0, & x < A \\ \frac{x-A}{B-A}, & A \leq x < B \\ 1, & x \geq B \end{cases} \quad (2.5)$$

Gaussian Üyelik Fonksiyonu;



Şekil 2.6. Gaussian üyelik fonksiyonu gösterimi (Rashid & Ahmed, 2012, fig. 5).

$$Gaussian(x, G, \sigma) = e^{-\frac{(x-G)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.6)$$

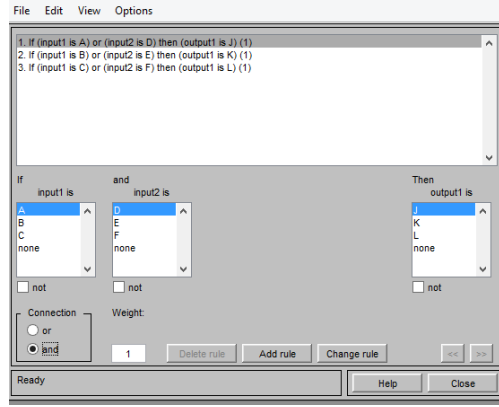
## 2.2.Kural Yapısının Oluşturulması

Bulanık kuralların değerlendirilmesi ve bireysel sonuçların birleştirilmesi bulanık küme operasyonlarını kullanarak gerçekleştirilir. Bulanık küme üzerindeki operasyonlar, bulanık olmayan operasyonlardan farklıdır.

Bulanık mantık kural yapısı, çıkış değişkenini kontrol etmek için oluşturulur. Bulanık mantık kural yapısı basit bir ifade ile 'şart' ifadeleri kullanılır. Kural yapısını oluştururken dikkat edilecek husus 've' ve 'veya' ifadelerinin belirli bir işleyiş mekanizması vardır. Bu işleyiş mekanizmasına göre; İki veya daha fazla giriş değerinin aynı anda sağladığı şart için 've' operatörü kullanılır.

- Eğer A ve D olursa cevap J'dir
- Eğer B ve E olursa cevap K'dir
- Eğer C ve F olursa cevap L'dir

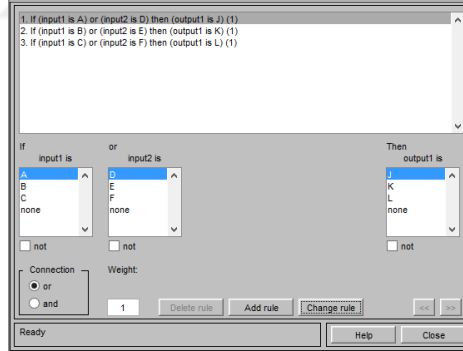




Şekil 2.7. 'Ve' Kural yapısının oluşturulması MATLAB gösterimi.

Eğer giriş değerlerinden herhangi biri çıkış değeri için şartı sağlıyorsa, diğer bir ifadeyle çıkış değeri için, giriş değerlerinden fark etmeksizin herhangi birini seçmek yetiyorsa 'veya' operatörü kullanılır.

- Eğer A ya da D olursa cevap J'dir
- Eğer B ya da E olursa cevap K'dir
- Eğer C ya da F olursa cevap L'dir



Şekil 2.8. 'Veya' kural yapısının oluşturulması MATLAB gösterimi.

Genel bulanık mantık karşılaştırmalarında sıklıkla küme içinde OR ve AND operatörleri kullanılır. Karşılaştırmalarda "OR" karşılaştırması için sayılardan maksimumunu, AND karşılaştırması için mevcut sayılardan minimum olanı tercih edilir. Üçüncü bir seçenek ise NOT işlevidir. Bu işlem, sadece tek üyelik fonksiyonu için yapılacak durum için söz konusudur. O halde alternatif ikinci bir üyelik fonksiyon değeri mevcut değildir.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.7)$$

Tablo 2.1. AND, OR tablosu (Comission, 1997, p. 13 Table 5.2.4-1).

OR Birleşimi		AND Birleşimi	
MAX	$\text{Max}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$	MIN	$\text{Min}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
ASUM	$\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x)$	PROD	$\mu_A(x)\mu_B(x)$
BSUM	$\text{Min}\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$	BDIF	$\text{Max}\{0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1\}$

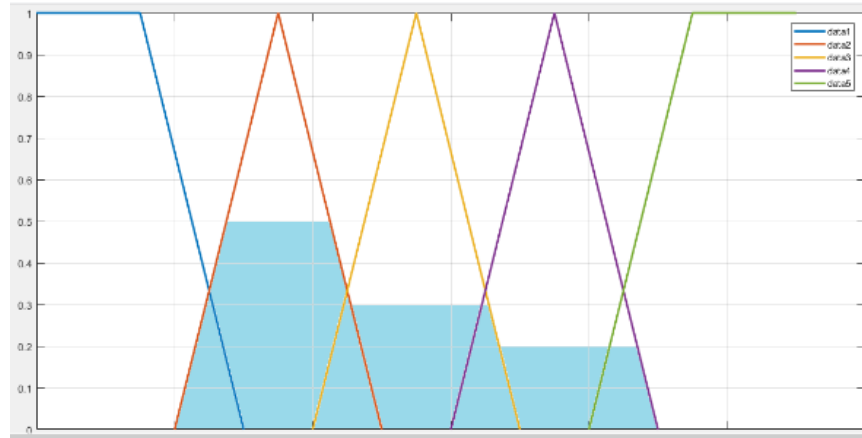
Bu değerlendirmenin akabinde, nihai sonucu elde etmek için eldeki mevcut sonuçlar birleştirilmelidir. Bu işlem ‘sonuçlandırma’ ya literatürdeki adıyla ‘inference’ adıyla bilinir. Özel kural sonuçları, farklı yollarla da birleştirilebilir. Aşağıdaki tabloda kural sonuçlarının birleştirilmesi için kullanılan muhtemel toplanma metotlarını görülebilir.

Tablo 2.2. Toplama metotları (Zimmermann, 2001, p. 34).

Operasyon	Formül
Maksimum	$\text{Max}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
Sınır Toplanması	$\text{Min}\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$
Normalleştirilmiş Toplanma	$\frac{\mu_A(x) + \mu_B(x)}{\text{Max}\{1, \text{Max}\{\mu_A(x') + \mu_B(x')\}\}}$

## 2.4. Durulaştırma

Sonuçlandırma işleminden sonra, bütün sonuçlar bulanık değer formundadır. Net değeri elde etmek için bu sonuçlar durulaştırma işlemine tabi tutulur. Bulanıklaştırma işlemi üyelik fonksiyonundan elde edilen sonuçlara göre gerçekleştirilir.



Şekil 2.9. Durulaştırma işleminin uygulanacağı alan.

Yukarıdaki Şekil 2.9.'a göre bulanıklaştırma ve sonuçlandırma işleminin yapıldığı düşünüldüğünde, mavi bölge bulanık sonuçlara aittir. Amaç mavi bölgeden net değeri elde etmektir. Bulanıklaştırma işleminin birkaç farklı yol olup en sık kullanılan metot “ağırlık merkezi” metodudur.

Tablo 2.3. Durulaştırma işlemi (Comission, 1997, p. 12 Table 5.2.3-1).

Operasyon	Formül
Ağırlık Merkezi	$U = \frac{\int_{\min}^{\max} u \mu(u) du}{\int_{\min}^{\max} \mu(u) du}$
Singleton	$\frac{\sum_{i=1}^p [u_i \mu_i]}{\sum_{i=1}^p [\mu_i]}$
En sol değer	$U = \inf(u'), \mu(u') = \sup(\mu(u))$
En sağ değer	$U = \sup(u'), \mu(u') = \sup(\mu(u))$

## 2.5. Bulanık Mantık Genel Değerlendirme

Bulanık mantıkta işlem basamakları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Net değerlerin alınması
- Bulanıklaştırma
- Karar mekanizmasının devreye girmesi
- Durulaştırma
- Net değer veya değerlerin elde edilmesi

Bu çerçevede küçük bir çarpım tablosu örneğine göz atılmıştır. Bu işleme göre, 1,2 ve 3 sayıları arasında küçük bir çarpım tablosu işlemi oluşturulmuştur ve bu minvalde yukarıda belirtilen işlem basamakları takip edilmiştir (Mathworks, 2017).

### 2.5.1. İşlem tablosunun oluşturulması

Bu aşamada net değer verilerinin tablosu oluşturulmuştur. Buna göre bulanıklaştırma işlemine tabi tutulacak sayı ve sayılar belirlenmiştir. Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonu “üçgen üyelik” fonksiyonu olacak şekilde belirlenmiştir. Elde edilen değerler daha önce de belirtildiği üzere en sık kullanılan “ağırlık merkezi metodu” kullanılarak net değer elde edilmiştir.

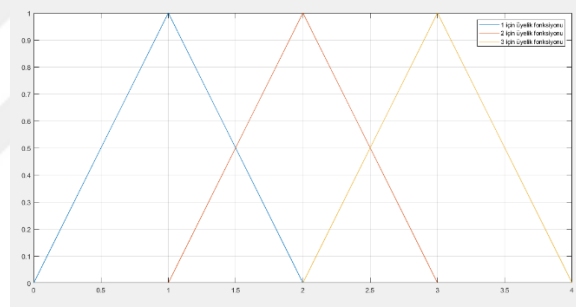
Tablo 2.4. Çarpım tablosunun oluşturulması.

$i_1 \setminus i_2$	1	2	3
1	1	2	3
2	2	4	6
3	3	6	9

Tablodan da görüldüğü üzere  $1*1=1$ ,  $1*2=2$ ,  $1*3=3$ ,  $2*1=2$ ,  $2*2=4$  ve devamı niteliğinde tablo oluşturulmuştur. Burada dikkat edilecek husus, tablo dışındaki değerler için bulanık mantığa göre yapılan çarpım işlemleri doğru sonuçlar vermeyecektir.

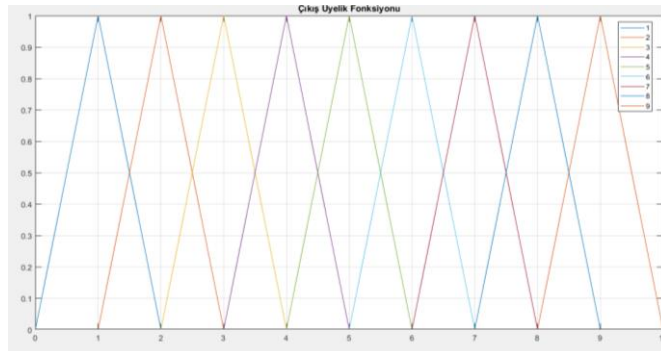
Yukarıdaki tabloya bakılarak  $i_1=1,2$  ve  $i_2=2,8$  için bulanık mantık yöntemiyle sonuç hesaplanmıştır.

## 2.5.2. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi



Şekil 2.10. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi.

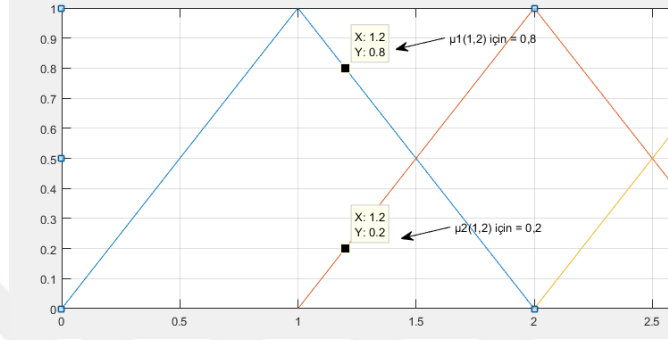
Üyelik fonksiyonları her iki giriş değeri için ( $i_1$  ve  $i_2$  için) üçgen üyelik fonksiyonu seçilmiştir. Çıkış verileri için de aynı şekilde üçgen üyelik fonksiyonları seçilmiştir.



Şekil 2.11. Çıkış üyelik fonksiyonları.

### 2.5.3. Kural değerlendirmesi ve bulanıklaştırma

Bu işlemler yapılırken dikkat edilecek husus seçilen 1,2 ve 2,8 sayılarının üyelik fonksiyonlarında denk düştükleri bölgeler doğru bir şekilde saptanmalıdır. Örneğin ilk üyelik fonksiyonu  $\mu_1=1,2$  ve ikinci üyelik fonksiyonu  $\mu_2=1,2$  olsun. Buna göre  $\mu_1(1,2)=0,8$  ve  $\mu_2(1,2)=0,2$  değerini almıştır.

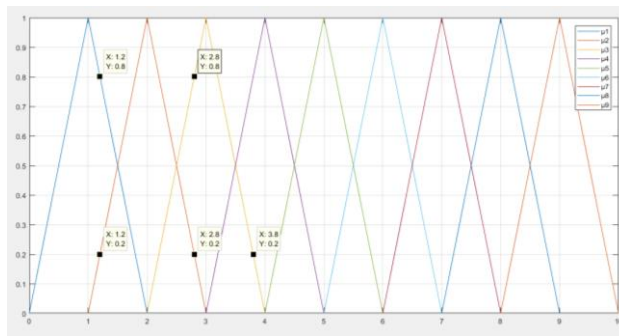


Şekil 2.12.  $\mu_1(1,2)$  ve  $\mu_2(1,2)$  Değerlerinin giriş üyelik fonksiyonlarındaki karşılıkları.

Buna göre; 1,2 sayısı birinci ve ikinci üyelik fonksiyonlarında değerlendirilmiştir ve 2,8 sayısı ise ikinci ve üçüncü üyelik fonksiyonlarında değerlendirilmiştir. Son durumda  $i_1=1,2$  ve  $i_2=2,8$  için çıkış üyelik fonksiyonları için yer tespiti yapılmıştır.

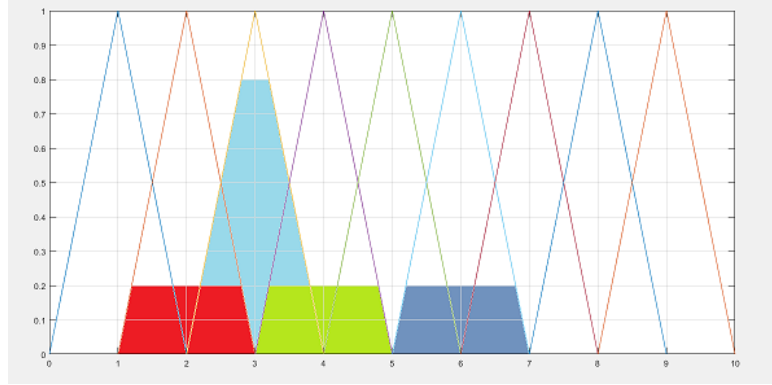
Buna göre;

- IF  $\mu_1(1,2)=0,8$  AND  $\mu_2(2,8)=0,2$  THEN 0,2
- IF  $\mu_1(1,2)=0,8$  AND  $\mu_3(2,8)=0,8$  THEN 0,8
- IF  $\mu_2(1,2)=0,2$  AND  $\mu_3(2,8)=0,8$  THEN 0,2
- IF  $\mu_2(1,2)=0,2$  AND  $\mu_3(2,8)=0,8$  THEN 0,2



Şekil 2.13. ıkış üyelik fonksiyonlarının gösterimi.

#### 2.5.4. Durulaştırma İşlemi



Şekil 2.14. Durulaştırma işleminin gösterimi.

Durulaştırma işlemi sırasında “ağırlık merkezi” yönteminden faydalanılmıştır.

$$\frac{1 * 0 + 2 * 0.2 + 3 * 0.8 + 4 * 0.2 + 5 * 0 + 6 * 0.2 + 7 * 0}{0 + 0.2 + 0.8 + 0.2 + 0 + 0.2 + 0} = 3.4286$$

Normal şartlarda  $1,2 * 2,8$  çarpımından 3.36 sonucunu bulunur. Fakat yukarıda tablo değerleri verilen ve üçgen üyelik fonksiyonları kullanılması ile bulanık mantıkla hesaplanmış çarpma işleminin sonucunda 3,4286 elde edilmiştir. İki değer arasındaki fark “0,0686”, oransal olarak ise %97,9992 bir isabetle sonuç tahmin edilmiştir. Elde edilen isabet oranı 1 ile 3 arasındaki değerler için geçerlidir. Bu sınırların dışındaki değerler için yapılan çarpma işlemlerinde oluşturulan üyelik fonksiyonları yetersiz kalacaktır. Doğruluk payının artırılması için üçgen üyelik fonksiyonları daha hassas seçilebilir veya duruma göre diğer üyelik fonksiyonları tercih edilebilir. İlaveten ağırlık merkezi metodu yerine diğer metotlar uygulanabilir.

#### 2.6. Tez Sürecinde Yapılan Kabuller

Tez sürecinde oluşturulan bulanık mantık algoritmalarında “Mamdani” tipi bulanık mantık algoritması kullanılmıştır. Bu hususta “Sugeno” ve “Mamdani” tipi bulanık mantık sonuç çıkarım mekanizmalarının avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak tercih yapılmıştır.

Problemin yapısına uygun olarak elde edilen sonuçların lineer olarak değişmediği göz önünde bulundurulmuş ve bu sebeple “Gaussian” tipi üyelik fonksiyonları seçilmiştir. Uygulamada engeller hareketsiz sabit olarak kabul edilmiştir. Buna karşılık temsili araç hareketli kabul edilmiştir. Yol ve temsili aracın yol boyunca harcayacağı süre ortalama 58 saniyedir. Ve yol tasarımında bir uygulama içerisinde en az 5 farklı pozisyonda engel konulmuş ve temsili aracın bu engelleri sorunsuz bir şekilde geçmesi hedeflenmiştir. Bu vesileyle 5 farklı yol uygulaması oluşturulmuş ve sonuçlar tablolar halinde listelenmiştir. Uygulamada oluşturulan yol düzenekleri 2 boyutta ve 3 şeritli olarak tasarlanmıştır. Algoritma, 4 şerit ve üzeri durumlarda arzu edilen sonuçları vermeyebilir. Bu hususta ilave ek algoritmalar geliştirilmesi gerekmektedir. Algoritmanın oluşturulurken araç-engel yol senaryoları geliştirilmiş ve senaryolara göre algoritma yapısı oluşturulmuştur. Söz gelimi senaryolara “BÖLÜM 3” te ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Uygulama bünyesinde temsili aracın ve engellerin koordinatlarına dair paylaşılan değerler herhangi bir metrik sisteme ait olmayıp sonuçlar birim cinsinden değerlendirilmiştir.

### **2.6.1. Mamdani ve Sugeno tipi sonuç çıkarım mekanizmalarının karşılaştırılması**

Mamdani Sonuç Çıkarım Mekanizması (Kumaraswamy, n.d.)

- Çıktı üyeliği işlevi mevcut
- Net sonuç, kuralların sonuçsuzluğunun netleştirilmesiyle elde edilir.
- Sürekli olmayan çıkış yüzeyi
- MISO (Çoklu Giriş Tek Çıkış) ve MIMO (Çoklu Giriş Çoklu Çıkış) sistemleri
- Etkileyici güç ve Yorumlanabilir kural
- Sistem tasarımında daha az esneklik

Sugeno Sonuç Çıkarım Mekanizması

- Hiçbir çıktı üyeliği işlevi mevcut değil
- Sınırsızlaştırma yok: net sonuç, sonuçta ortaya çıkan kuralların ağırlıklı ortalaması kullanılarak elde edilir.
- Sürekli çıkış yüzeyi
- Yorumlanabilirlik kaybı
- Sistem tasarımında daha fazla esneklik

## **BÖLÜM 3. BULANIK MANTIĞIN KURULMASI VE ARAÇ-ENGEL SENARYOLARI**

Bulanık mantık kurulumunda görüntü işlemeden yararlanılmıştır. Tezin amacı kısmında da bahsedildiği üzere uygulama da öncelikle araç olarak temsil edilen kutucuğun önüne çıkan engellerin boyutlarını ve konumlarını algılaması için bilgisayar uygulaması belirli zaman dilimi aralıklarında yolun fotoğrafı çekilmiş olup ve olası engeller tespit edilmiştir. Engel tespit edildikten sonra engelin yola göre konumunun tespiti için bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Bu işlem uygulamanın önemli bir aşamasıdır. Zira engelin yola göre konumu aracın karar verme mekanizmasını etkileyecektir. Konum da tespit edildikten sonra konum çıkarımından alınan bilgiler araç içerisine aktarılmış ve aracın bu bilgilere neticesinde doğru karar vermesi beklenmiştir. Bu sistem bilgisayar uygulaması ortamında değil de, gerçek bir taşıtta uygulanmak istenirse, araç önüne yolu algılaması için bir kamera yerleştirilecek akabinde yolun anlık görüntüsü kamera tarafından kayıt altına alınacak ve eş zamanlı olarak ECU (electronic control unit) ye iletilecektir. Kameradan yol boyunca yolun genişliği, şerit genişliği, sollama yasağı, öndeki araç takibi gibi bir takım parametreler görüntü işleme teknolojisine tabii tutulabilir. Bu parametre sonuçları araç içerisine kodlanmış bulanık mantığa aktarılarak aracın kendi mevcut konumuna göre yavaşlaması, hızlanması sollamaya çıkması veya olası kazayı öngörüp ona göre en doğru tahmini yapması hedeflenebilir.

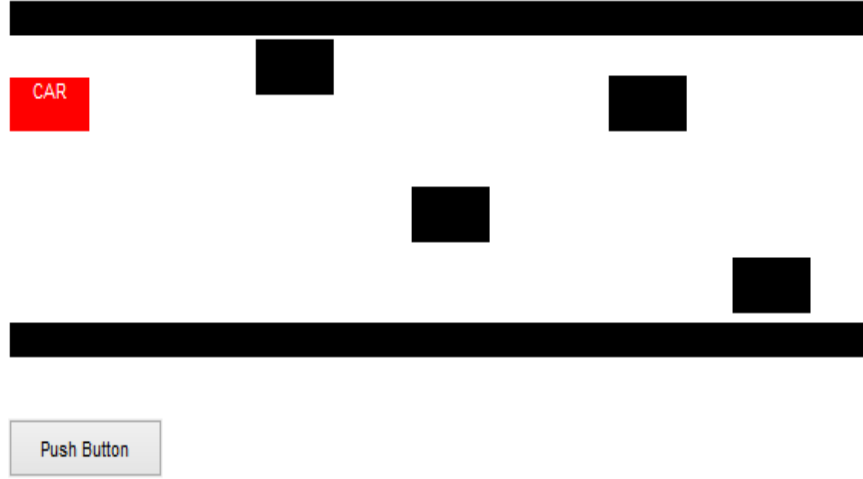
Son tahlilde;

- Görüntü işleme ve sonuçları
- Sonuçların değerlendirilmesi ve engellerin saptanması
- Engellerin konumlarına göre bulanık mantık sonuç çıkarımı ve çıkış cevabı

### **3.1. Görüntü İşleme Safhası**

Görüntü işleme teknolojisi temel mantıkta [1 0] mantığı ile çalışmaktadır. Diğer bir ifadeyle yol üzerindeki engeller “1” , yol üzerindeki boşluklar ise “0” ile temsil edilmiştir.





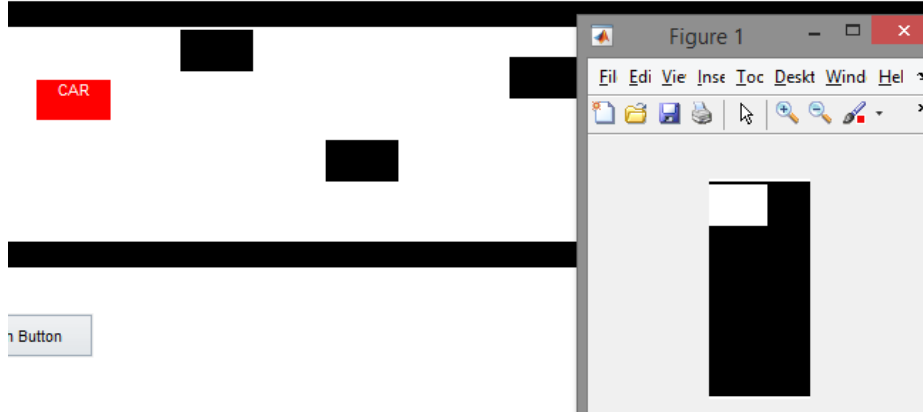
Şekil 3.1. Temsili araç ve engellerin gösterimi.

Şekil 3.1.' de görüldüğü üzere yol, temsili araç ve yol üzerindeki engeller yola keyfi bir şekilde yerleştirilmiştir. Görüntü işleme mantığı çerçevesinde işlem basamakları aşağıdaki şekilde verilebilir;

- Anlık yol resminin çekilmesi
- Görüntünün işleme hazır hale getirilmesi için gri forma dönüştürülmesi
- Gri formdaki görüntünün bilgisayar tarafından okunabilmesi için siyah beyaz hale getirilmesi
- Yolun boş olan kısımlarına "0" , yol üzerindeki engellere "1" verilerek engel ve yol arasındaki ayrımın yapılması ve bunun karar mekanizmasına iletilmesi

### 3.1.1. Anlık verinin İşlenmesi

Bu safhada temsili aracın yol boyunca hareketi doğrultusunda, yolun resmi çekilmiştir. Ve bu sayede bir sonra ki engelin konumu ve doğrultusu saptanmıştır. Uygulamada resim yolun resim çekme süresi saniyenin beşte ikisi olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu süre ihtiyaca yönelik arttırılabilir veya azaltılabilir. Bu sürenin düşürülmesi hususunda bir sakınca yoktur fakat sürenin arttırılması engelin geç algılanmasına ve bu sebeple karar mekanizmasının geç işleyişine sebep olur ki bu durum uygulamanın verimli efektif çalışmasını olumsuz yönde etkiler.

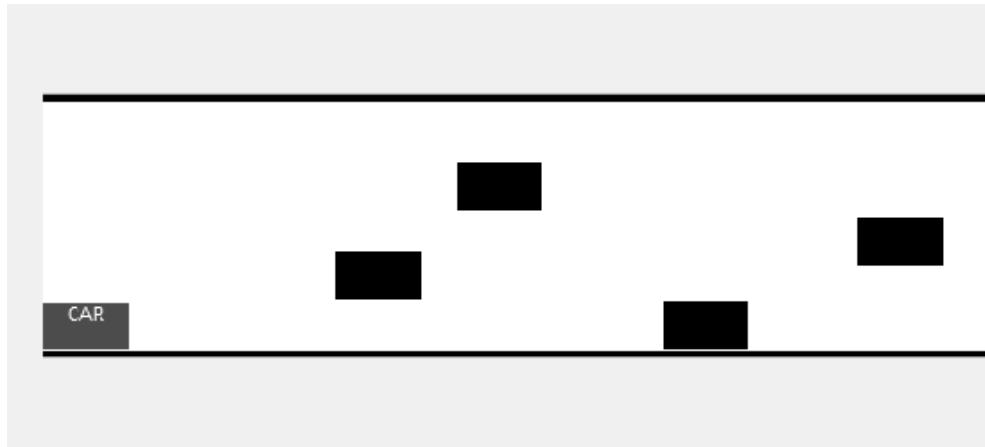


Şekil 3.2. Aracın Konumu ve yolun anlık fotoğrafı.

Yukarıdaki Şekil 3.2.'de gözüktüğü üzere araç mevcut konumundayken üstünde bulunan engelin konumu araç tarafından saptanmıştır ve duruma göre karar mekanizmasını oluşturmuştur.

### 3.1.2. Görüntünün gri forma dönüştürülmesi

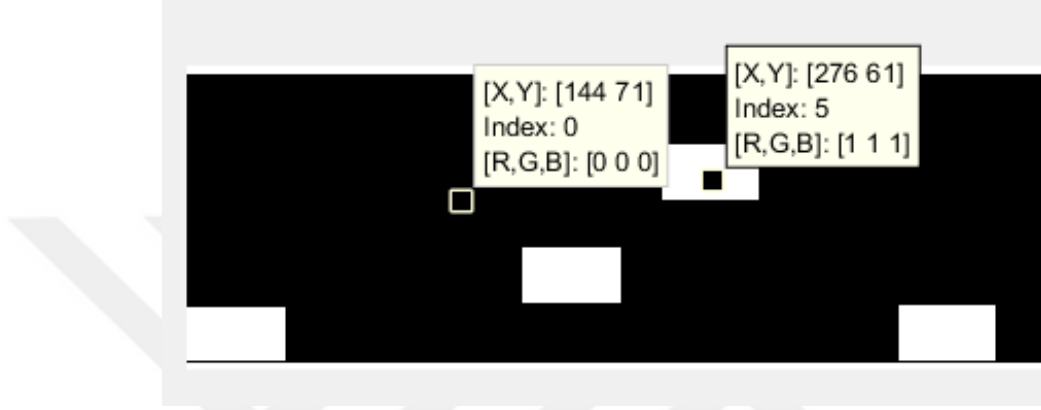
Görüntü işleme mantığı gereği, görüntüden bilgi aktarımı sağlanabilmesi için öncelikle görüntünün grileştirilmesi akabinde siyah beyaz forma çevrilip, görüntü [1 0] olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Normal bir görüntü de kırmızı, yeşil ve mavinin tonları ya da bu renklerin karışımından elde edilen diğer renkler bulunmaktadır. Görüntü içerisindeki şekillerin, sınırların ve objelerin saptanabilmesi renkli iken mümkün değildir. Bu vesileyle dönüşüm yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.3. Fotoğrafın renkli formdan gri forma dönüştürülmesi.

### 3.1.3. Gri formdan siyah-beyaz forma geçiş

Mevcut durumda yukarıdaki örnek engeller gri formda gösterilmiştir. Bilgisayarın bu engelleri tanıyabilmesi için gri formdan siyah-beyaz forma dönüştürmesi gerekir. Diğer bir ifadeyle; Bilgisayarlar 1 ve 0 ile çalışmaktadır. Fotoğraf renkli halden, siyah-beyaz forma dönüştürüldüğü takdirde bilgisayar bunu algılayabilecektir.

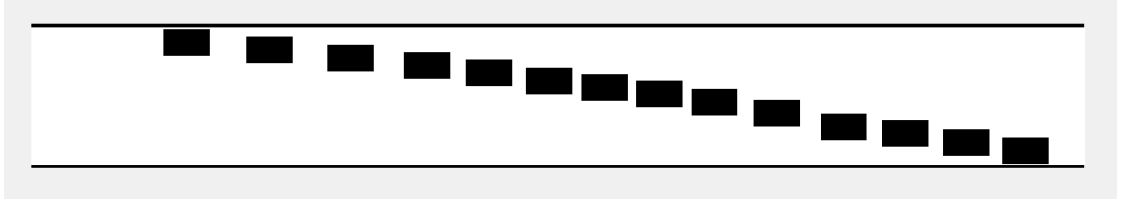


şekil 3.4. Fotoğrafın gri Formdan siyah-beyaz forma dönüştürülmesi.

Yukarıdaki şekil 3.4.'de görüldüğü üzere resim gri fondan siyah beyaz forma dnştrlmştir. Resim artık bilgisayarın ayırt edebileceği formda yani [1 0] “logic” formundadır. şekilde, [R,G,B] siyah bölgelerde [0 0 0], beyaz bölgelerde ise [1 1 1] biçimindedir. Uygulama, bundan sonraki süreçte önündeki engelleri algılayabilir, ayırt edebilir ve konuma uygun olarak cevap verebilir duruma gelmiştir.

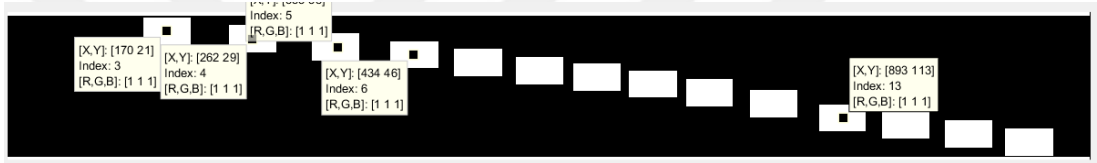
### 3.2. Engellerin Ağırlık Merkezinin Hesaplanması

Bilgisayar uygulamasında temsili engeller görüntü işleme kullanılarak yerleri saptandıktan sonra yola göre ağırlık merkezlerinin konumlarının bilinmesi gerekmektedir. Engellerin yola göre ağırlık merkezleri hesaplanmış ve engelin yola göre koordinatı tespit edilmiştir. Bu safhada aracın yolun serbestlik durumunda göre, engelin solundan, sağından geçip geçemeyeceği ya da bütün şeritlerin dolu olması durumunda aracın durması gerektiği bulanık mantık tarafından belirlenmiştir. Bu safhada engellerin yola göre muhtemel pozisyonları senaryolar halinde gösterilmiştir.



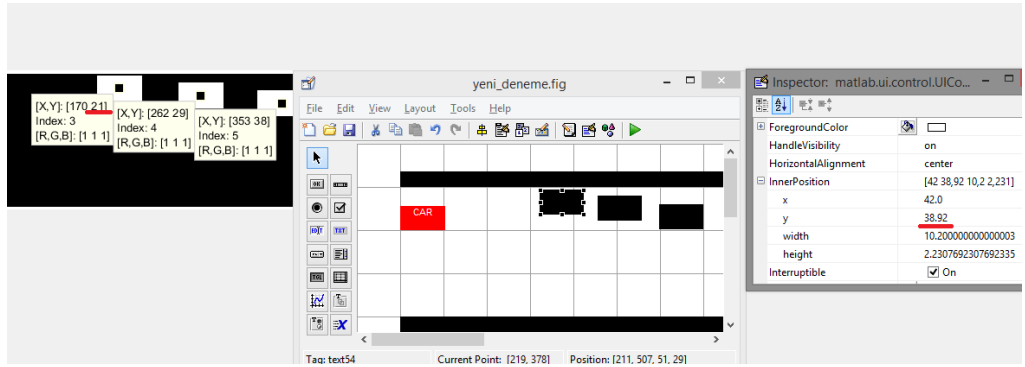
Şekil 3.5. Engellerin yola göre konumları.

Yukarıdaki Şekil 3.5.' de görüleceği üzere aracın önüne çıkabilecek tahmini engeller yola konumlandırılmıştır. Bu noktada 14 tane engel belirlenmiştir. Daha hassas sonuçlar için daha farklı pozisyonlarda ve konumda engel miktarı artırılabilir. Yolun sağ ve solu siyah ince çizgiler halinde sınırlandırılmıştır. Farklı pozisyonlarda ki engellerin yola göre ağırlık merkezlerinin oluşturulması tablo halinde aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.6. Engellerin tasnifi.

Yukarıdaki şekilde gözüktüğü üzere tasnifi yapılmış olan engelleri temsil eden kutucukların, düzlemde [X Y] olarak gösterilmiştir. Düzlemde “Y” düzlemindeki değerler uygulamanın ağırlık merkezlerinden oluşturmaktadır. Toplam fotoğraf boyutu [1157 57] olacak şekilde ayarlanmıştır. Fotoğraf boyutuna göre Şekil 3.6.'daki 14 kutucuğun ağırlık merkezleri değerleri ve bu değerlerin bilgisayar uygulamasındaki karşılıkları aşağıda tablo olarak gösterilmiştir.

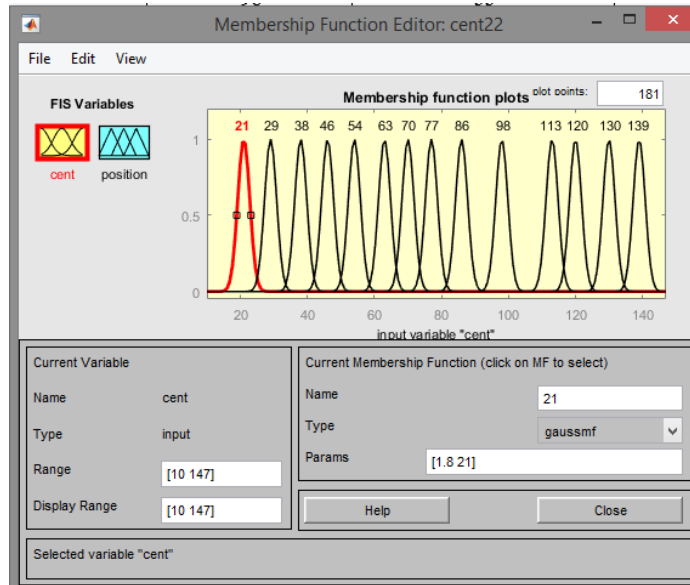


Şekil 3.7. Ağırlık merkezi değerleri ve uygulama karşılıkları.

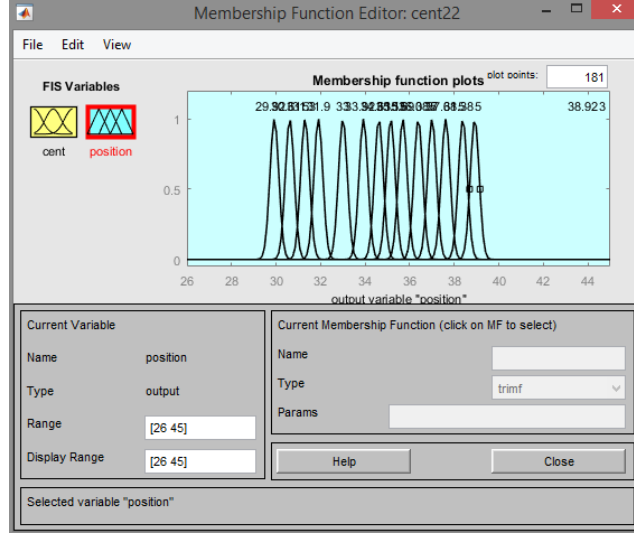
Tablo 3.1. Görüntü işlemeden alınan koordinat değerleri ve uygulamadaki karşılıkları.

Fotoğraf değerleri	Uygulama karşılıkları
21	38,923
29	38,285
38	37,615
46	37
54	36,385
63	35,690
70	35,15
77	34,615
86	33,923
98	33
113	31,9
120	31,3
130	30,615
139	29,923

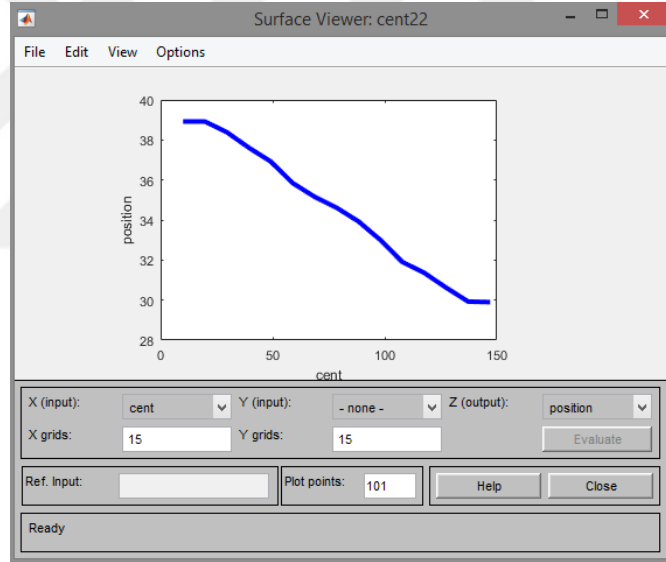
Mevcut tablo değerlerine bakılarak ağırlık merkezi için bulanık mantık kuralları oluşturulmuştur. Bulanık mantık içerisinde giriş verileri için 'gaussian' üyelik fonksiyonu kullanılmış olup, çıkış üyelik fonksiyonu da yine 'gaussian' üyelik fonksiyonu olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Ağırlık merkezi giriş değerlerinin gösterimi.

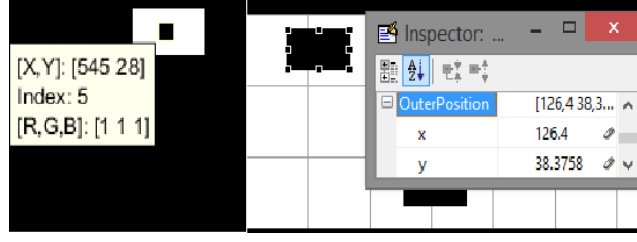


Şekil 3.9. Ağırlık merkezi çıkış değerlerinin gösterimi.

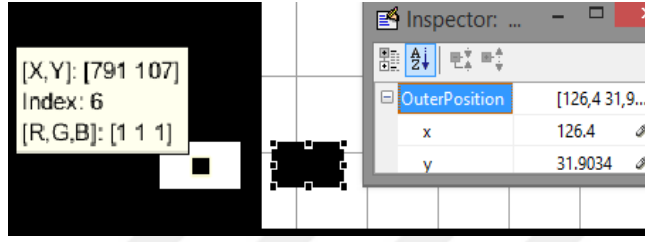


Şekil 3.10. Ağırlık merkezi kural yapısının grafiği.

Şekil 3.10'daki grafiğe göre, grafiğin x eksenini giriş değerlerini, grafiğin y koordinatı çıkış değerlerini temsil etmektedir. Giriş değerlerinin fotoğrafta saptanmış engellerin, fotoğraftaki ağırlık merkezini temsil ettiği ifade edilmiştir. Aynı şekilde çıkış değerlerinin ise, fotoğraftaki ağırlık merkezi saptanan engelin, bilgisayar uygulamasındaki konumunu temsil ettiği ifade edilmiştir. Buna göre; fotoğraftaki engellerin ağırlık merkezinin düşük olduğu değerlerde, engel yolun nispeten daha üst kısımlarında konumlandırılmıştır ve ağırlık merkezinin yüksek olduğu değerlerde ise, engel yolun nispeten daha alt kısımlarında konumlandırılmıştır.



Şekil 3.11. Ağırlık merkezi çıkış pozisyonunun gösterimi.

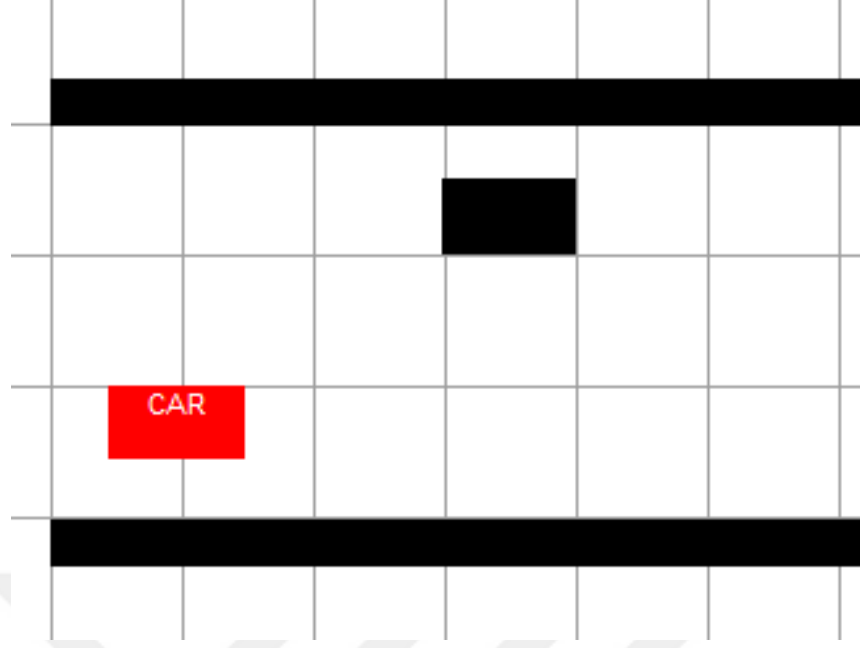


Şekil 3.12. Ağırlık merkezi ve çıkış pozisyonunun gösterimi 2.

Yukarıda da daha önce belirtildiği üzere temsili engellerin sayıları arttırıldıkça uygulamanın verimi daha çok artacaktır ve bu sebeple daha kusursuz bir yol akışı takip edilecektir. Son olarak yapılanlar özetlenirse; Ağırlık merkezi değerlerinin oluşturulması için uygulamadaki mevcut yola 14 adet engel konumlandırılmış ve bu 14 engel için fotoğraftaki ağırlık merkezleri saptanmıştır. Bulunan bu ağırlık merkezlerinin bilgisayar uygulamasında konum olarak karşılıkları belirlenmiştir. Bu bilgilere dayanılarak bulanık mantık yapısı oluşturulmuştur. Uygulamada araç bundan sonraki durumlarda karşılaştığı engellerden anlık aldığı bilgileri, oluşturulan bulanık mantıkta değerlendirmiş ve engellerin ağırlık merkezi tahmin edilmiştir. Bu önemli bir husustur. Aksi takdirde doğru belirlenemeyen engel konumu, uygulamada hataya sebep olacaktır.

### 3.3. Mevcut Pozisyon ve Karar Verme Aşaması

Bu safhada karar verme mekanizması oluşturulacaktır. Yolun durumuna göre aracı temsil eden kutu yol boyunca, yola göre pozisyonu belirlenmiş bir engelle karşılaştığında yukarı ya da aşağı yönde hareket edip etmeyeceği bu aşamada belirlenmiştir. Örnek olarak aşağıdaki şekle göre, araç yolun sağ tarafından ilerlerken nispeten biraz daha sol tarafında bulunan bir engelle karşılaştığında araç için herhangi bir tehdit unsuru yoktur. Araç yönünü değiştirmeden devam edecektir.



Şekil 3.13 Araç engel karşılaşması.

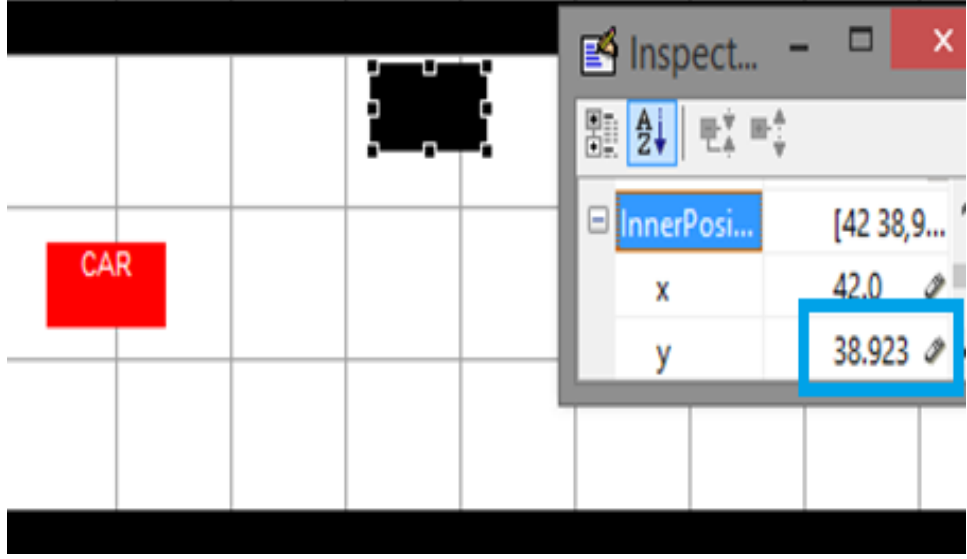
Söz konusu araç engelle temas edecek şekilde karşı karşıya geldiğinde ise konum itibariyle hafif sağa, hafif sola, tam sağa veya tam sola geçecek şekilde programlanmıştır. Muhtemel senaryolarla ilgili 143 adet kural belirlenmiştir. Olası araç engel ihtimalleri 196 adet olup, oluşturulan 143 adet kural ile diğer ihtimallerin tahmini bulanık mantığa bırakılmıştır. Bulanık mantığın oluşturulmasında ise aracın konumunu ve engelin konumunu belirten iki adet giriş verisi ve bu verilere bakarak aracın engele göre olması gereken pozisyon çıkarımını yapan bir adet çıkış verisi oluşturulmuştur.

Problemin yapısına uygun olarak giriş verileri ve çıkış verileri “gaussian” üyelik fonksiyonu olarak belirlenmiştir. “Mamdani” tipi “center of gravity” sonuç çıkarım işleminden yararlanılmıştır. Yukarıda da bahsedildiği üzere daha hassas sonuçlar için, belirlenen 143 adet kural yapısı arttırılabilir ve bu vesileyle bilgisayar uygulamasının doğruluğu arttırılabilir.

### 3.3.1. Araç ve araca göre engel-konum analizi

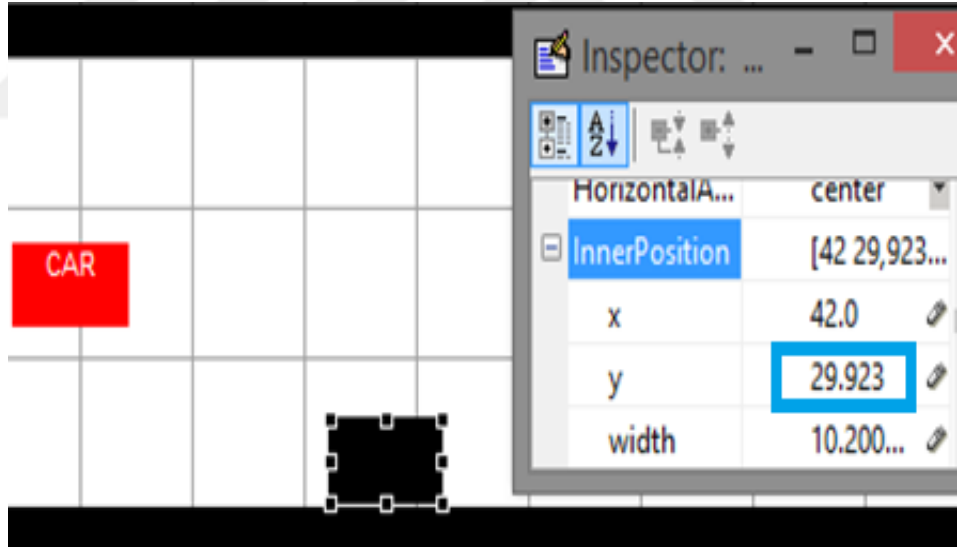
Uygulamadaki koordinatlara göre üst eksen 38.923birim ve alt eksen 29.923 birim olacak şekilde belirlenmiştir. Bu hususta 14 farklı konum tipi belirlenmiş ve bu konumlara göre aracın alacağı pozisyon tespit edilmiştir.





Şekil 3.14. Engel maksimum sınırı.

Şekil 3.14’de görüldüğü üzere uygulamada, engelin alabileceği en üst konum mavi kutucuk içerisinde 38,923 birim olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Engel minimum sınırı.

Şekil 3.15’de görüldüğü üzere uygulamada, engelin alabileceği en alt konum mavi kutucuk içerisinde 29,923 birim olarak gösterilmiştir.

Konum analizleri ve muhtemel senaryolar tablolar halinde aşağıda gösterilmiştir. Tablo değerleri herhangi bir metrik birime ait değildir, sonuçlar birim olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.2. Araç engel konum analizleri.

Durumlar	Araç Konumu	Engel Konumu	Araç Yeni Konumu	Durumlar	Araç Konumu	Engel Konumu	Araç Yeni Konumu
1	38,923	38,923	38,923	40	37,615	31,3	37,615
2	38,923	38,385	36,155	41	37,615	30,615	37,615
3	38,923	37,615	35,385	42	37,615	29,923	37,615
4	38,923	37	34,77	43	37	38,923	36,693
5	38,923	36,385	38,923	44	37	38,385	36,155
6	38,923	35,69	38,923	45	37	37,615	35,385
7	38,923	35,15	38,923	46	37	37	37
8	38,923	34,615	38,923	47	37	36,385	38,615
9	38,923	33,923	38,923	48	37	35,69	37,92
10	38,923	33	38,923	49	37	35,15	37,38
11	38,923	31,9	38,923	50	37	34,615	37
12	38,923	31,3	38,923	51	37	33,923	37
13	38,923	30,615	38,923	52	37	33	37
14	38,923	29,923	38,923	53	37	31,9	37
15	38,385	38,923	36,693	54	37	31,3	37
16	38,385	38,385	38,385	55	37	30,615	37
17	38,385	37,615	35,385	56	37	29,923	37
18	38,385	37	34,77	57	36,385	38,923	36,385
19	38,385	36,385	38,615	58	36,385	38,385	36,155
20	38,385	35,69	38,385	59	36,385	37,615	35,385
21	38,385	35,15	38,385	60	36,385	37	34,77
22	38,385	34,615	38,385	61	36,385	36,385	36,385
23	38,385	33,923	38,385	62	36,385	35,69	37,92
24	38,385	33	38,385	63	36,385	35,15	37,38
25	38,385	31,9	38,385	64	36,385	34,615	36,845
26	38,385	31,3	38,385	65	36,385	33,923	36,385
27	38,385	30,615	38,385	66	36,385	33	36,385
28	38,385	29,923	38,385	67	36,385	31,9	36,385
29	37,615	38,923	36,693	68	36,385	31,3	36,385
30	37,615	38,385	36,155	69	36,385	30,615	36,385
31	37,615	37,615	37,615	70	36,385	29,923	36,385
32	37,615	37	34,77	71	35,69	38,923	35,69
33	37,615	36,385	38,615	72	35,69	38,385	35,69
34	37,615	35,69	37,92	73	35,69	37,615	35,385
35	37,615	35,15	37,615	74	35,69	37	34,77
36	37,615	34,615	37,615	75	35,69	36,385	34,155
37	37,615	33,923	37,615	76	35,69	35,69	35,69
38	37,615	33	37,615	77	35,69	35,15	37,38
39	37,615	31,9	37,615	78	35,69	34,615	36,845

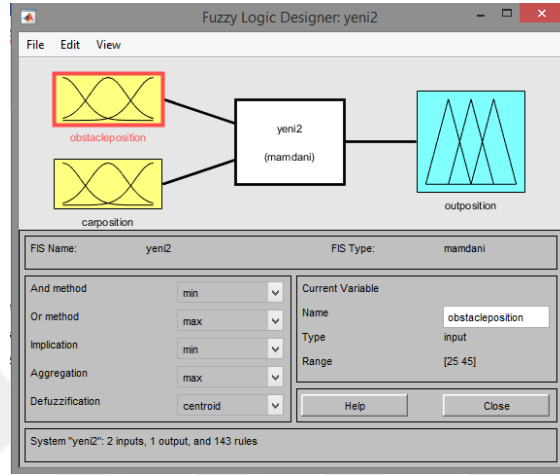
Tablo 3.2. Araç Engel konum analizleri (devamı).

Durumlar	Araç Konumu	Engel Konumu	Araç Yeni Konumu	Durumlar	Araç Konumu	Engel Konumu	Araç Yeni Konumu
79	35,69	33,923	36,153	118	33,923	35,69	33,46
80	35,69	33	35,69	119	33,923	35,15	32,92
81	35,69	31,9	35,69	120	33,923	34,615	32,385
82	35,69	31,3	35,69	121	33,923	33,923	33,923
83	35,69	30,615	35,69	122	33,923	33	35,23
84	35,69	29,923	35,69	123	33,923	31,9	34,13
85	35,15	38,923	35,15	124	33,923	31,3	33,923
86	35,15	38,385	35,15	125	33,923	30,615	33,923
87	35,15	37,615	35,15	126	33,923	29,923	33,923
88	35,15	37	34,77	127	33	38,923	33
89	35,15	36,385	34,155	128	33	38,385	33
90	35,15	35,69	33,46	129	33	37,615	33
91	35,15	35,15	35,15	130	33	37	33
92	35,15	34,615	36,845	131	33	36,385	33
93	35,15	33,923	36,153	132	33	35,69	33
94	35,15	33	35,23	133	33	35,15	32,92
95	35,15	31,9	35,15	134	33	34,615	32,385
96	35,15	31,3	35,15	135	33	33,923	31,693
97	35,15	30,615	35,15	136	33	33	33
98	35,15	29,923	35,15	137	33	31,9	34,13
99	34,615	38,923	34,615	138	33	31,3	33,53
100	34,615	38,385	34,615	139	33	30,615	33
101	34,615	37,615	34,615	140	33	29,923	33
102	34,615	37	34,615	141	31,9	38,923	31,9
103	34,615	36,385	34,155	142	31,9	38,385	31,9
104	34,615	35,69	33,46	143	31,9	37,615	31,9
105	34,615	35,15	32,92	144	31,9	37	31,9
106	34,615	34,615	34,615	145	31,9	36,385	31,9
107	34,615	33,923	36,153	146	31,9	35,69	31,9
108	34,615	33	35,23	147	31,9	35,15	31,9
109	34,615	31,9	34,615	148	31,9	34,615	31,9
110	34,615	31,3	34,615	149	31,9	33,923	31,693
111	34,615	30,615	34,615	150	31,9	33	30,77
112	34,615	29,923	34,615	151	31,9	31,9	31,9
113	33,923	38,923	33,923	152	31,9	31,3	33,53
114	33,923	38,385	33,923	153	31,9	30,615	32,845
115	33,923	37,615	33,923	154	31,9	29,923	32,153
116	33,923	37	33,923	155	31,3	38,923	31,3
117	33,923	36,385	33,923	156	31,3	38,385	31,3

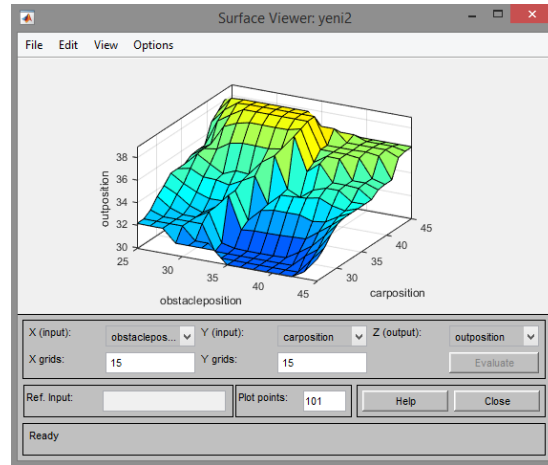
Tablo 3.2. Araç engel konum analizleri (devamı).

Durumlar	Araç Konumu	Engel Konumu	Araç Yeni Konumu
157	31,3	37,615	31,3
158	31,3	37	31,3
159	31,3	36,385	31,3
160	31,3	35,69	31,3
161	31,3	35,15	31,3
162	31,3	34,615	31,3
163	31,3	33,923	31,3
164	31,3	33	30,77
165	31,3	31,9	34,13
166	31,3	31,3	31,3
167	31,3	30,615	32,845
168	31,3	29,923	32,153
169	30,615	38,923	30,615
170	30,615	38,385	30,615
171	30,615	37,615	30,615
172	30,615	37	30,615
173	30,615	36,385	30,615
174	30,615	35,69	30,615
175	30,615	35,15	30,615
176	30,615	34,615	30,615
177	30,615	33,923	30,615
178	30,615	33	30,615
179	30,615	31,9	34,13
180	30,615	31,3	33,53
181	30,615	30,615	30,615
182	30,615	29,923	32,153
183	29,923	38,923	29,923
186	29,923	37	29,923
187	29,923	36,385	29,923
188	29,923	35,69	29,923
189	29,923	35,15	29,923
190	29,923	34,615	29,923
191	29,923	33,923	29,923
192	29,923	33	29,923
193	29,923	31,9	34,13
194	29,923	31,3	33,53
195	29,923	30,615	32,845
196	29,923	29,923	29,923

Yukarıda verilen tablolara göre araç-engel konum analizleri olası tüm durumlar için gösterilmiştir. Tablodaki 196 durum için, bulanık mantık algoritması içerisinde 143 adet kural belirlenmiştir. Yukarıda da daha önce ifade edildiği üzere ihtimal sayısı 196 olup buna karşılık 143 adet kural oluşturulmuştur. Diğer ihtimallerin hesaplanması bulanık mantığa bırakılmıştır.



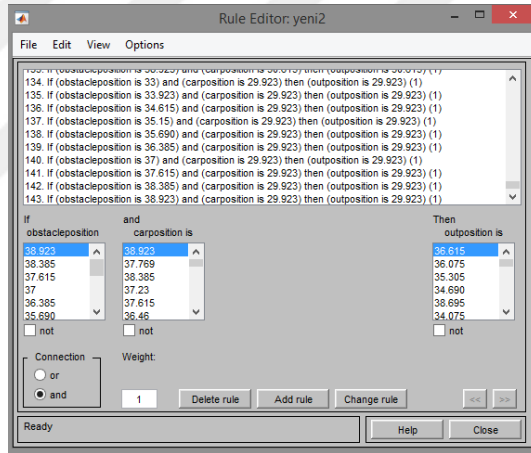
Şekil 3.16. Bulanık mantık giriş ve çıkış değerlerinin gösterimi.



Şekil 3.17. Araç-engel ve çıkış konumlarının 3 boyutlu grafiği.

Yukarıda gösterilen 3 boyutlu grafiğe göre; Engelin y koordinatındaki konumu 25 ile 35 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatında konumu 35 ile 45 birim arasında ise, aracın konumu grafikten de görüldüğü üzere değişmeyecektir. Diğer bir ifadeyle araç yolun üst tarafında iken, engel de nispeten biraz daha alt tarafında ise araç, y koordinatındaki konumunu değiştirmeden yoluna devam edecektir.

Engelin y koordinatındaki konumu 37 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 37 birimden fazla ise, aracın bir sonraki konumu 34 birime kadar düştüğü görülmüştür. Sebebi ise uygulamaya göre yolun üst sınırı 38.923 birim olarak belirlenmiştir. Bu sebeple aracın hem engele hem de üst bariyere çarpmaması icap ettiğinden konumunu 34 birime kadar düşürmektedir. Aynı durum yolun alt yarısı için de geçerlidir. Engelin y koordinatındaki konumu 31 birimken, buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 30 birim ise araç alt bariyere çarpmamak y koordinatında 33 birimin biraz daha yukarisına çıktığı görülmüştür. Engel y koordinatındaki konumu 34 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 35 birim ise, aracın y koordinatında 36 birime kadar çıktığı görülmüştür. Aynı şekilde engelin y koordinatındaki konumu 35 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 34 birim ise, aracın y koordinatında 33 birime kadar düştüğü görülmüştür.

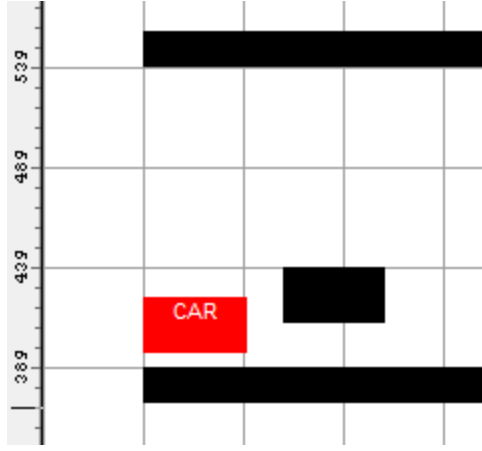


Şekil 3.18. Kural yapısı şeması.

### 3.3.2. Olası araç-engel konum senaryoları

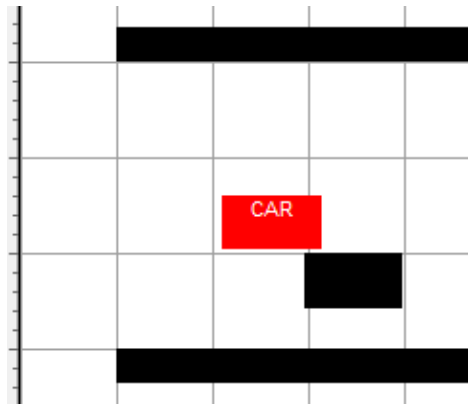
Bu başlıkta muhtemel araç-engel konum senaryoları incelenmiştir. Yukarıdaki araç-engel konum analiz tablolarına göre muhtemel senaryolar 10 adet olarak belirlenmiştir. Bu senaryolar maddeler halinde sıralanmıştır. Yol üzerindeki engeller durağan haldedir. Mevcut kod yapısında aracın önüne gelen ilk engele göre tepki vermesi yönünde uyarlanmıştır. Buna mukabil algoritma yapısı geliştirilebilir ve önüne çıkabilecek arka arkaya 2 veya daha engeli aynı anda algılayıp daha doğru ve daha kabul edilebilir karar vermesi sağlanabilir. Her bir engelin boyutu 2,23 birim olarak belirlenmiştir.

- Senaryo 1



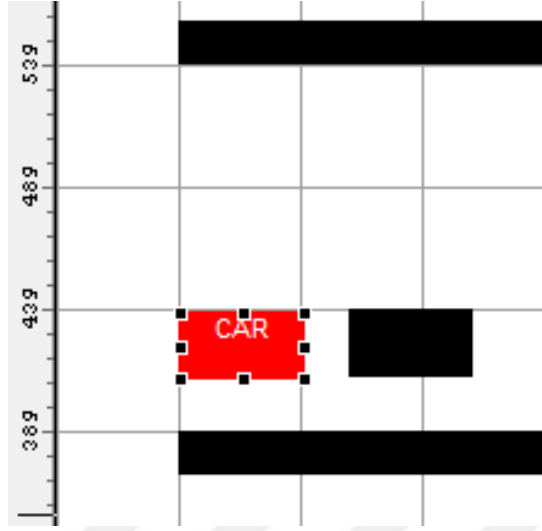
Şekil 3.19. Senaryo 1.

Şekil 3.20.'de görüleceği üzere kırmızı renkle gösterilen araç, siyah renkle gösterilen engelle karşılaştığında sağ yöne doğru manevra kabiliyeti uygun olmayacağı için araç, engele göre sol tarafına geçme zorunluluğundadır. Bilgisayar uygulamasında kutucukların boyutu 2.23 birim olarak belirlenmiştir. Buna göre aracın son konumu engele çarpmadan geçişe uygun bir şekilde, engel konumu ile 2.23 toplamı şeklinde olmalıdır. Şekilde gözüktüğü üzere aracın konumu y koordinatında 30 birimdir. Siyah ile temsil edilen engel ise y koordinatındaki konumu 31.46 birimdir. Aracın engele çarpmadan yoluna devam edebilmesi için engelin konumuna göre 2.23 birim daha yukarisından hareket ettiği takdirde sorunsuz yoluna devam edebilir. Son durumda aracın mevcut konumu 33.69 birim olmuştur.



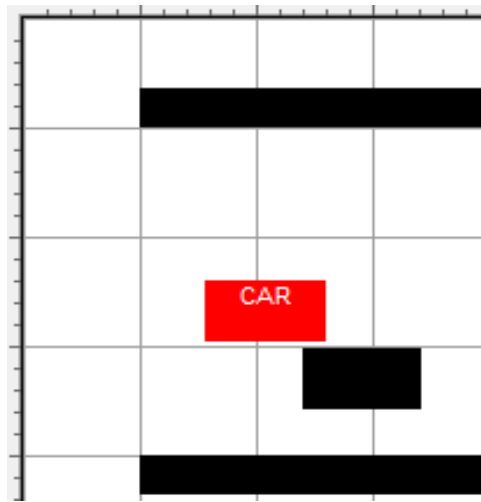
Şekil 3.20. Senaryo 1 cevabı.

- Senaryo 2



Şekil 3.21. Senaryo 2.

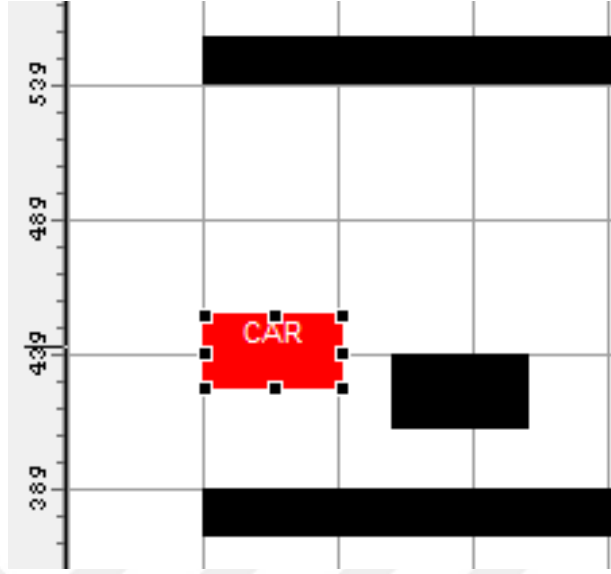
Şekil 3.22.'de görüldüğü üzere araç ve engel düzlemde birebir karşı karşıya geldiği görülmektedir. Bu durumda aracın aşağı yöndeki hareketi uygun bir manevra olmayacağından dolayı, aracın engele göre sol tarafından manevra yapması zorunluluğu vardır. Araç aşağı yönde hareket ettiği takdirde engel ile alt bariyer arasında geçebileceği bir boşluk yoktur. Bu sebeple kırmızı renkte temsil edilen araç, yukarı yönde hareket etmelidir. Daha önce de bahsedildiği üzere aracın olması gerektiği konum engelin 2.23 birim yukarısında olmalıdır.



Şekil 3.22. Senaryo 2 cevabı.

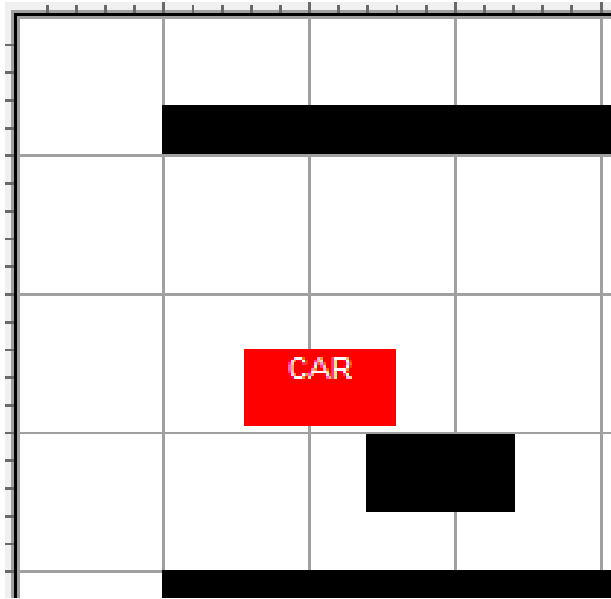


- Senaryo 3



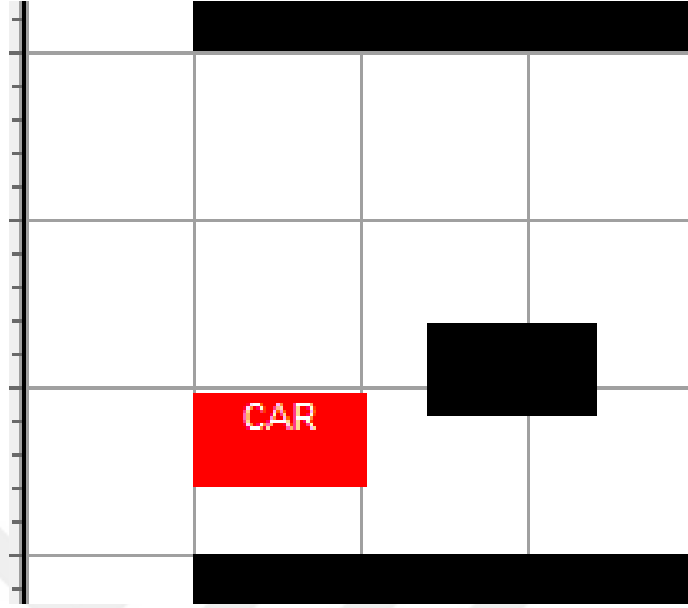
Şekil 3.23. Senaryo 3.

Şekil 3.23.'e göre uygun geçişin sağlanması için kırmızı renkte temsil edilen aracın engele göre engelin solundan manevra yapması gerekmektedir. Genel olarak algoritma yapısı gereği bu gibi durumlarda nispeten daha boş olan diğer bölgelerin tercih edilmesi yerine aracın engele değmeyecek şekilde daha az manevra uygun görülmüştür.



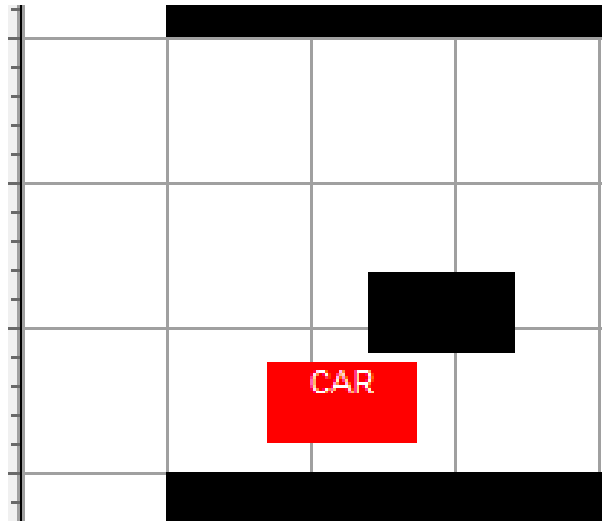
Şekil 3.24. Senaryo 3 cevabı.

- Senaryo 4



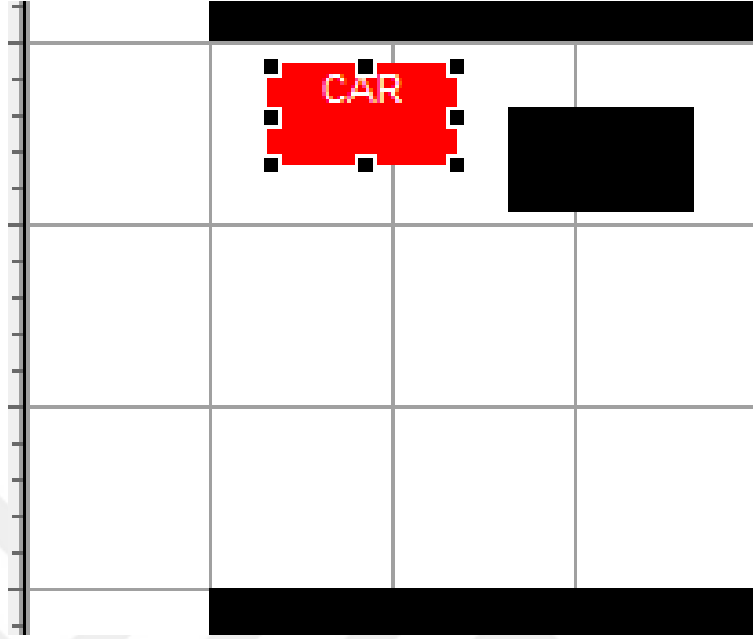
Şekil 3.25. Senaryo 4.

Yukarıdaki Şekil 3.25.'de görüldüğü üzere araç, kendisine göre nispeten biraz daha yukarıda bulunan bir engelle karşılaştığı zaman diğer senaryolarda olduğu gibi boş alanları tercih etmek durumundadır. Burada yapay zekâ, engele çarpmayacak şekilde ve yukarı yönde hareket etmek yerine, mevcut durumda alt bariyer ile engelin arasından geçebilecek boşluğa sahipse aşağı yönde hareket edecek şekilde algoritma yapısı tasarlanmıştır.



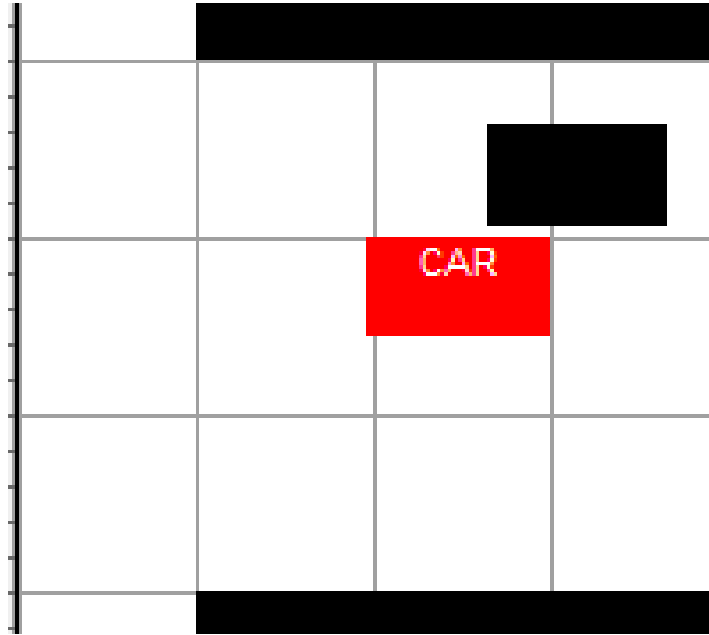
Şekil 3.26. Senaryo 4 cevabı.

- Senaryo 5



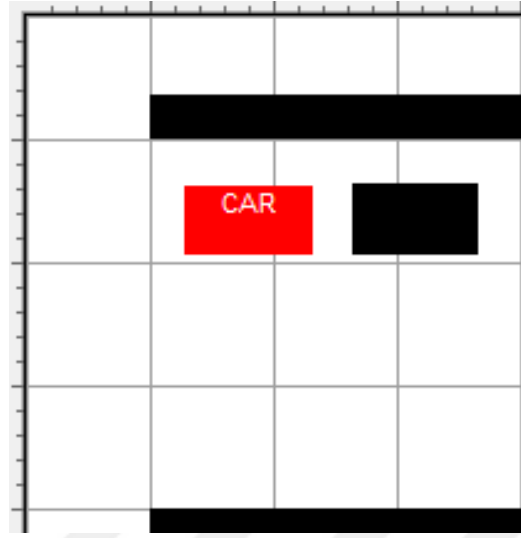
Şekil 3.27. Senaryo 5.

Yukarıdaki Şekil 3.27.' de görüldüğü üzere aracın, birinci senaryodakine benzer şekilde yukarı temsili aracın yönde hareket etmesine olanak yoktur. Dolayısıyla aşağı yönde, yani engelle göre engelin sağından hareket etme mecburiyeti vardır.



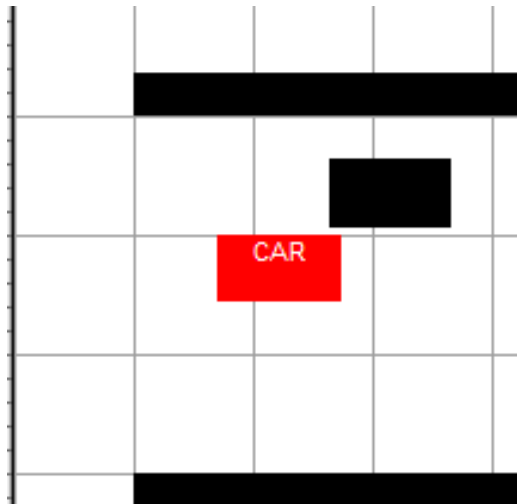
Şekil 3.28. Senaryo 5 cevabı.

- Senaryo 6



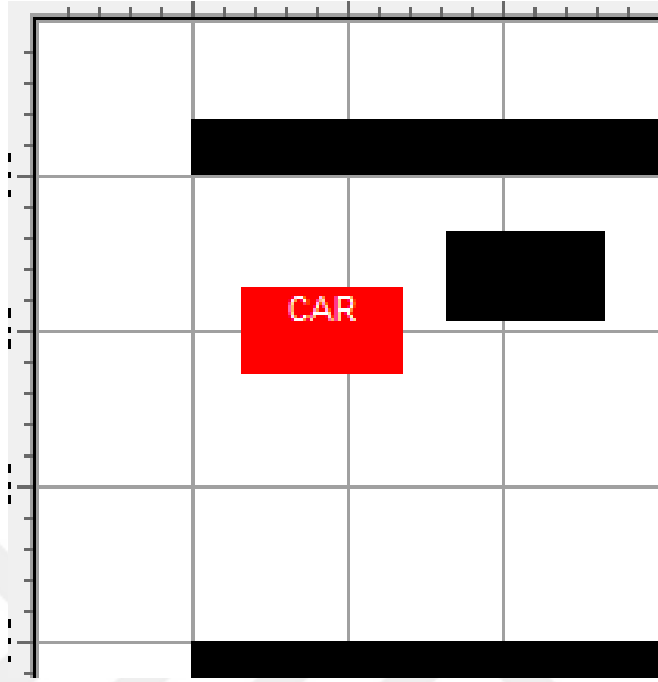
Şekil 3.29. Senaryo 6.

Yukarıdaki şekilde görüleceği üzere, aracın engel ve üst bariyer arasında, engelin solundan geçmesinin ihtimali yoktur. Dolayısıyla engele göre engelin sağından geçme mecburiyeti vardır. Burada diğer senaryolarda olduğu gibi araç için yüksek miktarda manevra yapmak yerine, aracın engele çarpmayacak şekilde engeli aşması makul görülmüş ve buna göre algoritma yapısı oluşturulmuştur. Bu sebeple temsili araç mevcut konumda engelle temas etmeyecek şekilde engelin sağından hareket ederek yoluna devam etmiştir.



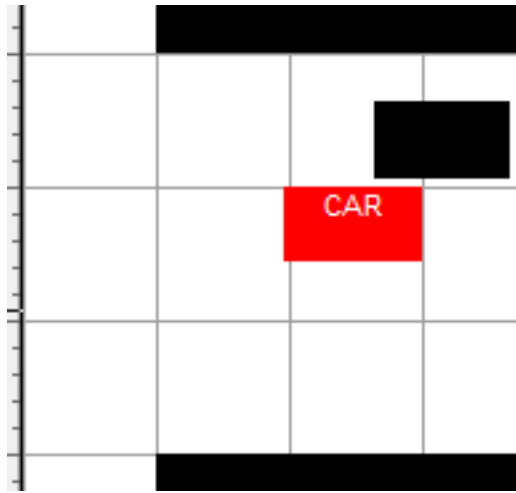
Şekil 3.30. Senaryo 6 cevabı.

- Senaryo 7



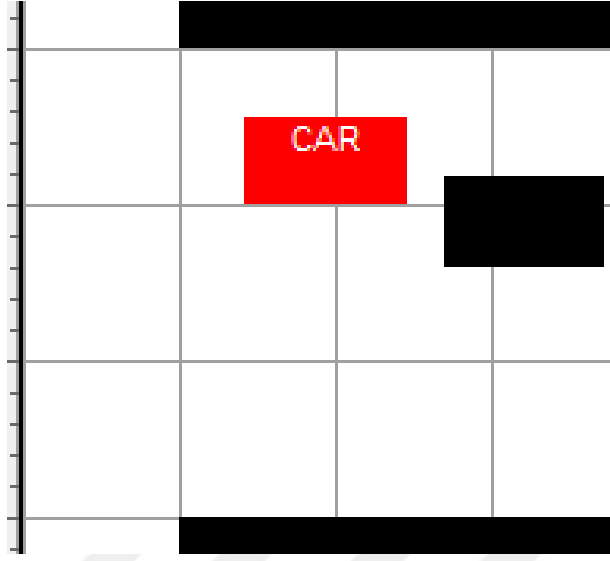
Şekil 3.31. Senaryo 7.

Şekil 3.32.'de görüldüğü üzere araç için aşağı yönde engele çarpmayacak şekilde manevra yapması uygun görülmüştür. Diğer senaryolara benzer şekilde aracın manevrası kısıtlı tutulmuş ve makul ölçüde aşağı yönde hareketi gerçekleştirecek şekilde algoritma yapısı oluşturulmuştur.



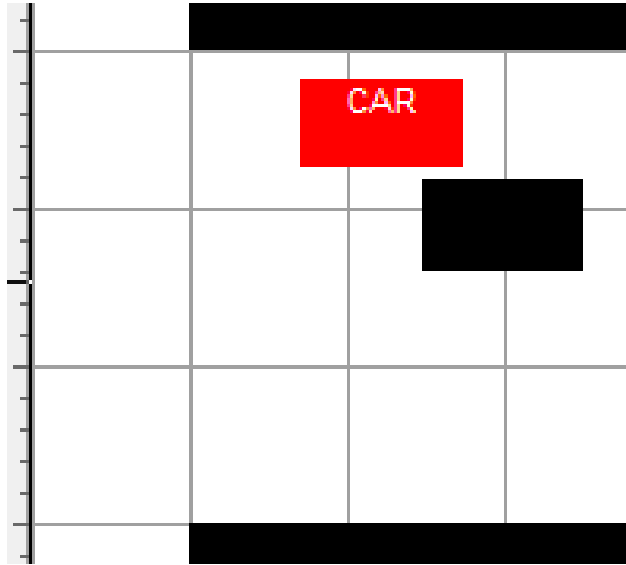
Şekil 3.32. Senaryo 7 cevabı.

- Senaryo 8



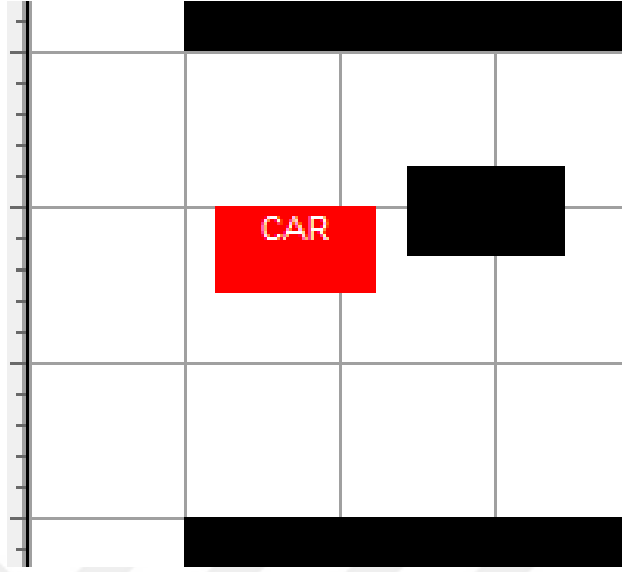
Şekil 3.33. Senaryo 8.

Şekilde görüldüğü üzere engele göre nispeten biraz daha yukarıda bulunan temsili aracın, yukarı yönde manevra yapabilme kabiliyeti vardır. Aracın aşağı yönde yüksek miktarda manevra yapmak yerine yukarı yönde daha az manevra ile engeli geçmesi yönünde algoritma oluşturulmuştur. Engel ile üst bariyer arasında yeterli boşluk varsa bu durum geçerlidir. Mevcut durumda Senaryo 8 ile Senaryo 4 ile benzerlik göstermektedir.



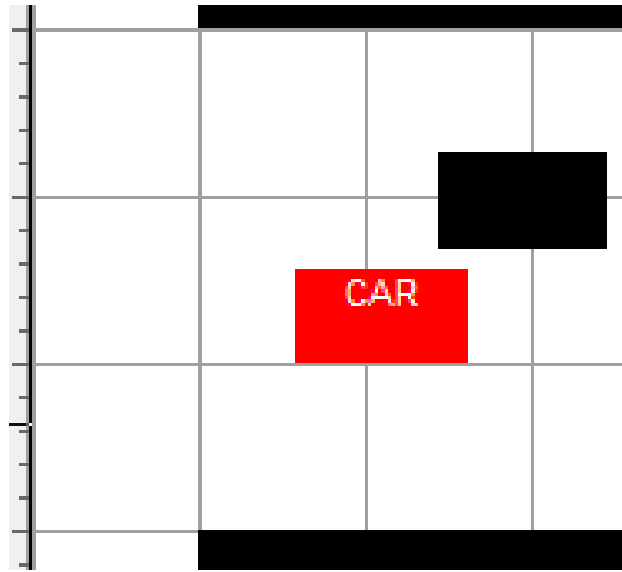
Şekil 3.34. Senaryo 8 cevabı

- Senaryo 9



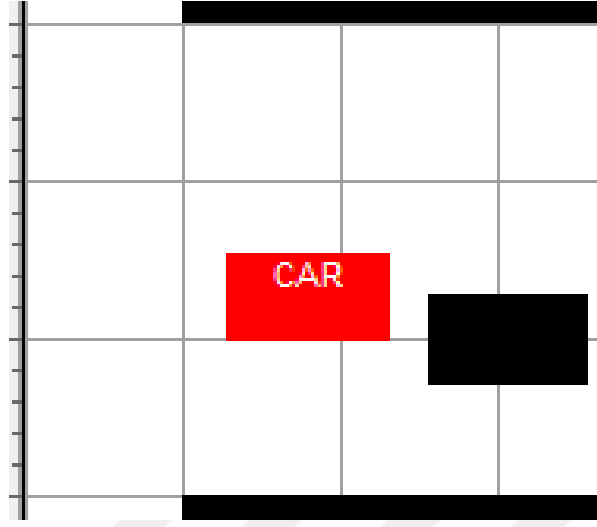
Şekil 3.35. Senaryo 9.

Yukarıdaki Şekil 3.35.'de görüldüğü üzere aracın hem yukarı hem aşağı yönde iki farklı tercih durumu vardır. Fakat konum itibariyle yukarı yönde daha fazla manevra yapması yerine aşağı yönde daha az manevra ile engeli geçmesi makuldür görülmüştür ve algoritma bu minvalde oluşturulmuştur. Aracın yukarı yönde hareket etmesi için engelin, diğer senaryolarda benzer şekilde araç, engelin üst yarısında olması icap eder.



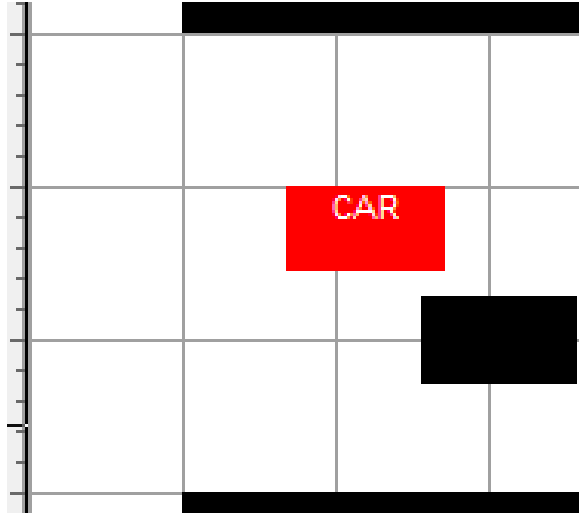
Şekil 3.36. Senaryo 9 cevabı.

- Senaryo 10



Şekil 3.37. Senaryo 10.

Yukarıdaki Şekil 3.37’de görüldüğü üzere Senaryo 9’a benzer şekilde aracın yukarı ve aşağı doğrultuda olmak üzere iki seçeneği de mevcuttur. Fakat mevcut konum itibariyle aracın aşağı yönde daha fazla manevra yapması yerine yukarı yönde daha az manevra ile hareket etmesi makul görülmüştür ve algoritma yapısı bu minvalde oluşturulmuştur.



Şekil 3.38. Senaryo 10 cevabı.

Mevcut son durumda 10 adet araç-engel senaryosu tanımlanmıştır. Ve bu senaryolara ilişkin aracın gidebileceği veya tercih edebileceği doğrultular belirtilmiş olup bu minvalde bulanık mantık örgüsü oluşturulmuştur.



Senaryo gereği aracın konumu üst bariyere yakın bir konumdayken, bir engelle karşılaştığında eğer engelin üst yarısında ise ve engelle bariyer arasında aracın geçebileceği boşluk mevcut değilse, araç engelle temas etmeyecek şekilde aşığı yönde hareket ederek yoluna devam edecektir. Araç üst bariyere yakın bir noktada ve engelin üst yarısında, engelle üst bariyer arasında aracın çarpmadan geçebileceği bir boşluk varsa araç yukarı yönde hareket edecektir.

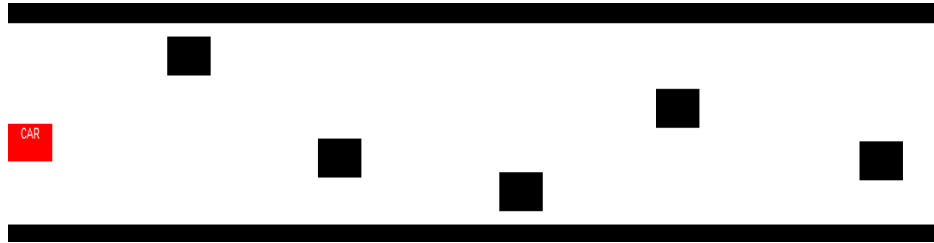
Diğer bir senaryo ise araç üst bariyere yakın bir noktada seyrederken karşıındaki engelin alt yarısında ise, araç aşığı yönde engele çarpmaksızın yolunda devam edecektir. Yukarıda yazılanlara takiben aynı senaryolar yolun alt yarısı için de geçerlidir. Araç alt bariyere yakın bir noktada engelle karşılaştığında, engelin alt yarısında ve engelle alt bariyer arasında aracın geçebileceği yeterli boşluk mevcut değilse araç yukarı yönde hareket edecektir. Araç alt bariyere yakın bir noktada, engelle karşılaştığında, engelin alt yarısında ve engelle bariyerin arasında aracın geçebileceği yeterli alan var ise araç, boşluktan manevra yapacak şekilde aşığı yönde hareket edecektir. Benzer bir diğer senaryo ise, araç alt bariyere yakın bir noktadayken engelle karşılaştığında ve engelin üst yarısında bulunduğu bir noktada, araç engele çarpmayacak şekilde yukarı yönde hareket edecektir.

Araç nispeten daha ortalarda bulunduğu noktalarda ise aracın ikinci durumda alacağı pozisyon karşılaştığı sadece engelin konumuna göre değişkenlik gösterecektir. Söz gelimi araç yol ortası bir pozisyonda engelle karşılaştığında yukarı ve aşığı yönde hareket seçenekleri olabilir. Fakat karşılaştığı engelin üst yarısında veya alt yarısında olup olmama durumuna göre aşığı yöne ve yukarı yönde cevap verecektir. Kafa kafaya karşılaşma durumunda ise araç üst yarısında veya alt yarısında bulunduğu konuma göre cevap verecektir. Bütün bu senaryolarda dikkat edilmesi gereken husus ise; araç hareketlidir, engeller buldukları konumlarda ise sabittir. Araç yol boyunca ilerlerken arkasından veya karşıından herhangi hareketli bir obje gelmediği varsayılarak bulanık mantık örgüsü oluşturulmuştur. Senaryolara yukarıda bahsedilen parametrelerin de eklenmesi halinde gerçek bir sürüş deneyimi sağlanabilir. Fakat durum itibariyle giriş ve çıkış değerleri için değerkenlerin sayısında artış olabilir.

## BÖLÜM 4. UYGULAMA VE SONUÇLARI

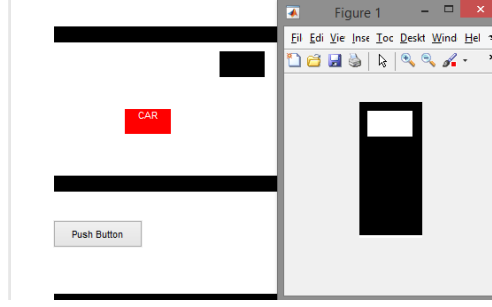
Bu başlık altında Bölüm 3'te belirtilen senaryolara uygun olarak engeller farklı dizilimlerde, yol boyunca konumlandırılmış ve bu engellere göre aracın vereceği konum cevapları yorumlanmıştır. Bu aşamada 5 farklı bilgisayar uygulaması incelenmiştir ve sonuçlar tablolar halinde değerlendirilmiştir. Her bir uygulama için temsili yola en az 5 engel konulmuş ve bir uygulama toplamda en az 25 farklı tahmin yapılmıştır. Tablolarda beş adet veri incelenmiştir. Birinci sütun yol boyunca geçen süreyi, ikinci sütun yol engellerin y koordinatlarını, üçüncü sütun aracın o anda ki y koordinatını, dördüncü sütun aracın yeni y koordinatı ile engelin y koordinatı arasındaki farkı ve beşinci sütun ise aracın yol boyunca aldığı mesafeyi yani x koordinatını temsil etmektedir

### 4.1. Birinci Uygulamanın Sonuç ve Değerlendirmesi



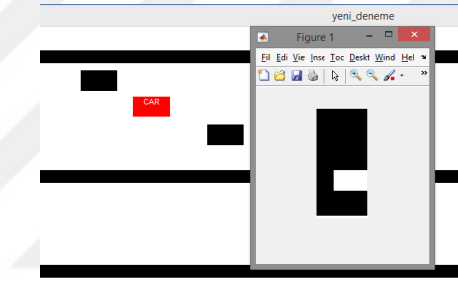
Şekil 4.1. Uygulama 1.

Yukarıdaki Şekil 4,1'e göre kırmızı renkte temsil edilen araç x koordinatı 9,8, y koordinatı ise 33,46'da olacak şekilde başlangıç pozisyonu olarak konumlandırılmıştır. Karşısındaki engellerin konumlarının y koordinatları soldan sağa olacak şekilde sırasıyla [38,38 32,46 30,61 35,30 32,30] olacak şekildedir. Aracın ve engellerin boyunun 2.23 birim olduğu hatırlanmalıdır. Uygulamada araç başlangıç pozisyonunda y koordinatında 33,46 ve x koordinatında 9,8 de iken karşısında 5 adet engel bulunmaktadır. Bu uygulamanın sonucunda araç başlangıç konumundan itibaren 4. saniyesinde ilk engeli tespit etmiş ve duruma göre mevcut pozisyonunu korumuştur.



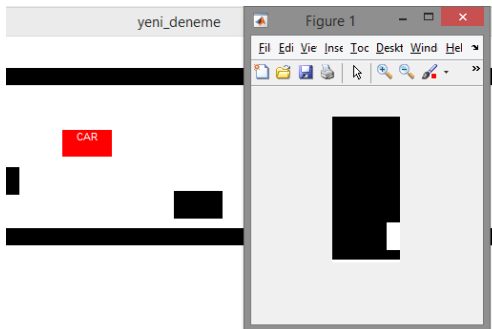
Şekil 4.2. Uygulama 1 ilk engelle karşılaşma.

Yukarıdaki şekilde, uygulamanın 4. saniyesinde engelin y koordinatındaki konumu 38,3851 birimdir. Aracın x koordinatındaki konumu 21,8 birim ve y koordinatındaki konumu ise 33,4615 birimdir. Engel, araca herhangi bir sorun oluşturmadığı için bulanık mantık aracın y koordinatını değiştirmemiştir.



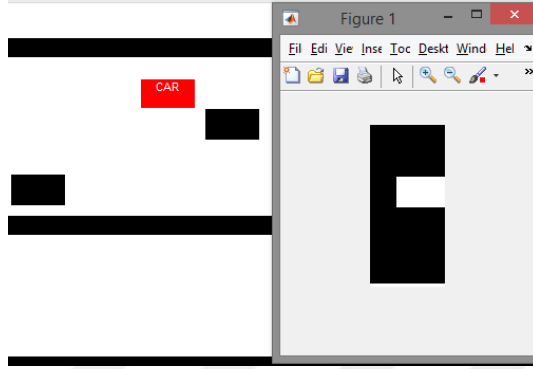
Şekil 4.3. Uygulama 1 ikinci engel ile karşılaşma.

Yukarıda Şekil 4.3'te aracın x koordinatı 49,8 birim ve y koordinatı 33,4615 birimdir. Araç 11.saniyede ikinci engelle karşılaşmıştır. İkinci engelin y koordinatı konumu 32,92 birimdir. Bulanık mantık aracın engele çarpmaması için, aracın y koordinatını yukarı yönde 2,3155 birim arttırmıştır. Son durumda aracın y koordinatı konumu 35,2355 birimdir.



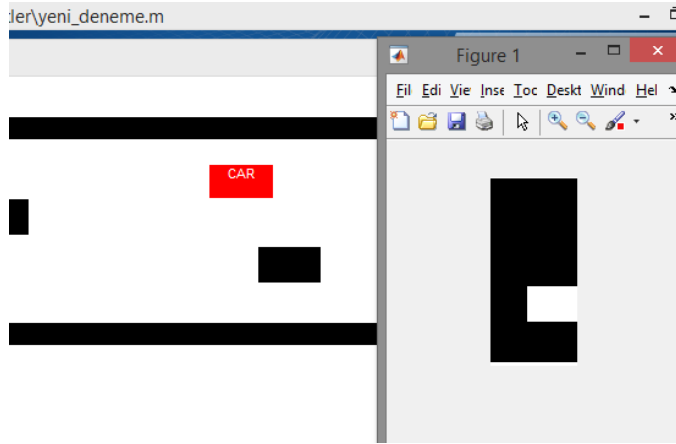
Şekil 4.4. Uygulama 1 üçüncü engel ile karşılaşma.

Yukarıdaki Şekil 4.4'te araç 23.saniyedeki x koordinatı 97,8 birim ve y koordinatı ise 35,577 birimdir. Mevcut konumda 3.engelin y koordinatı ise 30,615 birimdir. Mevcut durumda engelin konumu aracın yol düzeninde herhangi bir engel teşkil etmediği için, bulanık mantık aracın y koordinatını değiştirmemiştir.



Şekil 4.5. Uygulama 1 dördüncü engel ile karşılaşma.

Şekil 4.5'te engelin y koordinatı 35,169 birimdir. Aracın engelle karşılaşmasından bir önceki konumu 35,577 birim olup engele doğru yaklaştıkça konumunu y koordinatında ve yukarı yönde 37,5987 birime kadar getirmiştir. Ve bu sayede araç, engele çarpmaksızın yoluna devam edebilmiştir.



Şekil 4.6. Uygulama 1 beşinci engel ile karşılaşma.

Şekil 4.6'da engelin y koordinatı 31,8989 birim olup buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 37,5987 birimdir. Mevcut durumda engelin konumu aracın yol düzeninde herhangi bir engel teşkil etmediği için, bulanık mantık aracın y koordinatını değiştirmemiştir.

```

*****
46) durum
engel konumu = 31.8989
(y kord.) mevcut konum 37.5987
--- 46 zamanında engelle karşılaşılmıştır ---
--- 189.8 x konumunda engelle karşılaşılmıştır ---
değerlendirme sonucu konum 37.5987
x de ki koordinatı = 189.8
y de ki koordinatı = 37.5987
*****

```

Şekil 4.7. Uygulama 1'e ait 46.saniyedeki program çıktısı.

Aşağıdaki tabloda 58 saniye için aracın y koordinatını, x koordinatını ve yol boyunca karşılaştığı engellerin y koordinatlarını, buna karşılık aracın y koordinatındaki yeni pozisyonu ve son durumda y koordinatında araç ile engel arasındaki farklar gösterilmiştir. Sonuçlar birim cinsindedir.

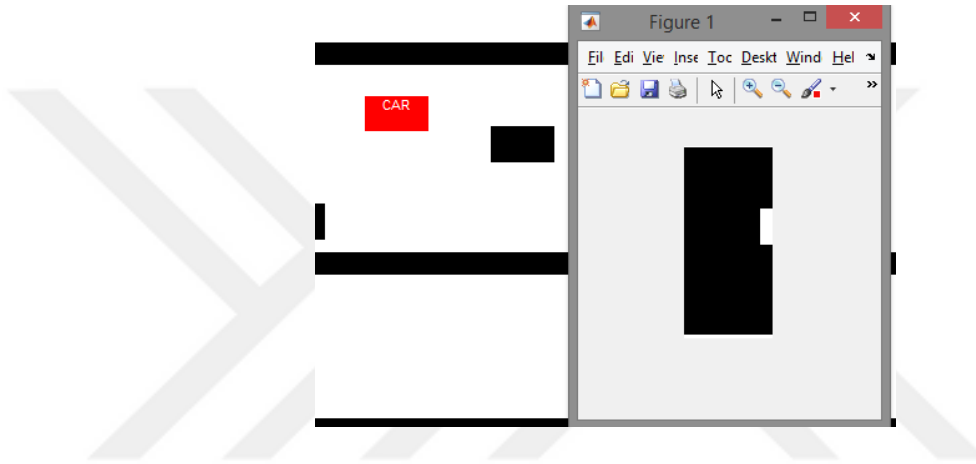
Tablo 4.1. Uygulama 1 konum analizi.

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
1	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	9,8
2	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	13,8
3	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	17,8
4	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	21,8
5	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	25,8
6	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	29,8
7	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	33,8
8	29,8972	33,4615	33,4615	3,5643	37,8
9	29,8972	33,4615	33,4615	3,5643	41,8
10	29,8972	33,4615	33,4615	3,5643	45,8
11	32,92	33,4615	35,577	2,657	49,8
12	32,92	35,577	35,577	2,657	53,8
13	32,92	35,577	35,577	2,657	57,8
14	32,92	35,577	35,577	2,657	61,8
15	32,92	35,577	35,577	2,657	65,8
16	32,92	35,577	35,577	2,657	69,8
17	32,92	35,577	35,577	2,657	73,8
18	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	77,8
19	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	81,8
20	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	85,8
21	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	89,8

Tablo 4.1. Uygulama 1 konum analizi (devamı).

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
22	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	93,8
23	30,615	35,577	35,577	4,962	97,8
24	30,615	35,577	35,577	4,962	101,8
25	30,615	35,577	35,577	4,962	105,8
26	30,615	35,577	35,577	4,962	109,8
27	30,615	35,577	35,577	4,962	113,8
28	30,615	35,577	35,577	4,962	117,8
29	29,8972	35,577	35,577	5,6798	121,8
30	29,8972	35,577	35,577	5,6798	125,8
31	29,8972	35,577	35,577	5,6798	129,8
32	29,8972	35,577	35,577	5,6798	133,8
33	35,169	35,577	372,487	2,0797	137,8
34	35,169	37,2487	37,5987	2,4297	141,8
35	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	145,8
36	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	149,8
37	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	153,8
38	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	157,8
39	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	161,8
40	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	165,8
41	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	169,8
42	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	173,8
43	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	177,8
44	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	181,8
45	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	185,8
46	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	189,8
47	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	193,8
48	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	197,8
49	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	201,8
50	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	205,8
51	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	209,8
52	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	213,8
53	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	217,8
54	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	221,8
55	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	225,8
56	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	229,8
57	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	233,8
58	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	237,8

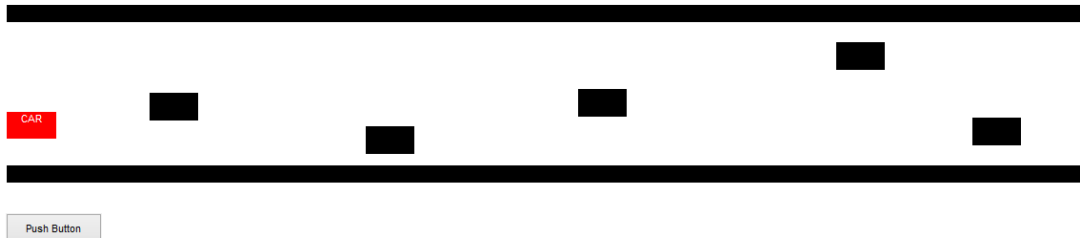
Yukarıdaki tablo değerlerine bakıldığında aracın ve karşısındaki engellerin konumları sayısal olarak gösterilmiştir. Fakat tabloda 33.saniye de araç ile engel arasındaki fark 2,23 birimden daha düşük olduğu görülmüştür. Normal şartlarda aracın engele çarpmadan yoluna devam edebilmesi için engel boyunun üstünde veya altındaki konumlarda hareket etmesi gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle her bir engelin boyu 2,23 ise, aracın yoluna sorunsuz bir şekilde devam edebilmesi için, engelin mevcut konumunun ya 2,23 birim yukarısında ya da 2,23 birim aşağısından hareket etmesi gerekmektedir. Bu sebeple 33.saniyedeki aracın mevcut konumu tekrar incelenmiştir.



Şekil 4.8. Uygulama 1 konum karşılaştırma.

Yukarıdaki şekilden de görüleceği üzere aracın 33.saniyedeki konumu mevcut durumda çarpma vaziyetindedir fakat henüz engele tam olarak yaklaşmış değildir. Buna karşılık 34.saniyede konumunu toplamış ve fark 2,47'lere kadar çıkmıştır. Bu durumda araç yolduna sorunsuz bir şekilde devam edebilmiştir.

## 4.2. İkinci Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi



Şekil 4.9. Uygulama 2.

İkinci uygulamanın ana varyantı Şekil 4,9'daki gibidir. İkinci uygulama, ilk uygulama ile karşılaştırıldığında yol uzunluğu aynıdır ve ilk uygulamaya benzer olarak araç yolu 58 saniyede tamamlamıştır. Aracın 58 saniye içerisinde karşısına çıkan engellere verdiği cevaplar tablolar halinde gösterilmiştir. Mevcut durumda araç y koordinatı 32 birimdir. Buna karşılık engellerin y koordinatları ise sırasıyla 33,3846, 30,76, 33,69, 37,53 ve 31,46 birimdir.

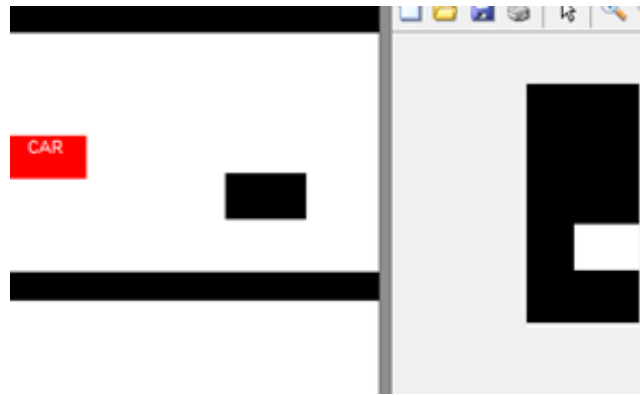
Tablo 4.2. Uygulama 2 konum analizi.

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
1	33,0066	32	30,4187	2,5879	9,8
2	33,0066	30,4187	30,4187	2,5879	13,8
3	33,0066	30,4187	30,4187	2,5879	17,8
4	33,0066	30,4187	30,4187	2,5879	21,8
5	33,0066	30,4187	30,4187	2,5879	25,8
6	29,9818	30,4187	30,4187	0,4369	29,8
7	29,9818	30,4187	30,4187	0,4369	33,8
8	29,9818	30,4187	30,4187	0,4369	37,8
9	29,9818	30,4187	30,4187	0,4369	41,8
10	29,9818	30,4187	30,4187	0,4369	45,8
11	29,9818	30,4187	30,4187	0,4369	49,8
12	30,6093	30,4187	32,4947	1,8854	53,8
13	30,6093	32,4947	32,8447	2,2354	57,8
14	30,6093	32,8447	33,1947	2,5854	61,8
15	30,6093	33,1947	33,1947	2,5854	65,8
16	30,6093	33,1947	33,1947	2,5854	69,8
17	30,6093	33,1947	33,1947	2,6	73,8
18	29,9818	33,1947	33,1947	3,2	77,8
19	29,9818	33,1947	33,1947	3,2	81,8
20	29,9818	33,1947	33,1947	3,2	85,8
21	29,9818	33,1947	33,1947	3,2	89,8
22	29,9818	33,1947	33,1947	3,2	93,8
23	29,9818	33,1947	33,1947	3,2	97,8
24	33,911	33,1947	31,3611	2,5	101,8
25	33,911	31,3611	31,3611	2,5	105,8
26	33,911	31,3611	31,3611	2,5	109,8
27	33,911	31,3611	31,3611	2,5	113,8
28	33,911	31,3611	31,3611	2,5	117,8
29	33,911	31,3611	31,3611	2,5	121,8
30	33,911	31,3611	31,3611	2,5	125,8
31	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	129,8



Tablo 4.2 Uygulama 2 konum analizi (devamı).

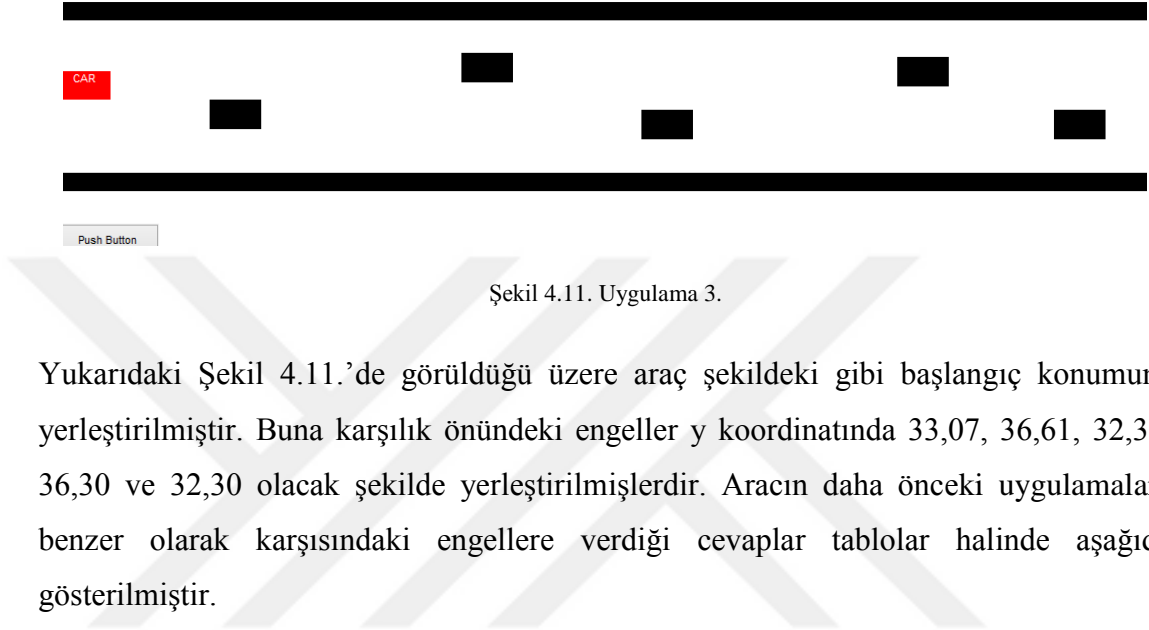
Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
32	<b>29,9818</b>	<b>31,3611</b>	<b>31,3611</b>	<b>1,4</b>	<b>133,8</b>
33	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	137,8
34	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	141,8
35	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	145,8
36	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	149,8
37	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	153,8
38	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	157,8
39	37,6026	31,3611	31,3611	6,2	161,8
40	37,6026	31,3611	31,3611	6,2	165,8
41	37,6026	31,3611	31,3611	6,2	169,8
43	37,6026	31,3611	31,3611	6,2	177,8
44	37,6026	31,3611	31,3611	6,2	181,8
45	37,6026	31,3611	31,3611	6,2	185,8
46	29,9818	31,3611	31,3611	1,4	189,8
47	31,3037	31,3611	33,8894	2,6	193,8
48	31,3037	33,8894	33,8894	2,6	197,8
49	31,3037	33,8894	33,8894	2,6	201,8
50	31,3037	33,8894	33,8894	2,6	205,8
51	31,3037	33,8894	33,8894	2,6	209,8
52	31,3037	33,8894	33,8894	2,6	213,8
53	31,3037	33,8894	33,8894	2,6	217,8
54	29,9818	33,8894	33,8894	3,9	221,8
55	29,9818	33,8894	33,8894	3,9	225,8
56	29,9818	33,8894	33,8894	3,9	229,8
57	29,9818	33,8894	33,8894	3,9	233,8
58	29,9818	33,8894	33,8894	3,9	237,8



Şekil 4.10. Engel konum analizi.

Yukarıdaki şekil incelendiğinde aracın 31.saniye de henüz engelle arasında boşluk olduğu görülmüştür. İlerleyen saniyelerde araç konumu düzeltilmiş ve 38.saniye ye geldiğinde engelle arasına mesafe koyarak yoluna istikrarlı bir şekilde devam edebilmiştir.

### 4.3. Üçüncü Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi



Şekil 4.11. Uygulama 3.

Yukarıdaki Şekil 4.11.'de görüldüğü üzere araç şekildeki gibi başlangıç konumuna yerleştirilmiştir. Buna karşılık önündeki engeller y koordinatında 33,07, 36,61, 32,30, 36,30 ve 32,30 olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Aracın daha önceki uygulamalara benzer olarak karşısındaki engellere verdiği cevaplar tablolar halinde aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Uygulama 3 konum analizi.

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
1	33	35,3846	35,3846	2,4	9,8
2	33	35,3846	35,3846	2,4	13,8
3	33	35,3846	35,3846	2,4	17,8
4	33	35,3846	35,3846	2,4	21,8
5	29,9255	35,3846	35,3846	5,5	25,8
6	29,9255	35,3846	35,3846	5,5	29,8
7	29,9255	35,3846	35,3846	5,5	33,8
8	29,9255	35,3846	35,3846	5,5	37,8
9	29,9255	35,3846	35,3846	5,5	41,8
10	29,9255	35,3846	35,3846	5,5	45,8
11	29,9255	35,3846	35,3846	5,5	49,8
12	36,3958	35,3846	33,7376	2,7	53,8
13	36,3958	33,7376	33,7376	2,7	57,8
14	36,3958	33,7376	33,7376	2,7	61,8
15	36,3958	33,7376	33,7376	2,7	65,8
16	36,3958	33,7376	33,7376	2,7	69,8

Tablo 4.3. Uygulama 3 konum analizi (devamı).

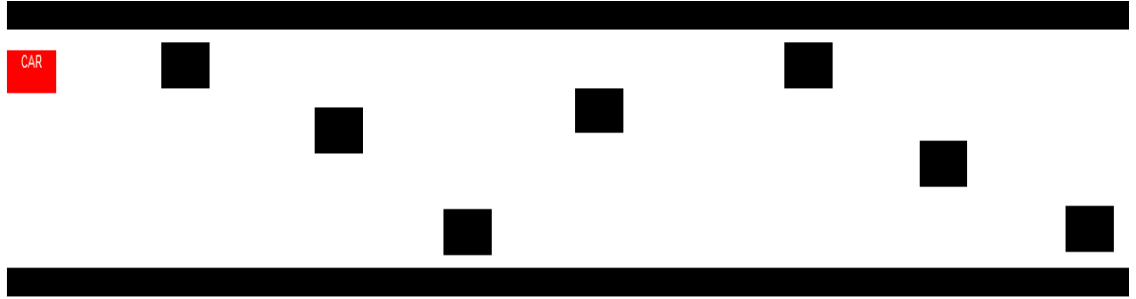
Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
17	36,3958	33,7376	33,7376	2,7	73,8
18	36,3958	33,7376	33,7376	2,7	77,8
19	29,9255	33,7376	33,7376	3,8	81,8
20	29,9255	33,7376	33,7376	3,8	85,8
21	29,9255	33,7376	33,7376	3,8	89,8
22	31,9113	33,7376	34,0876	2,2	93,8
23	31,9113	34,0876	34,4376	2,5	97,8
24	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	101,8
25	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	105,8
26	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	109,8
27	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	113,8
28	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	117,8
29	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	121,8
30	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	125,8
31	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	129,8
32	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	133,8
33	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	137,8
34	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	141,8
35	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	145,8
36	36,3883	34,4376	34,0876	2,3	149,8
37	36,3883	34,0876	34,0876	2,3	153,8
38	36,3883	34,0876	34,0876	2,3	157,8
39	36,3883	34,0876	34,0876	2,3	161,8
40	36,3883	34,0876	34,0876	2,3	165,8
41	36,3883	34,0876	34,0876	2,3	169,8
42	36,3883	34,0876	34,0876	2,3	173,8
43	29,9255	34,0876	34,0876	4,2	177,8
44	29,9255	34,0876	34,0876	4,2	181,8
45	31,9113	34,0876	34,4376	2,5	185,8
46	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	189,8
47	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	193,8
48	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	197,8
49	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	201,8
50	31,9113	34,4376	34,4376	2,5	205,8
51	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	209,8
52	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	213,8
53	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	217,8
54	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	221,8
55	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	225,8

Tablo 4.3. Uygulama 3 konum analizi (devamı).

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
56	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	229,8
57	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	233,8
58	29,9255	34,4376	34,4376	4,5	237,8

Tablo 4.3.'den görüldüğü üzere temsili araç engellere çarpmadan yoluna devam edebilmiştir. Tablodaki aracın y koordinat değerleri ile engellerin y koordinat değerlerinin farkının mutlak değeri, fark değerlerini vermektedir. Fark değerlerine incelendiğinde ise aracın engelleri sorunsuz bir şekilde aştığı tespit edilmiştir. Diğer uygulamalarla karşılaştırılırsa şu sonuca varılmıştır; araç yolun ortasından gittiği takdirde engel tanıma ve karar alma mekanizması, farklı uçlarda ki şeritlere kıyasla daha arzu edilir sonuçlar vermiştir. Diğer bir ifadeyle araç en sağ veya en sol şeritlerde seyrederken karar mekanizması orta şeride kıyasla daha geç işlediği saptanmıştır. Araç orta şeritte seyrederken engelleri tam zamanında algılamış ve oluşabilecek herhangi bir soruna mahal vermemiştir.

#### 4.4. Dördüncü Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi



Şekil 4.12. Uygulama 4.

Yukarıdaki Şekil 4.12.'de görüldüğü üzere araç şekildeki gibi başlangıç konumuna yerleştirilmiştir. Buna karşılık önündeki engeller y koordinatında sırasıyla 38,56, 35,30, 30,46, 36,38, 38,46, 33,69 ve 30,61 olacak şekilde yol boyunca yerleştirilmiştir. Buna göre aracın, yol boyunca konumlandırılmış engellere verdiği tepkiler aşağıda tablolar halinde listelenmiştir. Yol uzunluğu ve aracın yol boyunca geçirmiş olduğu süre Uygulama 1, Uygulama 2 ve Uygulama 3 ile birebir benzerdir.

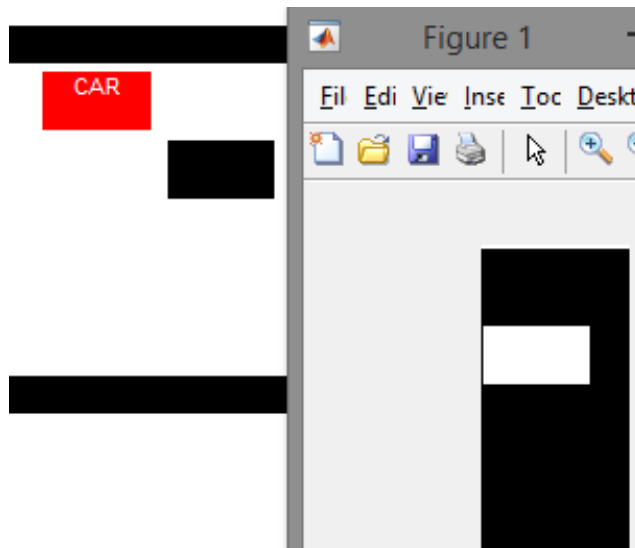
Tablo 4.4. Uygulama 4 konum analizi.

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
1	38,3875	38,2308	35,7504	2,6371	9,8
2	38,3875	35,7504	35,7504	2,6371	13,8
3	38,3875	35,7504	35,7504	2,6371	17,8
4	38,3875	35,7504	35,7504	2,6371	21,8
5	38,3875	35,7504	35,7504	2,6371	25,8
6	29,9255	35,7504	35,7504	5,8249	29,8
7	29,9255	35,7504	35,7504	5,8249	33,8
8	35,1557	35,7504	37,515	2,3593	37,8
9	35,1557	37,515	37,515	2,3593	41,8
10	35,1557	37,515	37,515	2,3593	45,8
11	35,1557	37,515	37,515	2,3593	49,8
12	35,1557	37,515	37,515	2,3593	53,8
13	35,1557	37,515	37,515	2,3593	57,8
14	35,1557	37,515	37,515	2,3593	61,8
15	29,9255	37,515	37,515	7,5895	65,8
16	30,6144	37,515	37,515	6,9006	69,8
17	30,6144	37,515	37,515	6,9006	73,8
18	30,6144	37,515	37,515	6,9006	77,8
19	30,6144	37,515	37,515	6,9006	81,8
20	30,6144	37,515	37,515	6,9006	85,8
21	30,6144	37,515	37,515	6,9006	89,8
22	30,6144	37,515	37,515	6,9006	93,8
23	29,9255	37,515	37,515	7,5895	97,8
24	36,3828	37,515	37,865	1,4822	101,8
25	36,3828	37,865	38,215	1,8322	105,8
26	36,3828	38,215	38,565	2,1822	109,8
27	36,3828	38,565	38,915	2,5322	113,8
28	36,3828	38,915	38,915	2,5322	117,8
29	36,3828	38,915	38,915	2,5322	121,8
30	29,9255	38,915	38,915	8,9895	125,8
31	29,9255	38,915	38,915	8,9895	129,8
32	29,9255	38,915	38,915	8,9895	133,8
33	29,9255	38,915	38,915	8,9895	137,8
34	29,9255	38,915	38,915	8,9895	141,8
35	29,9255	38,915	38,915	8,9895	145,8
36	38,3875	38,915	36,6814	1,7061	149,8
37	38,3875	36,6814	36,3314	2,0561	153,8
38	38,3875	36,3314	35,9814	2,4061	157,8
39	38,3875	35,9814	35,9814	2,4061	161,8
40	38,3875	35,9814	35,9814	2,4061	165,8
41	38,3875	35,9814	35,9814	2,4061	169,8

Tablo 4.4. Uygulama 4 konum analizi (devamı).

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
42	38,3875	35,9814	35,9814	2,4061	173,8
43	29,9255	35,9814	35,9814	6,0559	177,8
44	33,94	35,9814	36,3314	2,3914	181,8
45	33,94	36,3314	36,3314	2,3914	185,8
46	33,94	36,3314	36,3314	2,3914	189,8
47	33,94	36,3314	36,3314	2,3914	193,8
48	33,94	36,3314	36,3314	2,3914	197,8
49	33,94	36,3314	36,3314	2,3914	201,8
50	33,94	36,3314	36,3314	2,3914	205,8
51	29,9255	36,3314	36,3314	6,4059	209,8
52	30,6172	36,3314	36,3314	5,7142	213,8
53	30,6172	36,3314	36,3314	5,7142	217,8
54	30,6172	36,3314	36,3314	5,7142	221,8
55	30,6172	36,3314	36,3314	5,7142	225,8
56	30,6172	36,3314	36,3314	5,7142	229,8
57	30,6172	36,3314	36,3314	5,7142	233,8
58	30,6172	36,3314	36,3314	5,7142	237,8

Tablo 4.4.'e bakıldığında 24, 25, ve 26.saniyeler haricinde aracın sorunsuz bir şekilde yoluna devam edebildiği görülmüştür. Beşinci sütundaki fark değerleri; engelin y koordinatındaki konumu ile aracın engele göre aldığı yeni pozisyonun mutlak değer olarak farkını vermektedir. Bu durumda 24, 25 ve 26.saniye ye göre uygulama tekrar incelenmiştir ve 27.saniyedeki aracın konumuna bakılmıştır.



Şekil 4.13. Uygulama 4 konum analizi

```
27) durum
engel konumu = 36.3828
(y kord.) mevcut konum 38.565
--- 27 zamanında engelle karşılaşılmıştır ---
--- 113.8 x konumunda engelle karşılaşılmıştır ---
değerlendirme sonucu konum 38.915
x de ki koordinatı = 113.8
y de ki koordinatı = 38.915
*****
```

Şekil 4.14. Uygulama 4 27.saniyedeki program çıktısı.

Şekil 4.13. ve Şekil 4.14'e incelendiğinde aracın konumu 27.saniye de topladığı görülmüştür. Araç bu süre içerisinde yukarı yönde manevra yapmış ve engele çarpmadan yoluna devam edebilmiştir.

#### 4.5. Beşinci Uygulama Sonuç ve Değerlendirmesi



Şekil 4.15. Uygulama 5.

Yukarıdaki Şekil 4.15.'de görüldüğü üzere araç uygulamada başlangıç konumuna yerleştirilmiştir. Buna karşılık önündeki engeller y koordinatında sırasıyla 35,30, 38,30, 32,38, 38,38, 31,46 ve 36,07 olacak şekilde yol boyunca yerleştirilmiştir. Buna göre aracın, yol boyunca konumlandırılmış engellere verdiği tepkiler aşağıda tablolar halinde listelenmiştir. Yol uzunluğu ve aracın yol boyunca geçirmiş olduğu önceki dört uygulama ile birebir benzerdir. Bu vesile ile aynı diğer uygulamalarda olduğu gibi Uygulama 5 için de aynı işlem basamakları takip edilmiştir. Sonuçlar tablolar halinde aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Uygulama 5 konum analizi.

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
1	35,169	38,2308	38,2308	3,0618	9,8
2	35,169	38,2308	38,2308	3,0618	13,8
3	35,169	38,2308	38,2308	3,0618	17,8
4	35,169	38,2308	38,2308	3,0618	21,8
5	35,169	38,2308	38,2308	3,0618	25,8
6	35,169	38,2308	38,2308	3,0618	29,8
7	35,169	38,2308	38,2308	3,0618	33,8
8	29,8952	38,2308	38,2308	8,3356	37,8
9	29,8952	38,2308	38,2308	8,3356	41,8
10	29,8952	38,2308	38,2308	8,3356	45,8
11	29,8952	38,2308	38,2308	8,3356	49,8
12	29,8952	38,2308	38,2308	8,3356	53,8
13	29,8952	38,2308	38,2308	8,3356	57,8
14	29,8952	38,2308	38,2308	8,3356	61,8
15	38,3867	38,2308	35,7502	2,6365	65,8
16	38,3867	35,7502	35,7502	2,6365	69,8
17	38,3867	35,7502	35,7502	2,6365	73,8
18	38,3867	35,7502	35,7502	2,6365	77,8
19	38,3867	35,7502	35,7502	2,6365	81,8
20	38,3867	35,7502	35,7502	2,6365	85,8
21	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	89,8
22	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	93,8
23	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	97,8
24	31,9784	35,7502	35,7502	3,7718	101,8
25	31,9784	35,7502	35,7502	3,7718	105,8
26	31,9784	35,7502	35,7502	3,7718	109,8
27	31,9784	35,7502	35,7502	3,7718	113,8
28	31,9784	35,7502	35,7502	3,7718	117,8
29	31,9784	35,7502	35,7502	3,7718	121,8
30	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	125,8
31	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	129,8
32	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	133,8
33	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	137,8
34	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	141,8
35	38,3853	35,7502	35,7502	2,6351	145,8
36	38,3853	35,7502	35,7502	2,6351	149,8



Tablo 4.5. Uygulama 5 konum analizi (devamı).

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
37	38,3853	35,7502	35,7502	2,6351	153,8
38	38,3853	35,7502	35,7502	2,6351	157,8
39	38,3853	35,7502	35,7502	2,6351	161,8
40	38,3853	35,7502	35,7502	2,6351	165,8
41	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	169,8
42	31,3037	35,7502	35,7502	4,4465	173,8
43	31,3037	35,7502	35,7502	4,4465	177,8
44	31,3037	35,7502	35,7502	4,4465	181,8
45	31,3037	35,7502	35,7502	4,4465	185,8
46	31,3037	35,7502	35,7502	4,4465	189,8
47	31,3037	35,7502	35,7502	4,4465	193,8
48	29,8952	35,7502	35,7502	5,855	197,8
49	36,2614	35,7502	33,7353	2,5261	201,8
50	36,2614	33,7353	33,7353	2,5261	205,8
51	36,2614	33,7353	33,7353	2,5261	209,8
52	36,2614	33,7353	33,7353	2,5261	213,8
53	36,2614	33,7353	33,7353	2,5261	217,8
54	36,2614	33,7353	33,7353	2,5261	221,8
55	29,8952	33,7353	33,7353	3,8401	225,8
56	29,8952	33,7353	33,7353	3,8401	229,8
57	29,8952	33,7353	33,7353	3,8401	233,8
58	29,8952	33,7353	33,7353	3,8401	237,8

Yukarıdaki tablolardan da görülebileceği üzere engelin konumu ile aracın yeni konumu arasındaki farklar tablolarda ‘fark’ sütununda belirtilmiştir. Ve bu farklar 2,23 birimin altına düşmediği görülmüştür. Aracın mevcut yol boyunca kesintisiz yoluna devam edebildiği görülmüştür.

## BÖLÜM 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında bulanık mantık kullanılarak 2 boyutta 3 şeritli bir yol uygulaması oluşturulmuştur. Bu bilgisayar uygulamasının amacı başlangıç pozisyonunda konumlandırılmış temsili aracın yol boyunca engelleri algılaması ve uygun pozisyonu alarak yolu bitirmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda bulanık mantık algoritması hazırlanmıştır. Bu algoritma örnek olarak tasarlanan 5 farklı bilgisayar uygulaması için denenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu beş farklı uygulama için her bir engel keyfi olarak konumlandırılmıştır ve engeller sabit tutulmuştur. Bu uygulama vesilesiyle otonom sürüş teknikleri için bulanık mantığında kullanılabileceği görülmüştür. Diğer bir husus ise görüntü işleme tekniğidir. Tezde gösterilmiş olan beş uygulamada, kullanılan görüntü işleme tekniği olumlu sonuçlar vermiştir fakat bazı durumlarda temsili araç engelle çok yakın bir noktadan geçmektedir ki bu durum gerçek bir araca uygulandığında arzu edilir bir durum değildir. Bundan dolayı ideal bir otonom sürüşü sağlamak için dikkatlice oluşturulmuş bir görüntü işleme algoritmaları yüksek derecede önem arz etmektedir. Programın bir sonraki aşaması için engellerin hareketli olduğu düşünülebilir. Temsili yol üzerinde bulunan engellerin hareketli olduğu, aniden durup aniden kalktığı ya da yolun normal seyri haricinde yola atlayan diğer unsurlarında olduğu bir uygulama oluşturabilir. İhtimallerin artmasına karşılık çok sayıda bulanık mantık algoritması geliştirmek gerekecektir. Bu kapsamda bulanık mantık ve diğer bir yapay zekâ çeşidi olan yapay sinir ağları birlikte kullanılarak hibrit bir kod oluşturulabilir ve çok sayıda algoritmanın geliştirilmesine ihtiyaç kalmayabilir. Ve bu sayede yapılan çalışma endüstriyel hale getirilebilir otomotiv, harp sanayi, tarım iş makineleri ve benzeri alanlarda ticari olarak kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- Bilkent University. (2010). A Short Fuzzy Logic Tutorial. 8 April, (Figure 2), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s00018-012-1119-x>
- Buchanan, B. (2005). A (Very) Brief History of Artificial Intelligence. *AI Magazine*, 26(4), 53–60. Retrieved from <https://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/1848/1746>
- Chiu, S. L. (1998). Using Fuzzy Logic in Control Applications: Beyond Fuzzy PID Control. *IEEE Control Systems*, 18(5), 100–104. <https://doi.org/10.1109/37.722256>
- Ciliz, M. K. (2005). Rule base reduction for knowledge-based fuzzy controllers with application to a vacuum cleaner. *Expert Systems with Applications*, 28(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2004.10.009>
- Comission, I. E. (1997). *Programmable Controlers: Fuzzy Control Pogramming*. 0(IEC 1131-7), 1–53.
- French, R. M. (2000). The turing test: The first 50 years. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 115–122. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01453-4](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01453-4)
- Jassbi, J., Alavi, S. H., Serra, P. J. A., & Ribeiro, R. A. (2007). Transformation of a mamdani FIS to first order sugeno FIS. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, (June). <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2007.4295331>
- Kayacan, E., & Khanesar, M. A. (2015). Fundamentals of Type-2 Fuzzy Logic Theory. In *Fuzzy Neural Networks for Real Time Control Applications* (pp. 25–35). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802687-8.00003-7>
- Kumaraswamy, V. (n.d.). What is the difference between mamdani and sugeno in fuzzy logic? Retrieved July 14, 1BC, from <https://math.stackexchange.com/questions/148216/what-is-the-difference-between-mamdani-and-sugeno-in-fuzzy-logic>
- Mathworks, C. (2017). *Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide R2018b*. Retrieved from [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
- Mendel, J. M. (1995). Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial. *Proceedings of the IEEE*, 83(3), 345–377. <https://doi.org/10.1109/5.364485>
- Mijwel, M. M. (2015). *History of Artificial Intelligence Yapay Zekânın Tarihi*. (April 2015), 3–4.

- Pappis, C. P. (2005). Chapter 15 FUZZY REASONING. *Introductory Tutorials in Optimization and Decision Support Techniques*, 38. [https://doi.org/10.1007/0-387-28356-0\\_15](https://doi.org/10.1007/0-387-28356-0_15)
- Phillips, C., Karr, C. L., & Walker, G. (1996). Helicopter flight control with fuzzy logic and genetic algorithms. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 9(2), 175–184. [https://doi.org/10.1016/0952-1976\(95\)00008-9](https://doi.org/10.1016/0952-1976(95)00008-9)
- Rashid, T. A., & Ahmed, H. A. (2012). Revised General Test / Gross Point Average System via Fuzzy Logic Techniques. *Journal of Computer Science and Engineering*, 16(1), 1–9. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Tarik\\_Rashid/publication/266262199\\_Revised\\_General\\_Test\\_Gross\\_Point\\_Average\\_System\\_via\\_Fuzzy\\_Logic\\_Techniques/links/542ba9640cf27e39fa918bfe.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tarik_Rashid/publication/266262199_Revised_General_Test_Gross_Point_Average_System_via_Fuzzy_Logic_Techniques/links/542ba9640cf27e39fa918bfe.pdf)
- Safian, E. R. A. (n.d.). • *Introduction • Fuzzy Inference Systems • Examples* (No. Lec2012-3-159741-FuzzyLogic-v.2). Retrieved from <https://www.massey.ac.nz/~nhreyes/MASSEY/159741/Lectures/Lec2012-3-159741-FuzzyLogic-v.2.pdf>
- Thaker, S., & Nagori, V. (2018). Analysis of Fuzzification Process in Fuzzy Expert System. *Procedia Computer Science*, 132, 1308–1316. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.047>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *INFORMATION AND CONTROL*, 8(1), 338–353.
- Zimmermann, H.-J. (2001). Fuzzy Set Theory-and Its Applications. In K. A. Publishers (Ed.), *Springer Science+Business Media, LLC* (4th ed., Vol. 1). [https://doi.org/10.2333/jbhmk.13.2\\_64](https://doi.org/10.2333/jbhmk.13.2_64)

## ÖZGEÇMİŞ

Emrecan BAYHAN, 29.11.1992'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2010 yılında Yahya Kemal Beyatlı Lisesi'nden mezun oldu. 2010 yılında başladığı İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nü 2013 yılında yarıda bırakıp aynı yılın güz ayında Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliğine başladı. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans öğrencisi olarak devam etmektedir.